

BAB VI

PERENCANAAN KONSTRUKSI

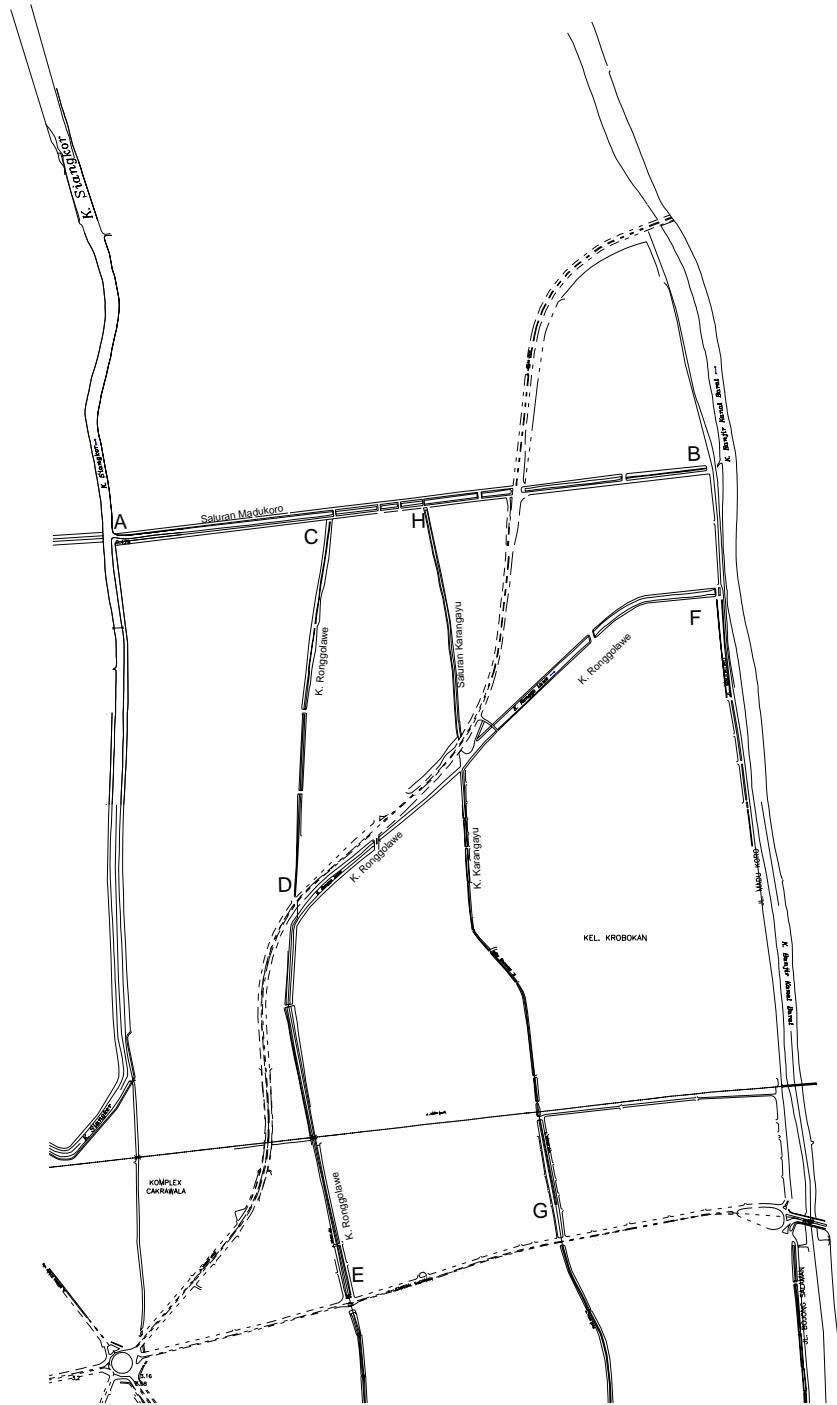
6.1 TINJAUAN UMUM

Perencanaan konstruksi pengendali banjir baik kolam penampungan, pompa maupun normalisasi saluran diupayakan sesuai dengan kriteria yang diinginkan, baik dari segi konstruksi, kualitas, volume tampungan, fungsi, manfaat, maupun pembiayaannya sehingga harus dilakukan perencanaan dengan baik dan matang. Perencanaan ini harus didasarkan pada pertimbangan teknis dengan tidak mengabaikan pertimbangan non teknis.

6.2 SISTEM DRAINASE KAWASAN PURI ANJASMORO

Terjadinya air laut pasang yang tinggi akibat adanya banjir lokal, serta adanya limpasan air merupakan faktor penyebab terjadinya banjir/genangan di wilayah Semarang Barat. Untuk itu pengendalian banjir yang direncanakan harus dapat menanggulangi kemungkinan-kemungkinan terjadinya faktor –faktor tersebut. Adapun beberapa faktor - faktor yang harus diperhatikan :

1. Kondisi drainase di kawasan Puri Anjasmoro harus ditinjau kembali, terutama pada drainase Ronggolawe, Karangayu dan Madukoro sebab kondisi yang ada ternyata tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.
2. Kondisi back water air laut terutama di Sungai Siangker perlu ditinjau karena mempengaruhi sistem drainase yang ada.



Keterangan : Debit dan kapasitas drainase

(A - B) Saluran Madukoro	: $Q_r = 112,22 \text{ m}^3/\text{dt}$; $Q_c = 120,24 \text{ m}^3/\text{dt}$
(C - D) K. Ronggolawe - Puri Anjasmoro	: $Q_r = 66,55 \text{ m}^3/\text{dt}$; $Q_c = 59,52 \text{ m}^3/\text{dt}$
(E - F) K. Ronggolawe - Tawang sari	: $Q_r = 55,42 \text{ m}^3/\text{dt}$; $Q_c = 67,07 \text{ m}^3/\text{dt}$
(G - H) K. Karangayu	: $Q_r = 37,55 \text{ m}^3/\text{dt}$; $Q_c = 38,33 \text{ m}^3/\text{dt}$

Gambar 6.1 Debit rencana dan kapasitas yang ada di Puri Anjasmoro

6.3 PERENCANAAN LOKASI

Dalam pengendalian banjir daerah Puri Anjasmoro ini direncanakan dengan melakukan normalisasi saluran dan penggunaan pompa air. Adapun lokasi pengendaliannya adalah :

1. Normalisasi saluran dilakukan pada saluran Madukoro, saluran Karangayu, serta saluran Ronggolawe.
 - a. Untuk drainase Madukoro antara lain :
 - Pelebaran Saluran : mulai dari pertemuan antara Madukoro dengan Sungai Siangker sampai sejauh 100 m.
 - Peninggian Tanggul : mulai dari pertemuan antara Madukoro dengan Sungai Siangker sampai sejauh 500 m (lokasi recana bangunan pompa)
 - Pengerukan Saluran : Mulai dari pertemuan antara Madukoro dengan banjir kanal barat sampai sejauh 500 m dan pertemuan antara drainase madukoro dengan kali siangker sampai sejauh 700 m (M8-M13).
 - b. Untuk drainase Karangayu antara lain :
 - Pengerukan dan Peninggian Tanggul : mulai dari pertemuan antara Karangayu dengan Ronggolawe sampai sejauh 1030 m.
 - c. Untuk drainase Ronggolawe antara lain :
 - Pengerukan saluran : mulai dari pertemuan antara Ronggolawe dengan banjir kanal barat sampai sejauh 1.143,8 m.
2. Bangunan pompa dibuat pada drainase Madukoro.
 - a. Untuk drainase Madukoro yaitu pada jarak 500 m dari pertemuan antara Madukoro dan siangker.
 - b. Untuk drainase Ronggolawe yaitu pada daerah ronggolawe dikawasan Puri Anjasmoro

6.4 PERHITUNGAN NORMALISASI SALURAN

Tabel 6.1. Perhitungan kapasitas saluran madukoro barat setelah dinormalisasi

DRAINASE MADUKORO (bagian barat)											
STA	Jarak (m)	Elv.Dasar		Kemiringan Saluran (I)	B (m)	H (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Koefisien manning (n)	Debit Maks (m ³ /dt)
		mula	rencana								
M8		-1,91	-1,91	0,0002	12	1,6	19,2	15,20	1,26	0,02	15,8644
	100										
M9		-1,27	-2,07	0,0002	12	1,7	20,4	15,40	1,32	0,02	17,3989
	132										
M10		-2,12	-2,12	0,0002	12	1,8	21,6	15,60	1,38	0,02	18,9740
	168										
MP		-1,86	-2,11	0,0002	12	1,9	22,8	15,80	1,44	0,02	20,5876
	100										
M11		-1,46	-2,21	0,0002	12	2,0	24,0	16,00	1,50	0,02	22,2377
	200										
M12		-2,41	-2,41	0,0002	12	2,1	25,2	16,20	1,56	0,02	23,9226
	200										
M13		-0,91	-0,91	0,0002	12	2,2	26,4	16,40	1,61	0,02	25,6406

Tabel 6.2. Perhitungan kapasitas saluran madukoro timur setelah dinormalisasi

DRAINASE MADUKORO (bagian Timur)											
STA	Jarak (m)	Elv.Dasar		Kemiringan Saluran (I)	B (m)	H (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Koefisien manning (n)	Debit Maks (m ³ /dt)
		mula	rencana								
M0		-0,8	-1,13	0,00016	12	1,1	13,20	14,20	0,93	0,02	7,9517
	100										
M1		-0,5	-1,12	0,00016	12	1,0	12,00	14,00	0,86	0,02	6,8483
	159										
M2		-0,66	-1,09	0,00016	12	0,9	10,80	13,80	0,78	0,02	5,8007
	41										
M3		-0,55	-1,08	0,00016	12	0,8	9,60	13,60	0,71	0,02	4,8134
	200										
M4		-0,72	-1,05	0,00016	12	0,7	8,40	13,40	0,63	0,02	3,8913
	50										
MA		-0,67	-1,04	0,0002	12	0,6	7,20	13,20	0,55	0,02	3,3988

Tabel 6.3. Perhitungan kapasitas saluran Karangayu setelah dinormalisasi

DRAINASE KARANGAYU											
STA	Jarak (m)	Elv.Dasar		Kemiringan Saluran (I)	B (m)	H (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Koefisien manning (n)	Debit Maks (m ³ /dt)
		mula	rencana								
M7		-0,12	-0,12	0,0050552	4,80	1,7	8,16	8,20	1,00	0,02	28,9144
	200										
M8		-0,42	-0,71	0,0050552	5,00	1,8	9,00	8,60	1,05	0,02	32,9795
	200										
M9		-0,46	-0,85	0,0050552	5,00	1,9	9,50	8,80	1,08	0,02	35,5405
	200										
M10		-0,63	-0,99	0,0050552	5,00	2,0	10,00	9,00	1,11	0,02	38,1368
	200										
M11		-0,7	-1,14	0,0050552	5,00	2,1	10,50	9,20	1,14	0,02	40,7658
	200										
M12		-0,84	-1,28	0,0050552	5,00	2,2	11,00	9,40	1,17	0,02	43,4252
	30										
M13		-1,19	-1,3	0,0050552	5,00	2,3	11,50	9,60	1,20	0,02	46,1128

Tabel 6.4. Perhitungan kapasitas saluran Ronggolawe setelah dinormalisasi

DRAINASE RONGGOLAWE											
STA	Jarak (m)	Elv.Dasar		Kemiringan Saluran (I)	B (m)	H (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Koefisien manning (n)	Debit Maks (m ³ /dt)
		mula	rencana								
M15		-1,27	-1,27	0,0027023	6,50	2,80	18,20	12,10	1,50	0,02	62,1010
	200										
M16		-1,1	-1,32	0,0027023	6,75	2,90	19,58	12,55	1,56	0,02	68,4296
	164,8										
M17		-0,87	-1,35	0,0027023	7,00	3,00	21,00	13,00	1,62	0,02	75,1461
	200										
M18		-1,09	-1,4	0,0027023	7,25	3,15	22,84	13,55	1,69	0,02	84,0669
	194										
M19		-1,45	-1,45	0,0027023	7,50	3,25	24,38	14,00	1,74	0,02	91,6908
	200										
M20		-1,55	-1,55	0,0027023	7,75	3,35	25,96	14,45	1,80	0,02	99,7323
	185										
M21		-1,28	-1,55	0,0027023	8,00	3,45	27,60	14,90	1,85	0,02	108,2001

Tabel 6.5. Perhitungan kapasitas saluran Arteri Utara setelah dinormalisasi

DRAINASE ARTERI UTARA											
STA	Jarak (m)	Elv.Dasar		Kemiringan Saluran (I)	B (m)	H (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Koefisien mannig (n)	Debit Maks (m ³ /dt)
		mula	rencana								
U1		- 0,67	-0,67	0,0001	3,70	2,00	7,40	7,70	0,96	0,02	3,6033
	80										
U2		- 0,89	-0,89	0,0001	3,80	2,10	7,98	8,00	1,00	0,02	3,9833
	400										
U3		- 0,53	-0,93	0,0001	3,90	2,25	8,78	8,40	1,04	0,02	4,5171
	400										
U4		- 0,73	-0,97	0,0001	4,00	2,30	9,20	8,60	1,07	0,02	4,8115

Keterangan :

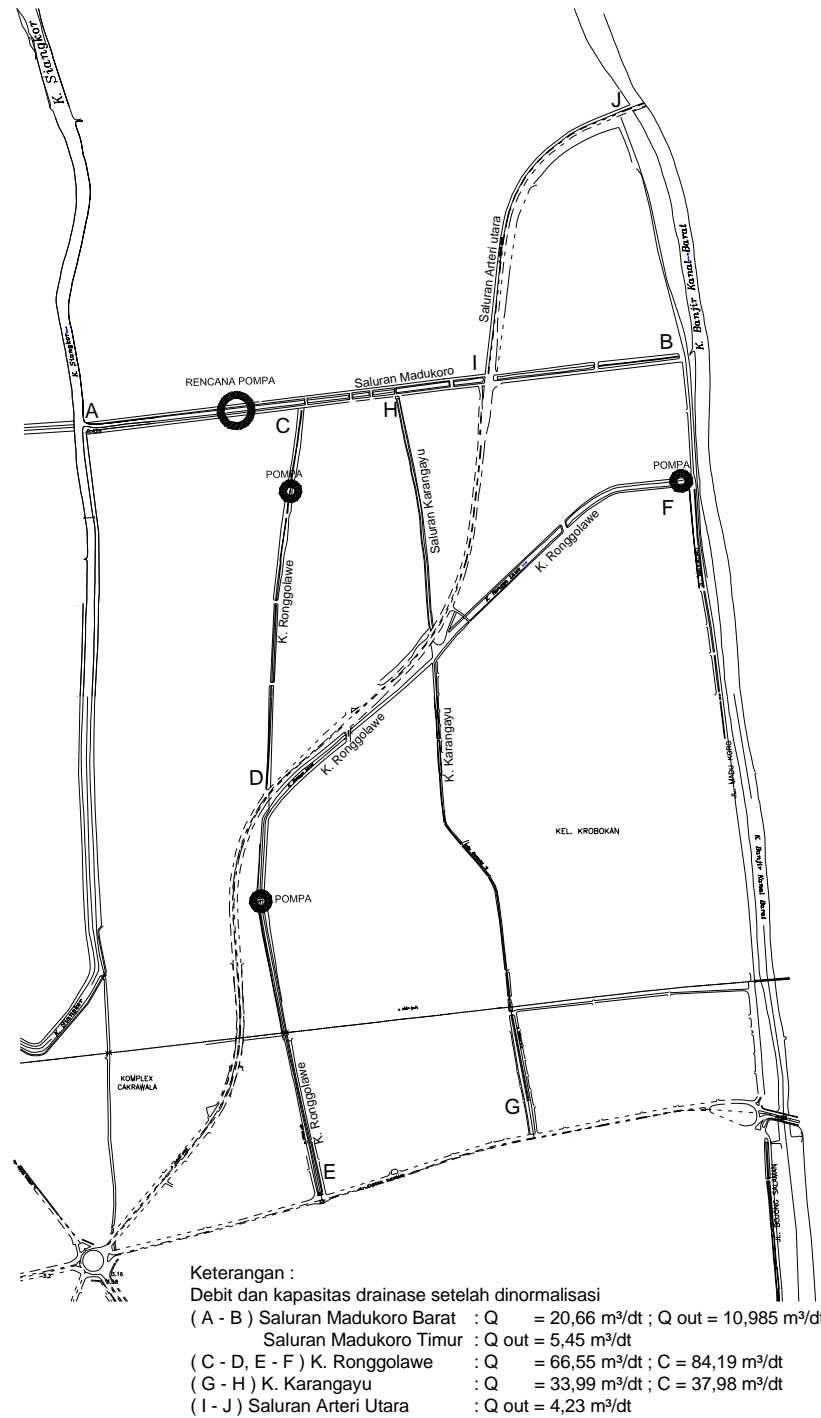
- I : Kemiringan dasar saluran
- A : Luas penampang
- K : Keliling Basah
- R : Jari-jari hidrolis
- n : Koefisien kekasaran
- Qmaks : Debit Maksimum

Perbandingan antara kapasitas saluran setelah normalisasi dengan debit banjir rencana dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6.6. Perbandingan antara kapasitas saluran setelah dinormalisasi

No	Lokasi	Debit Rencana	Kapasitas	Keterangan
		(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	
1	Madukoro (bagian Barat)	20,66	19,25	Memenuhi
2	Madukoro (bagian timur)	5,451	-	sebelumnya belum difungsikan
3	Karangayu	37,982	33,996	Memenuhi
4	Ronggolawe	84,195	21,419	Memenuhi
5	Arteri utara	-	4,23	sebelumnya belum difungsikan

6.5 PERENCANAAN POMPA, PINTU DAN DISTRIBUSI DEBIT



Gambar 6.2 Perbandingan debit rencana dan kapasitas setelah dinormalisasi

Keterangan :

1. Pada saat banjir dan air laut pasang :
 - Debit banjir pada kali ronggolawe ($Q_{RL} = 84,19 \text{ m}^3/\text{dt}$) sehingga harus dibuatkan kolam penampungan (retarding pond) atau Q_p diperbesar.
Hal ini dikarenakan muka air Banjir Kanal Barat lebih tinggi dari muka air kali Ronggolawe sehingga tidak bisa dialirkan secara gravitasi sedangkan untuk penggunaan pompa tidak akan efektif karena debit yang harus dialirkan terlalu besar.
 - Drainase banjir pada Drainase madukoro ($Q_{MK} = 20,66 \text{ m}^3/\text{dt}$) sebagian dipompakan ke banjir kanal barat ($5,45 \text{ m}^3/\text{dt}$) , sebagian sebesar ($10,985 \text{ m}^3/\text{dt}$) dipompakan ke Kali Siangker, serta sisanya sebesar $Q_{AU} = 4,23 \text{ m}^3/\text{dt}$ mengalir ke saluran arteri utara.
2. Pada saat banjir dan air laut tidak pasang;
 - Dilakukan seperti langkah nomor 1, walaupun tidak terjadi pasang namun muka air pada Banjir Kanal Barat tetap lebih tinggi dibanding Drainase Ronggolawe, dan muka air Kali Siangker juga lebih besar daripada muka air pada Drainase Madukoro.
3. Pada saat banjir lokal air laut tidak pasang tapi debit banjir pada Banjir Kanal Barat kecil;
 - Debit banjir Kali Ronggolawe dapat langsung dialirkan menuju Banjir Kanal Barat secara gravitasi dengan melalui Kali Ronggolawe sebesar $84,19 \text{ m}^3/\text{dt}$
 - Pada Drainase Madukoro debit banjir dalirkan seperti pada langkah nomor 1.
4. Pada saat tidak banjir dan air laut pasang;
 - Debit yang melalui Drainase Ronggolawe maupun Drainase Madukoro bagian timur dapat dialirkan secara gravitasi.

6.6 ANALISIS HIDROLIKA

6.6.1 Perhitungan Hujan Efektif

Dalam memperkirakan pola hujan digunakan tabel yang diperoleh dari Tanimoto berdasarkan penelitian Dr. Boerema (lihat Tabel 6.7)

Tabel 6.7. Distribusi hujan tiap jam

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	26	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10		5	10	15
11		4	9	14
12		4	9	14
13		4	9	14
14		4	9	14
15		3	8	13
16		3	8	13
17		3	7	13
18		3	7	12
19		2	7	11
20			7	11
21			7	11
22			6	11
23			4	10

Sumber : Imam Subarkah,1980

Kehilangan (ϕ) diambil 12 mm/jam.

Tabel 6.8. Perhitungan hujan efektif kawasan Puri Anjasmoro

Jam ke	Hujan 170	Kehilangan (ϕ) 12 mm	Hujan Efektif (b-c) mm
a	b	c	d
1	87	12	75
2	28	12	16
3	18	12	6
4	11	12	-1
5	8	12	-4
6	6	12	-6
7	6	12	-6
8	4	12	-8
9	2	12	-10
10		12	-12
11		12	-12
12		12	0
13		12	0
14		12	0
15		12	0
16		12	0
17		12	0
18		12	0
19		12	0
20		12	0

6.6.2 Kapasitas Kolam

Perhitungan kapasitas kolam dimaksudkan untuk menentukan batasan maksimum yang dapat ditampung oleh kolam penampungan untuk menentukan batasan maksimum yang dapat ditampung. Volume air hujan yang terjadi dihitung dengan metode *Hidrograf Satuan Snyder*.

$$Q = f(t)$$

$$Y = \frac{Q}{Q_p} \quad X = \frac{t}{T_p}$$

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}}, \dots\dots\dots \text{Persamaan Alexseyev}$$

$$a = 1.32 \lambda^2 + 0,15 \lambda + 0,045$$

$$\lambda = \frac{Q_p * T_p}{W} \rightarrow W = \gamma_{\text{air}} * h * A \rightarrow \gamma_{\text{air}} = 1$$

Dimana : Q_p = Debit banjir rencana = 10.985 (m³/detik)

H = tinggi permukaan air dari dasar saluran

A = Luas daerah pengairan (m²)

λ = Bilangan Alexseyev

T_p = time rise to peak (detik)

Jika $t_c > t_r T_p$ = $t'_p + 0,5 t_r$ ($t_r = 1$ jam)

t'_p = $t_p + 0,25 t_r$ ($t_r - t_c$)

t_c = $t_p / 5,5$, $t_p = C_t (L \cdot L_c)^{0,3}$

L = Panjang saluran dari outlet ke batas hulu

C_t = koefisien antara = 1,35 – 1,65 diambil = 1,5

C_p = koefisien antara = 0,56 – 1,50 diambil = 1,2

L_c = jarak antara centeroid dengan mulut aliran

Jika $t_c > t_r T_p$ = $t_p + 0,5 t_r$

(Sumber : Ir. Joesron Lubis, Meng, Banjir Rencana Untuk Bangunan Air, DPU, Badan Penerbit PU, 1987)

Tabel 6.9. Menentukan batas volume maksimum

$t_p = C_t * (L * L_c)^{0,3}$	$q_p = 0,278 * (C_p / T_p)$	$T_p = t_p + 0,5$	$Q_p = q_p * A$
3,570	0,082	4,070	0,164

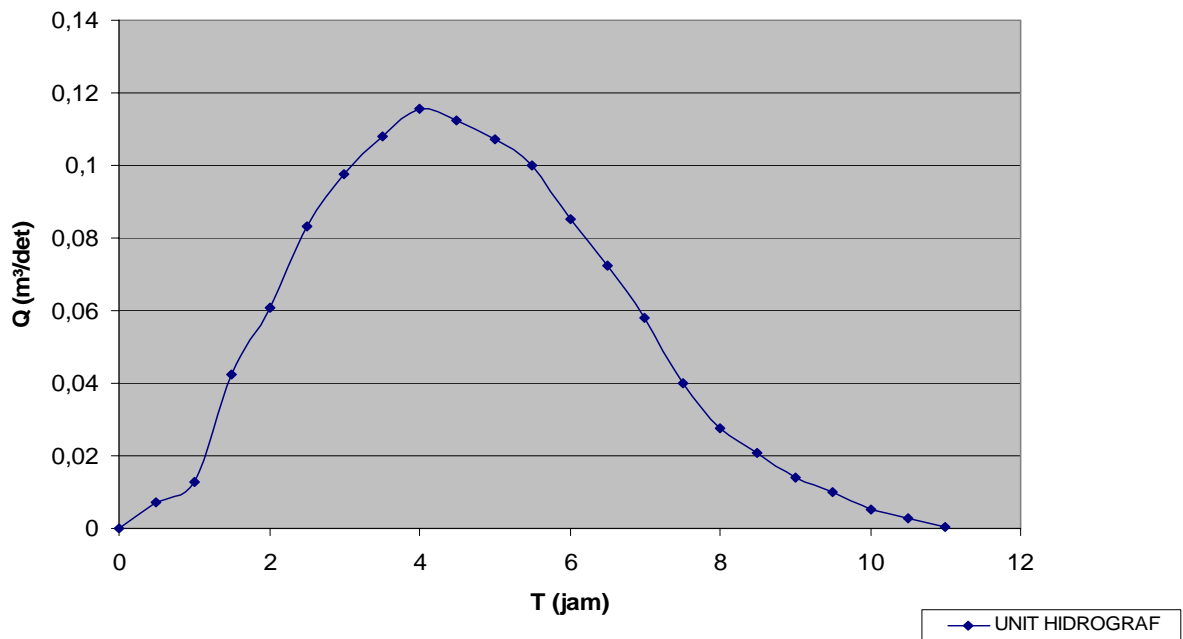
Nama Saluran	Q_p (m ² /dtk)	$T_p = t_p + 0,5$	A	W	λ	a
Madukoro	0,164	4,070	2	2,184	0,306	0,2145

Untuk perhitungan selanjutnya yang ditinjau adalah perencanaan stasiun pompa dan kolam penampungan untuk saluran Madukoro Barat.

Tabel 6.10 Hidrograf kolam penampungan

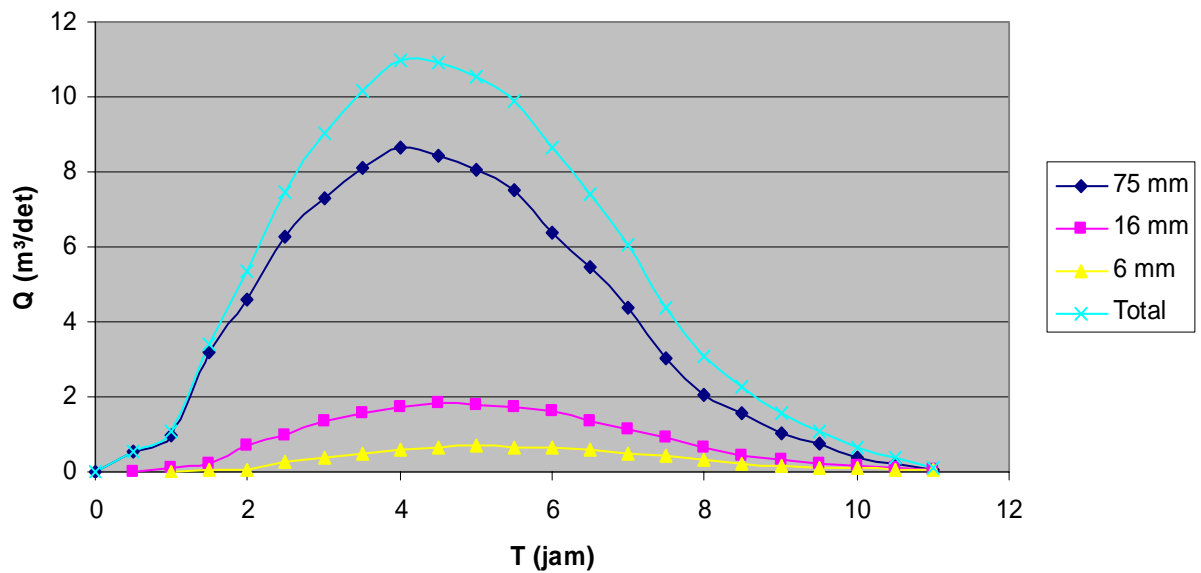
No	X= t/Tp	Y	Q	Akibat hujan efektif			Total
				75 mm	16 mm	6 mm	
0	0	0	0,000	0			0,0000
0,5	0,123	0,045	0,007	0,5533	0		0,5533
1	0,246	0,079	0,013	0,9713	0,1180	0	1,0893
1,5	0,369	0,258	0,042	3,1720	0,2072	0,0443	3,4235
2	0,491	0,372	0,061	4,5736	0,6767	0,0777	5,3280
2,5	0,614	0,508	0,083	6,2457	0,9757	0,2538	7,4752
3	0,737	0,595	0,098	7,3154	1,3324	0,3659	9,0137
3,5	0,860	0,658	0,108	8,0899	1,5606	0,4997	10,1502
4	0,983	0,705	0,116	8,6678	1,7259	0,5852	10,9789
4,5	1,106	0,685	0,112	8,4219	1,8491	0,6472	10,9182
5	1,228	0,655	0,107	8,0530	1,7967	0,6934	10,5431
5,5	1,351	0,610	0,100	7,4998	1,7180	0,6738	9,8915
6	1,474	0,520	0,085	6,3933	1,6000	0,6442	8,6375
6,5	1,597	0,442	0,072	5,4343	1,3639	0,6000	7,3981
7	1,720	0,355	0,058	4,3646	1,1593	0,5115	6,0354
7,5	1,843	0,245	0,040	3,0122	0,9311	0,4347	4,3781
8	1,966	0,168	0,028	2,0655	0,6426	0,3492	3,0573
8,5	2,088	0,128	0,021	1,5737	0,4406	0,2410	2,2553
9	2,211	0,085	0,014	1,0451	0,3357	0,1652	1,5460
9,5	2,334	0,060	0,010	0,7401	0,2229	0,1259	1,0890
10	2,457	0,033	0,005	0,3996	0,1579	0,0836	0,6411
10,5	2,580	0,017	0,003	0,2078	0,0852	0,0592	0,3522
11	2,703	0,002	0,000	0,0270	0,0443	0,0320	0,1033

UNIT HIDROGRAF



Gambar 6.3 Kurva unit Hidrograf

HIDROGRAF



Gambar 6.4 Kurva Hidrograf

6.6.3 Perhitungan *flood routing*

Perhitungan *flood routing* berpedoman pada persamaan kontinuitas dalam penampungan:

$$\frac{(I_1 + I_2)}{2 * \Delta t} = \frac{(Q_1 + Q_2)}{2 * \Delta t + \Delta S}$$

Dimana : I = Inflow
O = Outflow
 Δt = periode Waktu yang ditinjau
 Δs = selisih penampungan

Hasil perhitungan *flood routing* dapat ditabelkan sebagai berikut Rumus :

$$\Delta S = (Q_i - Q_o) \times \Delta t$$

Dimana : ΔS = Volume yang masuk (m³)
Q_i = Debit inflow (m³/det)
Q_o = Debit inflow (m³/det)
 Δt = selisih waktu (det)

Keterangan :

Kolom 1 : Waktu (jam)

Kolom 2 : Waktu (menit)

Kolom 3 : Debit inflow (m³/det)

Kolom 4 : Volume inflow rumus $VQ_i = Q_i \times \Delta t$; (Kolom 2 * Kolom 3)

Kolom 5 : Tinggi air $H = \left[\frac{Q_i}{Luas \cdot saluran} \right] \times \Delta t$

$$Luas Saluran = 2500 \times 12 = 30.000 \text{ m}^2$$

Kolom 6 : Debit outflow (m³/det) = Debit Pompa (m³/det)

Kolom 7 : Volume outflow $VQ_i = Q_i \times \Delta t$; (kolom 6 * kolom 2)

Kolom 8 : Volume (m³)

$$\Delta S = (Q_i - Q_o) \times \Delta t ; ((\text{kolom 3} - \text{kolom 6}) * \text{kolom 2})$$

Kolom 9 : Storage Komulatif (m³) ; (kolom 9 + kolom 2)

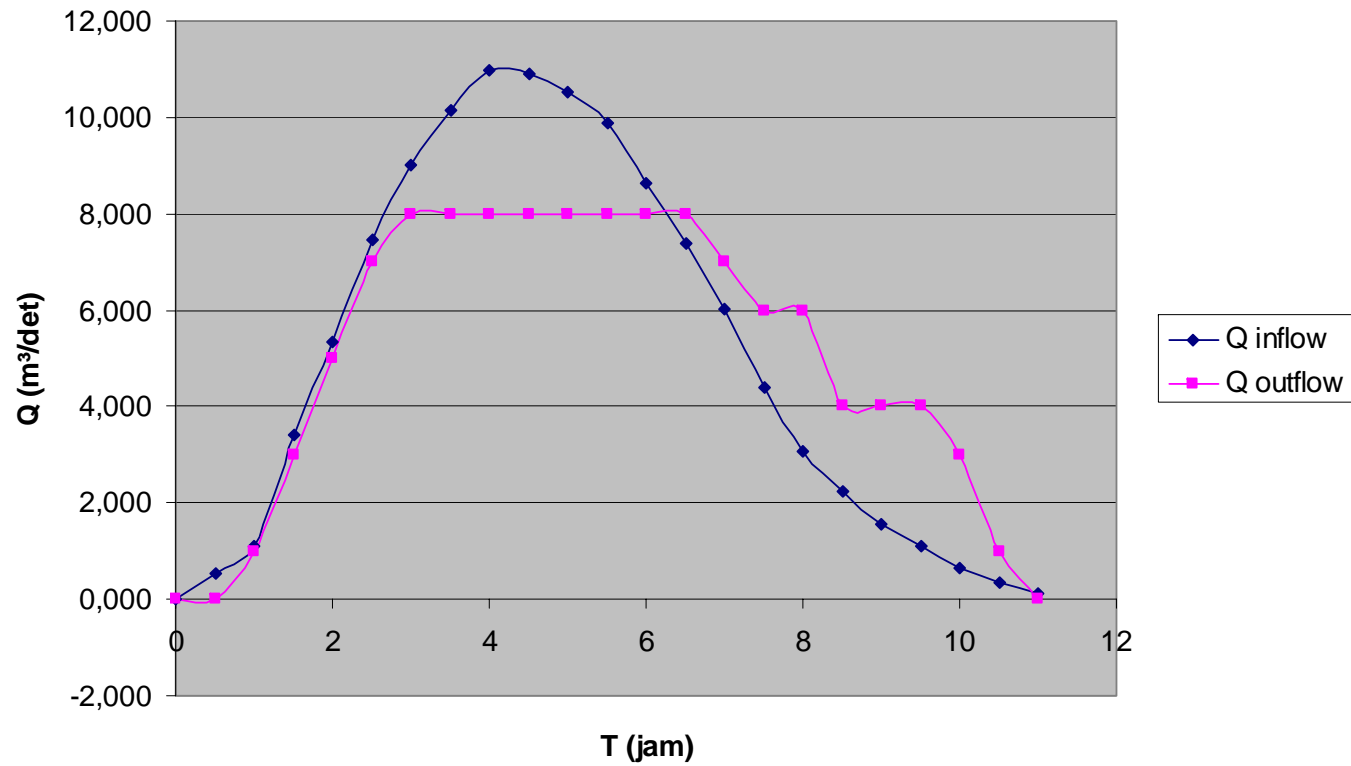
Kolom 10 : Keterangan mengenai jumlah pompa dan kapasitasnya yang akan dioperasikan

Tabel 6.11 Flood Routing

T Jam	T detik	Qi (m ³ /det)	VQi (m ³)	H meter	Qo (m ³ /det)	VQo (m ³)	QS (m ³)	S (m ³)	Keterangan
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0		0,000	0,000	0,000	0,00	0	0,00	0,00	Pompa belum bekerja (Qmin = 0,7 m ³ /det)
	1800								
0,50		0,553	995,87	0,033	0,00	0	995,87	995,87	Pompa belum bekerja (Qmin = 0,7 m ³ /det)
	1800								
1,00		1,089	1960,76	0,065	1,00	1800	160,76	1156,63	1 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
1,50		3,424	6162,31	0,205	3,00	5400	762,31	1918,95	3 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
2,00		5,328	9590,47	0,320	5,00	9000	590,47	2509,42	5 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
2,50		7,475	13455,34	0,449	7,00	12600	855,34	3364,76	7 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
3,00		9,014	16224,61	0,541	8,00	14400	1824,61	5189,37	8 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
3,50		10,150	18270,35	0,609	8,00	14400	3870,35	9059,72	8 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
4,00		10,979	19761,94	0,659	8,00	14400	5361,94	14421,66	8 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
4,50		10,918	19652,77	0,655	8,00	14400	5252,77	19674,43	8 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
5,00		10,543	18977,64	0,633	8,00	14400	4577,64	24252,07	8 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk

	1800								
5,50		9,892	17804,72	0,593	8,00	14400	3404,72	27656,79	8 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
6,00		8,637	15547,41	0,518	8,00	14400	1147,41	28804,20	8 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
6,50		7,398	13316,66	0,444	8,00	14400	-1083,34	27720,86	8 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
7,00		6,035	10863,71	0,362	7,00	12600	-1736,29	25984,58	7 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
7,50		4,378	7880,52	0,263	6,00	10800	-2919,48	23065,10	6 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
8,00		3,057	5503,12	0,183	6,00	10800	-5296,88	17768,22	6 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
8,50		2,255	4059,62	0,135	4,00	7200	-3140,38	14627,84	4 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
9,00		1,546	2782,84	0,093	4,00	7200	-4417,16	10210,67	4 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
9,5		1,089	1960,17	0,065	4,00	7200	-5239,83	4970,84	4 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
10		0,641	1153,94	0,038	3,00	5400	-4246,06	724,79	3 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
10,5		0,352	634,02	0,021	1,00	1800	-1165,98	-441,19	1 pompa bekerja: 1@1 m ³ /dtk
	1800								
11		0,103	186,01	0,006	0,00	0	186,01	-255,17	Pompa sudah tidak bekerja
	1800								

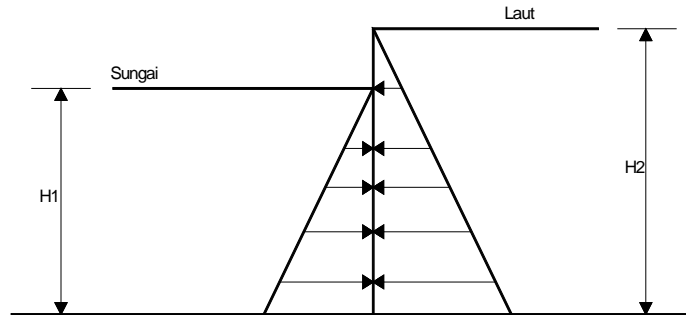
FLOOD ROUTING



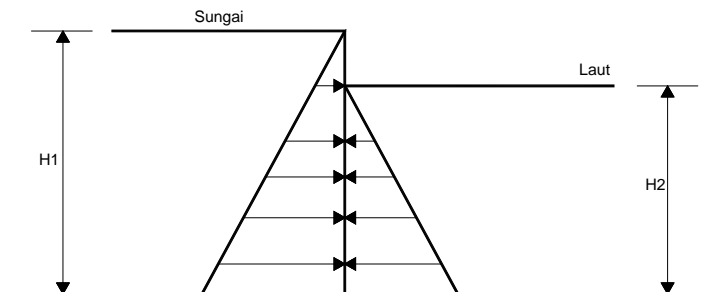
Gambar 6.5 Flood Routing

6.6.4 Analisa *Backwater* Kali Siangker

Perhitungan *backwater* dimaksudkan untuk mengetahui jarak pengaruh *intrusi* maupun pasang air laut terhadap muara sungai. Hal ini perlu diperhatikan karena kawasan Puri Anjasmoro terletak didaerah yang dekat dengan pantai (muara sungai), sehingga tidak terjadi limpasan keluar dari saluran drainase. Cara mengatasinya antara lain dengan merubah kemiringan dasar saluran ataupun dengan melebarkan penampang melintang sungai.



Gambar 6.6 $H_1 < H_2$ (terjadi *backwater*)



Gambar 6.7 $H_1 > H_2$ (tidak terjadi *backwater*)

Perhitungan *backwater* menggunakan metode tahapan langsung (*Direct Step Method*) yaitu perhitungan jarak pengaruh *backwater* dari tinggi muka air sungai (saluran). Untuk memudahkan dalam perhitungan *backwater* ini, analisa perhitungan disajikan dalam bentuk tabel dengan urutan sebagai berikut :

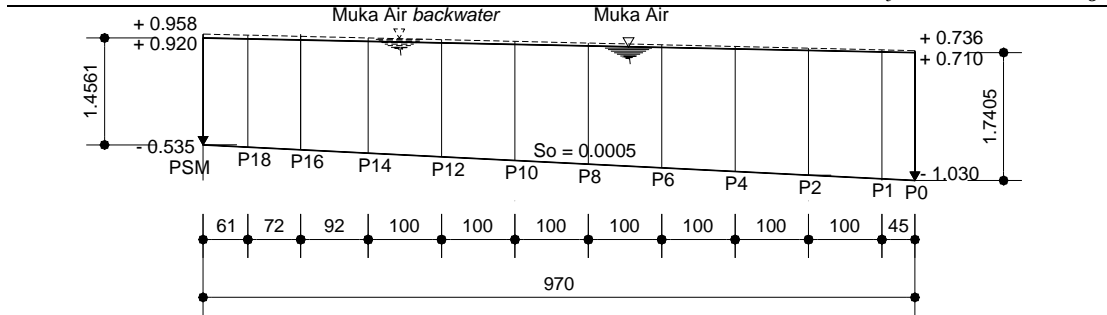
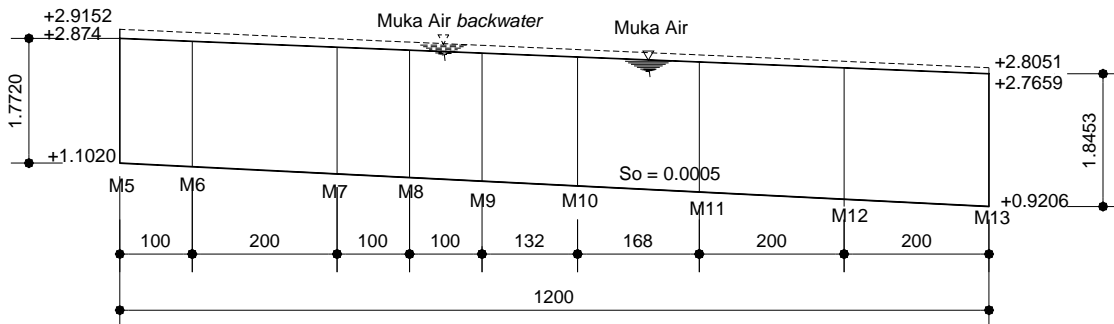
Kolom 1	= lokasi titik stasiun pengukuran
Kolom 2	= jarak antar stasiun/patok (m)
Kolom 3	= elevasi dasar saluran
Kolom 4	= (H) tinggi muka air di sungai / saluran
Kolom 5	= Debit yang masuk (m ³ /dt)
Kolom 6	= elevasi muka air
Kolom 7	= (A) luas penampang basah saluran $A = h (B + m \cdot h)$untuk penampang saluran trapesium $A = B \cdot h$untuk penampang saluran persegi
Kolom 8	= keliling penampang basah saluran $P = B + 2h \sqrt{(1 + m^2)}$untuk penampang saluran trapesium $A = B \cdot h$untuk penampang saluran persegi
Kolom 9	= $V = Q/A$ kecepatan aliran, dimana A luas penampang dan Q Debit air
Kolom 10	= $\left(\frac{V^2}{2g} \right)$ tinggi kecepatan energi,
Kolom 11	= $H_1 = h + \left(\frac{V^2}{2g} \right)$ Tinggi muka air di muara sungai
Kolom 12	= (R = A/P) jari-jari hidrolis untuk kedalaman air (h) dengan rumus
Kolom 13	= Koefisien manning dari saluran yang digunakan
Kolom 14	= $S_f = \left(\frac{n^2 V^2}{R^{1/3}} \right)$ kemiringan garis energi,
Kolom 15	= $S_{f \text{ rata-rata}} = (S_{f_i} + S_{f_{i+1}})/2$, kemiringan rata-rata garis energi
Kolom 16	= dx, jarak antar titik yang dihitung kedalaman airnya dan lokasi yang telah dihitung kedalaman air sebelumnya
Kolom 17	= h_f , kehilangan tinggi energi sepanjang dx dihitung dari persamaan, $h_f = dx \cdot S_f$
Kolom 18	= H_2 tinggi tekanan energi total, yang dihitung dari penambahan kehilangan tinggi energi (h_f) dengan tinggi energi total (H_1). Jika selisih H_1 dan H_2 berada pada kisaran yang dapat diterima, maka perkiraan kedalaman air (h) merupakan kedalaman air yang dicari berikutnya.

Tabel 6.12. Perhitungan *backwater* Sunnai Siandker

No STA	Jarak (m)	Elv DS	H Air (m)	Q (m ³ /dt)	Elv. M. A (m)	A (m ²)	P (m)	V (m/dt)	V ² /2g (m)	H1 (m)	R (m)	Koef n	Sf	Sf rata2	dX (m)	hf (m)	H2 (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
P0		-1,031	1,7405	38,490	0,7100	53,730	33,892	0,7164	0,0262	0,736	1,58531	0,024	0,00016				0,736
	0													0,00016	61	0,0100	
P1		-1,000	1,7194	38,490	0,7194	53,060	33,845	0,7254	0,0268	0,746	1,56773	0,024	0,00017				0,746
	61													0,00017	72	0,0123	
P2		-0,964	1,6948	38,490	0,7308	52,279	33,790	0,7362	0,0276	0,758	1,54716	0,024	0,00017				0,758
	133													0,00018	92	0,0168	
P4		-0,918	1,6517	38,490	0,7337	50,915	33,693	0,7560	0,0291	0,763	1,51115	0,024	0,00019				0,763
	225													0,00020	100	0,0196	
P6		-0,868	1,6202	38,490	0,7522	49,919	33,623	0,7711	0,0303	0,783	1,48465	0,024	0,00020				0,783
	325													0,00021	100	0,0209	
P8		-0,818	1,5899	38,490	0,7719	48,961	33,555	0,7861	0,0315	0,803	1,45911	0,024	0,00022				0,803
	425													0,00022	100	0,0222	
P10		-0,766	1,5588	38,490	0,7928	47,979	33,486	0,8022	0,0328	0,826	1,43280	0,024	0,00023				0,826
	525													0,00024	100	0,0236	
P12		-0,718	1,5332	38,490	0,8152	47,171	33,428	0,8160	0,0339	0,849	1,41113	0,024	0,00024				0,849
	625													0,00025	100	0,0252	
P14		-0,660	1,4988	38,490	0,8388	46,087	33,351	0,8352	0,0355	0,874	1,38188	0,024	0,00026				0,874
	725													0,00027	100	0,0268	
P16		-0,610	1,4744	38,490	0,8644	45,319	33,297	0,8493	0,0368	0,901	1,36105	0,024	0,00028				0,901
	825													0,00028	100	0,0283	
P18		-0,558	1,4494	38,490	0,8914	44,532	33,241	0,8643	0,0381	0,929	1,33968	0,024	0,00029				0,930
	925													0,00029	100	0,0289	
PMS		-0,535	1,4561	38,490	0,9206	44,743	33,256	0,8602	0,0377	0,958	1,34541	0,024	0,00029				0,958

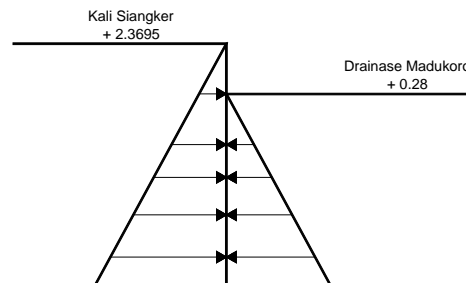
Tabel 6.13. Perhitungan *backwater* Saluran Madukoro

No STA	Jarak (m)	Elv DS	H Air (m)	Q (m ³ /dt)	Elv. M. A (m)	A (m ²)	P (m)	V (m/dt)	V ² /2g (m)	H1 (m)	R (m)	Koef n	Sf	Sf rata2	dX (m)	hf (m)	H2 (m)
1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P13		-0,910	1,8306	19,108	0,9206	21,967	15,661	0,8698	0,0386	0,959	1,40267	0,024	0,00028				0,959
	0													0,00016	200	0,0323	
P12		-2,410	3,3902	19,108	0,9802	40,682	18,780	0,4697	0,0112	0,991	2,16626	0,024	0,00005				0,991
	200													0,00008	200	0,0162	
P11		-1,460	2,4461	19,108	0,9861	29,353	16,892	0,6510	0,0216	1,008	1,73770	0,024	0,00012				1,008
	400													0,00009	168	0,0146	
P10		-2,120	3,1291	19,108	1,0091	37,549	18,258	0,5089	0,0132	1,022	2,05659	0,024	0,00006				1,022
	568													0,00010	132	0,0132	
P9		-1,270	2,2807	19,108	1,0107	27,368	16,561	0,6982	0,0248	1,036	1,65258	0,024	0,00014				1,036
	700													0,00011	100	0,0106	
P8		-1,910	2,9412	19,108	1,0312	35,294	17,882	0,5414	0,0149	1,046	1,97374	0,024	0,00007				1,046
	800													0,00013	100	0,0133	
P7		-1,020	2,0487	19,108	1,0287	24,584	16,097	0,7772	0,0308	1,059	1,52727	0,024	0,00020				1,059
	900													0,00026	200	0,0522	
P6		-0,670	1,7389	19,108	1,0689	20,867	15,478	0,9157	0,0427	1,112	1,34816	0,024	0,00032				1,112
	1100													0,00032	100	0,0315	
P5		-0,670	1,7720	19,108	1,102	21,264	15,544	0,8986	0,0412	1,143	1,36799	0,024	0,00031				1,143

Gambar 6.8 Pengaruh *backwater* Kali SiangkerGambar 6.9 Pengaruh *backwater* Drainase Madukoro

Keterangan :

- PSM = titik pertemuan Kali Siangker dan Drainase Madukoro
- Pada pertemuan antara Kali Siangker dengan Drainase Madukoro pengaruh *backwater* tidak digambarkan karena adanya pintu gerak, sehingga aliran air dari Drainase Madukoro tidak bisa mengalir dengan baik.
- Perbedaan muka air banjir Kali Siangker dengan Drainase Madukoro dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 6.10 Perbedaan tinggi muka air

6.7 PERHITUNGAN POMPA

Nama bangunan : Stasiun Pompa

Lokasi : Pada drainase Madukoro bagian Barat (500 m dari Kali Siangker)

Fungsi : Untuk mengalirkan air dari drainase madukoro ke Kali Siangker

Spesifikasi pompa : Pompa Type super axible axial propeler pump

Kapasitas 1 m³/dt, power 0,5 kw/1 phasa/ 15 volt / 50 hz, Pipa type D maspion 20 "

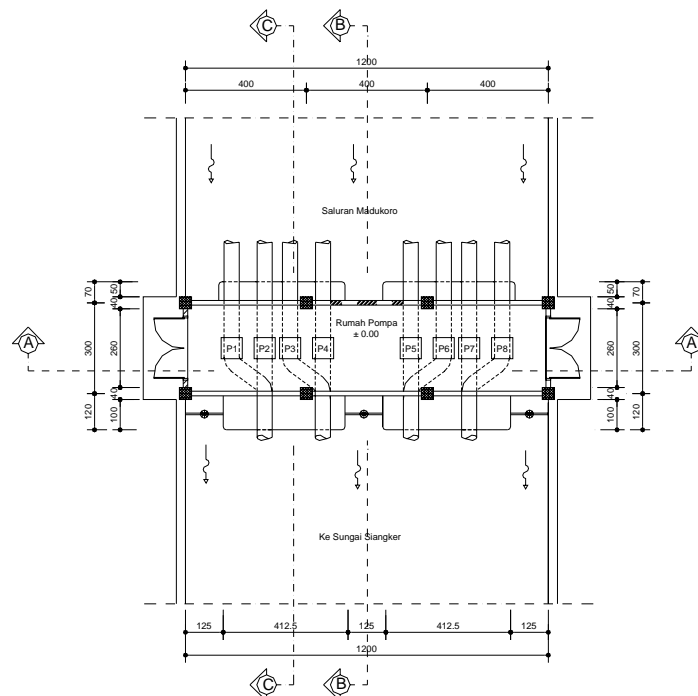
Data perencanaan :

- Q min = 0,7 m³/dt
- Q max = 1,4 m³/dt
- Q out = 10,985 m³/dt
- Q pompa = 1 m³/dt
- Jumlah pompa = 8 bh
- Penentuan kecepatan aliran tiap pompa

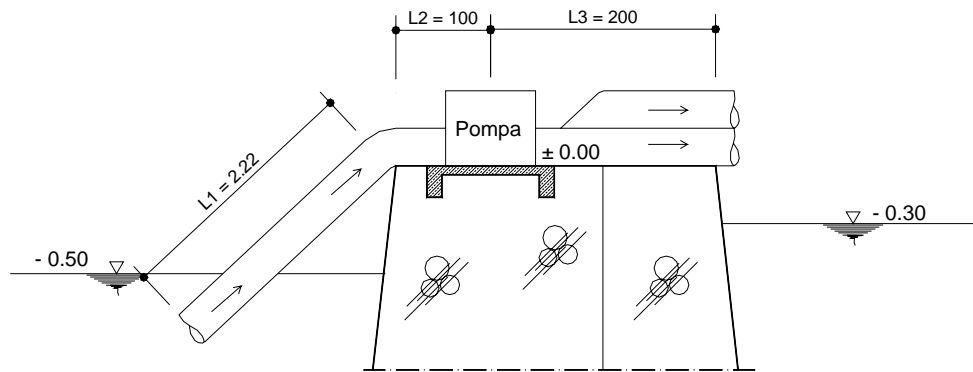
$$Q = A * V$$

$$V = \frac{1}{(0,25 * \pi * 0,5^2)}$$

$$V = \frac{1}{0,19625} = 5,0955 \text{ m/dt}$$



Gambar 6.11 Denah Rencana Rumah Pompa



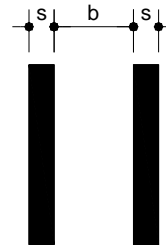
Gambar 6.12 Potongan Melintang Rumah Pompa

- Perhitungan kehilangan energi akibat kisi-kisi penyaring

Rumus :

$$hf_{kisi} = c \frac{V^2}{2g}$$

$$c = \beta \left(\frac{e}{b}\right)^{4/3} \sin \delta$$



Gambar 6.13 Bentuk Jeruji Kisi – kisi Penyaringan

dimana,

hf = kehilangan energi (m)

V = kecepatan aliran (m/det)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/det)

c = koefisien → tergantung pada :

β = Faktor bentuk (m)

s = tebal teruji (m)

b = jarak antar teruji (m)

δ = sudut kemiringan jeruji terhadap horisontal

Direncanakan memakai jeruji \varnothing 20 mm dengan jarak 100 mm dengan dipasang tegak lurus

$$c = 2,42 \left(\frac{20}{100}\right)^{4/3} \sin 90^0 = \mathbf{0,283}$$

Perhitungan :

$$hf_{kisi} = 0,283 \frac{5,0955^2}{19,62} = \mathbf{0,3691}$$

Pompa 1

- Perhitungan kehilangan energi

$$L_1 = 2,22 \text{ m}, \quad L_2 = 1,00 \text{ m}, \quad L_3 = 2,00 \text{ m}$$

$$hf_1 = k * v^2/2g = 0,5 * (5,0955^2/19,62) = 0,6617 \text{ m}$$

$$hf_2 = (f * L_1/D) * v^2/2g \\ = (0,0025 * 2,22 /0,5) * (5,0955^2/19,62) = 0,0147 \text{ m}$$

$$hf_3 = k * v^2/2g = 0,1893 * (5,0955^2/19,62) = 0,2505 \text{ m}$$

$$hf_4 = (f * L_2/D) * v^2/2g \\ = (0,0025 * 1,00 /0,5) * (5,0955^2/19,62) = 0,0066 \text{ m}$$

$$hf_5 = (f * L_3/D) * v^2/2g \\ = (0,0025 * 2,00 /0,5) * (5,0955^2/19,62) = 0,0132 \text{ m}$$

- Perhitungan Total Head (Hp) pompa

$$\Sigma hf = hf_{kisi} + hf_1 + hf_2 + hf_3 + hf_4 + hf_5 \\ = 0,3691 + 0,6617 + 0,0147 + 0,2505 + 0,0066 + 0,0132 \\ = 1,3158 \text{ m}$$

$$Hp \text{ (total head)} = H_s + \Sigma hf \quad \text{dimana} \quad ; H_s = 0,30 \text{ m} \\ = 0,30 + 1,3158 \\ = 1,6158 \text{ m}$$

- Perhitungan daya pompa

$$Dp = 13,3 * Q_{pompa} * Hp / \eta \\ = 13,3 * 1 * 1,6158 / 0,9$$

$$Dp = 23,877 \text{ HP (Horse Power)} \quad 1 \text{ Hp} = 746 \text{ watt}$$

$$\text{Jadi daya pompa 1 membutuhkan } 23,877 \text{ HP} \times 746 \text{ watt} \\ = 17.812,24 = \mathbf{0.178 \text{ Kwatt}}$$

Pompa 2

- Perhitungan kehilangan energi

$$L_1 = 2,22 \text{ m}, \quad L_2 = 1,00 \text{ m}, \quad L_3 = 0,5 \text{ m}, \quad L_4 = 1,2 \text{ m}, \quad L_5 = 1 \text{ m}$$

$$hf_{kisi} = 0,3691$$

$$hf_1 = 0,6617 \text{ m}$$

$$hf_2 = 0,0147 \text{ m}$$

$$hf_3 = 0,250 \text{ m}$$

$$hf_4 = 0,0066 \text{ m}$$

Untuk : hf_{kisi} , hf_1 , hf_2 , hf_3 , dan hf_4 harganya sama dengan pada pompa 1.

$$hf_5 = (f * L_3/D) * v^2/2g$$

$$= (0,0025 * 0,5 / 0,5) * 1,323 \quad = 0,0033 \text{ m}$$

$$hf_6 = k * v^2/2g = 0,05 * (5,0955^2/19,62) \quad = 0,0662 \text{ m}$$

$$hf_7 = (f * L_3/D) * v^2/2g$$

$$= (0,0025 * 1,2 / 0,5) * 1,323 \quad = 0,0079 \text{ m}$$

$$hf_8 = k * v^2/2g = 0,05 * (5,0955^2/19,62) \quad = 0,0662 \text{ m}$$

$$hf_9 = (f * L_3/D) * v^2/2g$$

$$= (0,0025 * 1,00 / 0,5) * 1,323 \quad = 0,0066 \text{ m}$$

- Perhitungan Total Head (Hp) pompa

$$\Sigma hf = hf_1 + hf_2 + hf_3 + hf_4 + hf_5 + \dots + hf_9$$

$$= 0,6617 + 0,0147 + 0,250 + 0,0066 + 0,0033 + 0,0662 +$$

$$0,0079 + 0,0662 + 0,0066$$

$$= 1,4528 \text{ m}$$

$$Hp \text{ (total head)} = H_s + \Sigma hf \quad ; H_s = 0,30 \text{ m}$$

$$= 0,30 + 1,4528 \quad = 1,7528 \text{ m}$$

- Perhitungan daya pompa

$$Dp = 13,3 * Q_{pompa} * Hp / \eta$$

$$= 13,3 * 1 * 1,7528 / 0,9$$

$$Dp = 25,902 \quad 1 \text{ Hp} = 746 \text{ watt}$$

Jadi daya pompa 1 membutuhkan 25,902 HP x 746 watt
 = 19.322,89 watt = **0.1932 Kwatt**

6.8 PERHITUNGAN PINTU AIR

Pengoperasian pintu ini dilakukan secara manual dengan menggunakan tenaga operator yang berpengalaman. Konstruksi pintu air ini dimaksudkan sebagai *unit emergency* jika pompa tidak dapat berfungsi atau mengalami kerusakan. Pintu air direncanakan terbuat dari baja profil yang merupakan kerangka vertikal atau horisontal sebagai penguat terhadap pelat baja.

1. Dimensi Pintu air

$$H_{\text{lubang}} = H_{\text{pintu}} = + 3.30 - (- 0,20) = 3,50 \text{ m}$$

Perhitungan Hidrolis :

$$Q = \mu * b * h * \sqrt{2 * g * z}$$

Q = Debit (m³/det)
 μ = Koefisien pengaliran (0,7 – 0,8)
b = Lebar pintu (m)
h = tinggi lubang (m)
g = kecepatan gravitasi = 9,8 m/det
z = kehilangan tekanan ~ 0,10 m

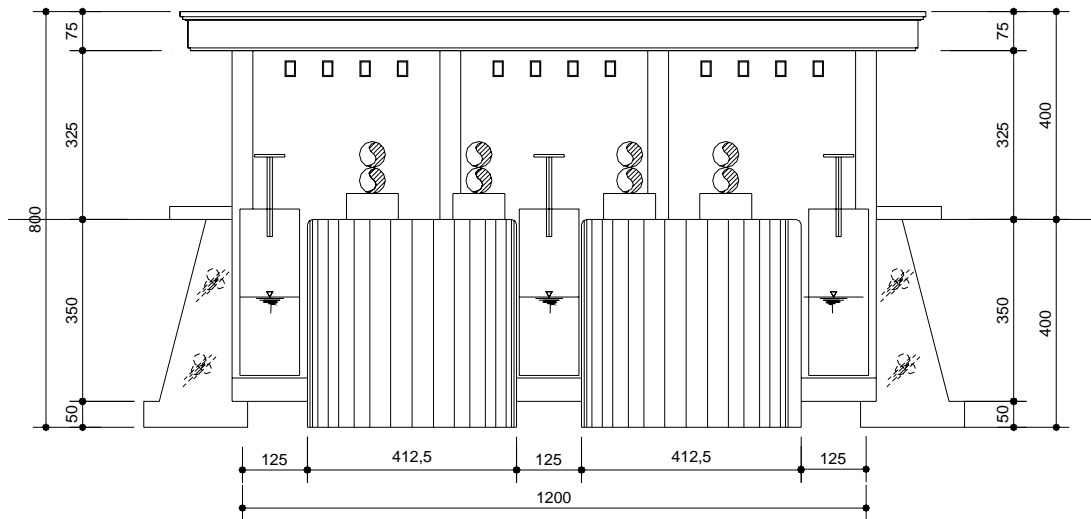
$$\text{Maka } Q = 0,80 * b * 2,00 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,10}$$

$$8,453 = 2,22 b$$

$$b = 3,8076 \text{ m} \sim 3,80 \text{ m}$$

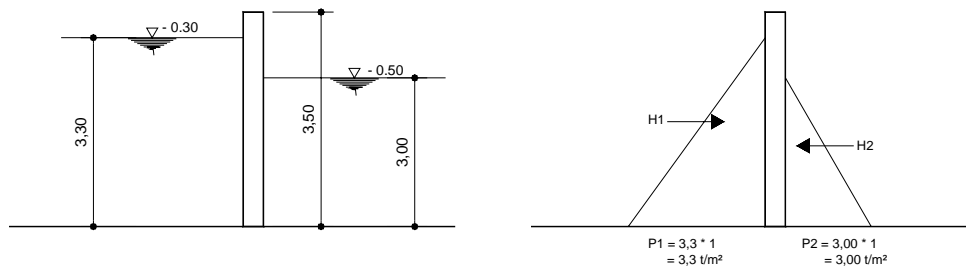
Direncanakan:

1. Menggunakan 3 pintu dengan ukuran 1,25 m:
 - Sehingga 3 bh x 1,25 m = 3,75 m
 2. Menggunakan 2 pilar dengan ukuran 4,205 :
 - Sehingga 2 bh x 4,125 m = 8,25 m
- Jadi L tot = 3,75 + 8,25 = 12 m



Gambar 6.14 Rencana tampak letak pompa, pintu, dan pilar rumah pompa

2. Gaya Tekanan Air



Gambar 6.15 Gaya tekan air pada pintu air

$$H1 = P1 \cdot 3,30 \cdot 2 \cdot 1/2 = 10,89 \text{ ton}$$

$$H2 = P1 \cdot 3,00 \cdot 2 \cdot 1/2 = 9,00 \text{ ton}$$

$$\text{Resultante : } \sum H = 10,89 - 9,00 = 1,89 \text{ ton}$$

$$\text{Letak titik tangkap : } H1 = \frac{2}{3} \cdot 3,30 = 2,2 \text{ m dari muka air}$$

$$H2 = \frac{2}{3} \cdot 3,00 = 2,00 \text{ m dari muka air}$$

3. Perhitungan Tebal Pelat Pintu

Perhitungan untuk tebal pelat dipakai rumus *Black Formula*

$$\sigma = \frac{1}{2} k \left[\frac{a^2}{a^2 + b^2} \right] \left[\frac{b}{t} \right]^2 P$$

(Linsley, RK Dan Franzini, J.B. Djoko Sasongko; "Teknik Sumber Daya Air II")

σ = tegangan yang diijinkan = 1400 kg/cm²

k = Koefisien \Rightarrow diambil 0,8

a = lebar pelat

b = panjang pelat

t = tebal plat

p = beban terpusat

$$\text{Maka : } \sum H = P = H_1 - H_2$$

$$= 10,89 - 9,00$$

$$= 1,89 \text{ ton} = 1.890 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat } \Rightarrow 1400 &= \frac{1}{2} \times 0,8 \times \left[\frac{1,25^2}{1,25^2 + 3,50^2} \right] \left[\frac{3,50}{t} \right]^2 \times 1890 \\ &= 1,925 \sim 2 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Dimensi Balok Vertikal

Momen maksimum = $|M|$

$$|M| = - (H_1 \cdot y_1) + (H_2 \cdot y_2)$$

$$= - (10,89 \cdot 2,2) + (9,00 \cdot 2,00)$$

$$= 5,95 \text{ tm} = 595.000 \text{ kgcm}$$

$$\sigma \text{ ijin} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$W = M / \sigma$$

$$= 595000 / 1400$$

$$= 425 \text{ cm}^3$$

Dicoba baja IWF DIN 18 (180 x 180 x 9 x 14)

$$W_x = 426 \text{ cm}^3 \quad I_x = 3830 \text{ cm}^4$$

Kontrol tegangan :

$$\begin{aligned}\sigma &= M/W \\ &= 595000/426 \\ &= 1396,71 \text{ kg/cm}^2 < \sigma \text{ ijin} = 1400 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (\text{Kurang Aman})\end{aligned}$$

Dicoba baja IWF DIN 20 (200 x 200 x 10 x 16)

$$W_x = 595 \text{ cm}^3 \quad I_x = 5950 \text{ cm}^4$$

Kontrol tegangan :

$$\begin{aligned}\sigma &= M/W \\ &= 595000/595 \\ &= 1000 \text{ kg/cm}^2 < \sigma \text{ ijin} = 1400 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (\text{Aman})\end{aligned}$$

5. Dimensi Balok Vertikal

Diperkirakan balok yang menerima tegangan maksimal adalah yang menerima tegangan q1, sehingga yang diperiksa adalah balok tersebut.

$$\begin{aligned}Q &= 2,2 * 1/1,5 \\ &= 1,467 \text{ t/m} = 14,67 \text{ kg/cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M \text{ maksimum} &= 1/8 * 14,67 * L^2 \\ &= 1/8 * 14,67 * 125^2 \\ &= 28652,34 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

$$\sigma \text{ ijin} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}W &= 28652,34/1400 \\ &= 20,465 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Dicoba baja CNP 10 (100 x 50 x 6 x 8,5)

$$W_x = 41,2 \text{ cm}^3 \quad I_x = 206 \text{ cm}^4$$

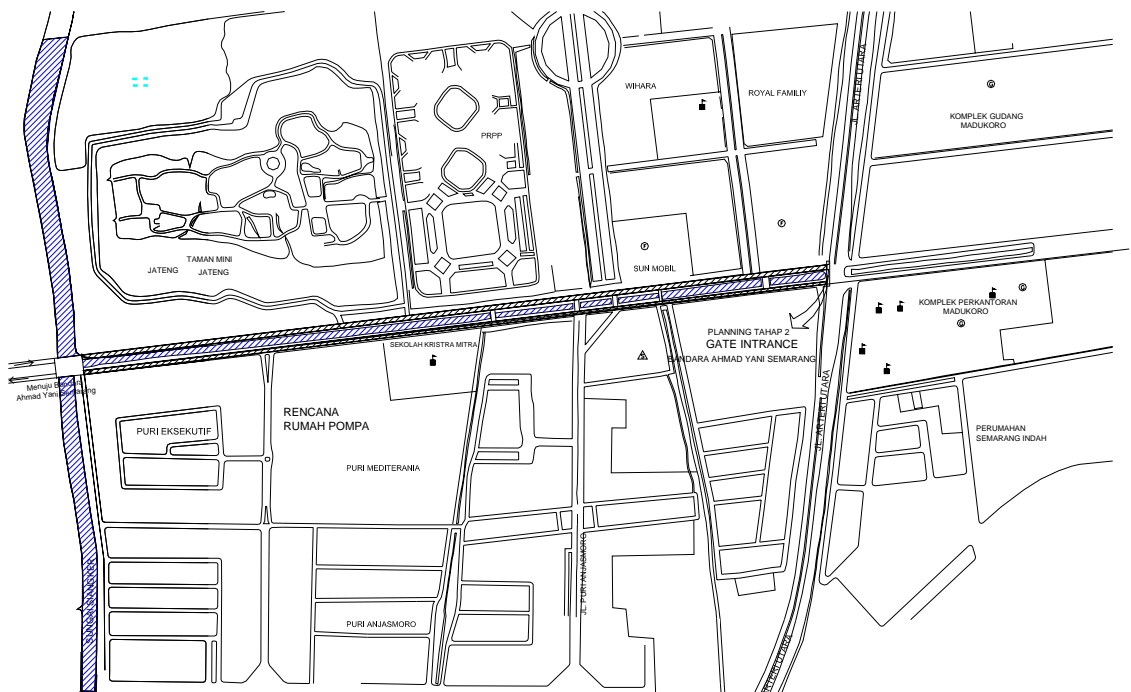
Kontrol tegangan :

$$\begin{aligned}\sigma &= M/W \\ &= 28652,34/41,2 \\ &= 695,445 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (\text{Aman})\end{aligned}$$

6.9 PENINGGIAN TANGGUL

Peninggian tanggul dimaksudkan untuk mengatasi luapan air sungai kembali ke wilayah daratan. Peninggian tanggul ini berdasarkan dari data perhitungan *back water* laut pasang/rob (0.1 m) dan adanya buangan dari genangan air di wilayah daratan. Walaupun pengaruh *back water* sangat kecil, peninggian sepanjang jalan Madukoro sudah dilakukan ± 1.00 dari elevasi existing, hal ini dimaksudkan jalan Madukoro sebagai pintu masuk / Gate Inrance untuk program jangka panjang dari Pemerintah Kota Semarang untuk menjadikan Bandara Ahmad Yani sebagai Bandara Internasional.

Kemudian untuk daerah kawasan Puri eksekutif dan Puri Anjasmoro sebelah timur tanggul Sungai Siangker juga sudah dilakukan peninggian ± 1.00 dari elevasi existing oleh pihak developer dalam hal ini oleh PT. Indo Perkasa Usahatama (PT. IPU). Peninggian ini sudah lama dilkukan mengingat kawasan tersebut digunakan untu permukiman eksekutif, Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 6.16.



Gambar 6.16 Peninggian tanggul saluran Madukoro dan Siangker

6.10 PERHITUNGAN KONSTRUKSI

6.8.1. Spesifikasi yang digunakan

- Beton dan Baja Tulangan

Beton yang digunakan adalah beton $f'c = 25$ Mpa, sedangkan besi tulangan yang digunakan adalah $fy = 4000$ Mpa

Dengan karakteristik sebagai berikut :

$$a. \rho_{\max} = \beta * (450/(600 + fy)) * (R_1/fy)$$

dimana untuk $f'c \leq 30$ Mpa $\Rightarrow \beta = 0,85$

$$R_1 = 0,85 f'c$$

$$= 21,25 \text{ Mpa} = 212,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\max} = 0,85 * (450/(600 + 400)) * (21.25/400)$$

$$= 0.0203$$

$$b. \rho_{\min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400$$

$$= 0,0035$$

Untuk plat, $\rho_{\min} = 0,0018$ (tabel 7 tulangan minimum ρ_{\min} yang diisyaratkan menurut SKSNI T15-1991-03)

$$c. F_{\max} = \beta * (450/(600 + fy))$$

$$= 0,85 * (450/(600 + 400))$$

$$= 0.3825$$

$$d. K_{\max} = F_{\max} * (1 - F_{\max}/2)$$

$$= 0.3825 * (1 - 0,3825/2)$$

$$= 0,11810$$

6.8.2. Perhitungan Rumah Pompa

1. Perhitungan Plat

- Menentukan tebal plat

Untuk $fy = 400$ Mpa, bentang terpendek $dx = 3000$ mm, maka :

$$h_{\min} = \frac{1}{24} . l$$

$$= \frac{3000}{24} = 125 \text{ mm}$$

Digunakan $h = 150$ mm

• Perhitungan beban

$$W_u = 1,2 W_d + 1,6 W_L$$

a) Beban Mati (W_D)

- beban plat sendiri = $0,15 * 24 = 3,6 \text{ kN/m}^2$
- beban lapisan penyelesaian = $\underline{1,0 \text{ kN/m}^2} + 4,6 \text{ kN/m}^2$

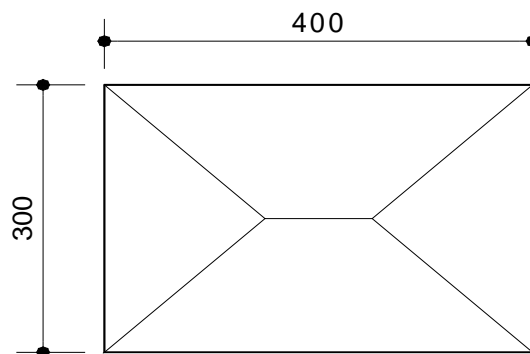
b) Beban hidup (W_L)

- beban orang = $1,0 \text{ kN/m}^2$
- beban mesin = $20,0 \text{ kN/m}^2$
- beban getar = $0,25 * 20 \text{ kN/m}^2 = \underline{5,0 \text{ kN/m}^2}$
 $26,0 \text{ kN/m}^2$

$$\Rightarrow W_u = 1,2 W_d + 1,6 W_L$$

$$W_u = 1,2 * 4,6 + 1,6 * 26 = 45,92 \text{ kN/m}^2$$

Plat



➤ Tentukan syarat batas : $\frac{l_y}{l_x} = \frac{4,0}{3,0} = 1,33$

➤ Tentukan momen-momen yang menentukan

- $m_{t_x} = -0,001 * W_u * l_x^2 * x$
 $= -0,001 * 45,92 * 3^2 * 79 = -32,65 \text{ kNm}$
- $m_{t_y} = -0,001 * W_u * l_x^2 * y$
 $= -0,001 * 45,92 * 3^2 * 54 = -22,31 \text{ kNm}$
- $m_{l_x} = -0,001 * W_u * l_x^2 * x$

$$= -0,001 \cdot 45,92 \cdot 3^2 \cdot 51,67 = -32,65 \text{ kNm}$$

$$- m_{lx} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot y$$

$$m_{lx} = -0,001 \cdot 45,92 \cdot 3^2 \cdot 15 = -16,19 \text{ kNm}$$

➤ Perhitungan Tulangan

Tebal plat $h = 150 \text{ mm}$

Penutup beton ($\emptyset_D < 16 \text{ mm}$) $\Rightarrow \rho = 40 \text{ mm}$

Diameter tulangan utama arah x dan y = 10 mm

- Tinggi efektif arah x adalah

$$\begin{aligned} dx &= 150 - p - \frac{1}{2} \emptyset_{Dx} \\ &= 150 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi efektif arah y adalah

$$\begin{aligned} dx &= 150 - p - \frac{1}{2} \emptyset_{Dx} - \frac{1}{2} \emptyset_{Dy} \\ &= 150 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Tulangan

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 32,65 \text{ kNm}$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{32,65}{1 \cdot 0,105^2} = 2961,45 \Rightarrow \rho = 0,0112$$

$$\begin{aligned} A_{stx} &= \rho \cdot bd \cdot 10^6 \\ &= 0,0112 \cdot 1 \cdot 0,105 \cdot 10^6 = 1953 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 22,312 \text{ kNm}$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{22,3120}{1 \cdot 0,1^2} = 2231,2 \Rightarrow \rho = 0,008$$

$$\begin{aligned} A_{sty} &= \rho \cdot bd \cdot 10^6 \\ &= 0,008 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 10^6 = 1330 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{tx} = 21,077 \text{ kNm}$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{21,077}{1 \cdot 0,105^2} = 1911,75 \Rightarrow \rho = 0,0067$$

$$A_{stx} = \rho \cdot bd \cdot 10^6$$

$$= 0,0112 \cdot 1 \cdot 0,105 \cdot 10^6 = 703,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ty} = 6,199 \text{ kNm}$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{6,199}{1 \cdot 0,1^2} = 61,99 \quad \Rightarrow \rho = 0,0112$$

$$A_{sty} = \rho \cdot bd \cdot 10^6$$

$$= 0,002 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 10^6 = 200 \text{ mm}$$

➤ Pemilihan Tulangan

- Pada tumpuan

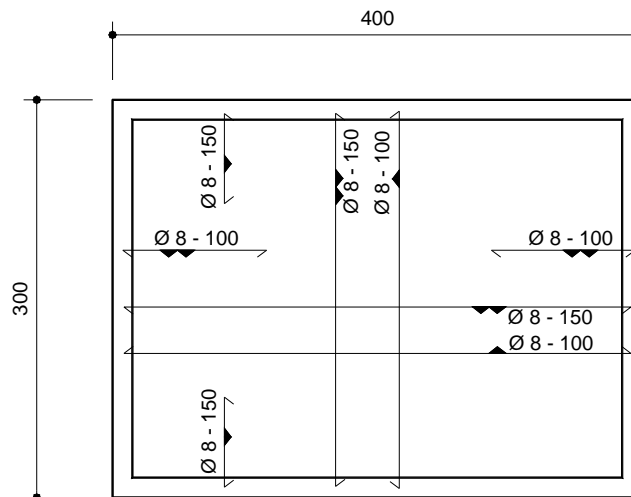
a. $A_{stx} = 1176 \text{ mm}^2$, dipilih tulangan ($\emptyset 8 - 150$)

b. $A_{sty} = 800 \text{ mm}^2$, dipilih tulangan ($\emptyset 8 - 100$)

- Pada lapangan

a. $A_{six} = 703,5 \text{ mm}^2$, dipilih tulangan ($\emptyset 8 - 150$)

b. $A_{siy} = 200 \text{ mm}^2$, dipilih tulangan ($\emptyset 8 - 100$)



Gambar 6.17 Penulangan Plat

2. Perhitungan Balok

Perhitungan ini menggunakan paket software CSI-SAP V.11.0.8, dengan input data & permodelan sesuai diatas, sebagai berikut :

2.1 Balok B1

Menggunakan penampang (30 x 40) cm, dengan tulangan :

- Tulangan Tumpuan

Tulangan Tekan:

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$M_u = 262,221$ KNm (momen positif)

$$\frac{M_u}{b.d^2} = \frac{262,221}{0,4 \times 0,344^2}$$
$$= 5.539,75 \text{ KN/m}^2$$

$$\frac{M_u}{b.d^2} = \rho \cdot \phi \cdot f_y \left(1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$$

$$5.539,75 = \rho \cdot 0,8 \cdot 400 \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{400}{25} \right)$$

$$5.539,75 = 320 \rho (1 - 9,408 \rho)$$

$$5.539,75 = 320 \rho - 3010,56 \rho^2$$

Dengan menggunakan rumus abc, maka didapat

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X = \frac{-320 \pm \sqrt{320^2 - 4 * 3010,56 * 5.539,75}}{2 * 3010,56}$$

$$X = 0,01402$$

Maka didapat $\rho = 0,01402$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = \frac{\beta \cdot 450}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \cdot \rho_c}{f_y}$$
$$= \left(\frac{0,85 \cdot 450}{600 + 400} \right) \left(\frac{0,85 \cdot 25}{400} \right)$$
$$= 0,0203$$

Cek : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,01402 < 0,0203$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,01402 \cdot 0,4 \cdot 0,344 \cdot 10^6$$

$$= 1.929 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22, maka $n = 8$ D19

$$A_s \text{ terpasang} = 2.269 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan

Tulangan Tarik:

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$M_u = 137,533 \text{ KNm}$ (momen positif)

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{137,533}{0,4 \cdot 0,344^2}$$

$$= 2.905,56 \text{ KN/m}^2$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \rho \cdot \phi \cdot f_y \left(1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$$

$$2.905,56 = \rho \cdot 0,8 \cdot 400 \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{400}{25} \right)$$

$$2.905,56 = 320 \rho (1 - 9,408 \rho)$$

$$2.905,56 = 320 \rho - 3010,56 \rho^2$$

Dengan menggunakan rumus abc, maka didapat

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X = \frac{-320 \pm \sqrt{320^2 - 4 \cdot 3010,56 \cdot 2.905,56}}{2 \cdot 3010,56}$$

$$X = 0,0103$$

Maka didapat $\rho = 0,0103$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = \frac{\beta \cdot 450}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \cdot \rho_e}{f_y}$$

$$= \left(\frac{0,85 * 450}{600 + 400} \right) \left(\frac{0,85 * 25}{400} \right)$$
$$= 0,0203$$

Cek : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,0103 < 0,0203$$

As = p.b.d

$$= 0,0103 \cdot 0,4 \cdot 0,344 \cdot 10^6$$

$$= 1417,28 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22, maka = 8 D19

$$\text{As terpasang} = 2.269 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Geser

- Tulangan Geser Tumpuan

- Dari hasil analisa struktur, didapat:

- $V_u = 803,2 \text{ KN}$

- $v_u = \frac{v_u}{bd} = \frac{80320}{400 * 344} = 0,583 \text{ Mpa}$

- $\phi v_c = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \text{ Mpa}$

- $= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \text{ Mpa}$

- $= 0,50 \text{ Mpa}$

- Karena $v_u > \phi v_c$, maka harus diberi tulangan geser

- $\frac{V_{u,d}}{M_u} = \frac{803,2 * 0,583}{262,221} = 0,412 < 1 \Rightarrow \text{OK}$

- $V_c = \frac{1}{7} (\sqrt{f'_c} + 120 \cdot \rho \cdot \frac{v_{u,d}}{M_u}) b \cdot d$
 - $= \frac{1}{7} (\sqrt{25} + 120 \cdot 0,0255 \cdot \frac{803,2 * 0,583}{262,221}) 70650$

- $= 63188,55 \text{ N} = 63,188 \text{ KN}$

- $V_s = \frac{v_u}{\phi} - V_c$

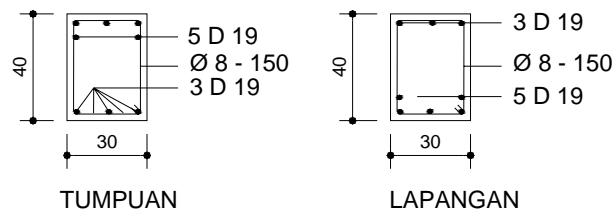
$$= \frac{241,35}{0,6} - 63,188 = 339,062 \text{ KN}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{v_s}{f_y \cdot d} = \frac{339062}{240 \cdot 344} = 5,789 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sengkang tulangan D8 => $A_v = 201 \text{ mm}^2$

Maka $S \leq 201/5,789 = 34,721 \text{ mm}$

Dipakai Dipakai D8 - 150



Gambar 6.18 Penulangan Balok B1

2.2 Balok B2

Menggunakan penampang (20 x 30) cm, dengan tulangan :

- Tulangan Tumpuan

Tulangan Tekan:

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$M_u = 198,647 \text{ KNm}$ (momen positif)

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{b \cdot d^2} &= \frac{198,647}{0,3 \times 0,244^2} \\ &= 11.121,95 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \rho \cdot \phi \cdot f_y \left(1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$$

$$11.121,95 = \rho \cdot 0,8 \cdot 400 \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{400}{25} \right)$$

$$11.121,95 = 320 \rho (1 - 9,408 \rho)$$

$$11.121,95 = 320 \rho - 3010,56 \rho^2$$

Dengan menggunakan rumus abc, maka didapat

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X = \frac{-320 \pm \sqrt{320^2 - 4 * 3010,56 * 11.121,95}}{2 * 3010,56}$$

$$X = 0,0197$$

Maka didapat $\rho = 0,0197$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ maks} &= \frac{\beta \cdot 450}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \cdot \rho_e}{f_y} \\ &= \left(\frac{0,85 * 450}{600 + 400} \right) \left(\frac{0,85 * 25}{400} \right) \\ &= 0,0203 \end{aligned}$$

Cek : $\rho \text{ min} < \rho < \rho \text{ maks}$

$$0,0035 < 0,0197 < 0,0203$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0197 \cdot 0,3 \cdot 0,244 \cdot 10^6$$

$$= 1.442 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22, maka = 6 D19

$$A_s \text{ terpasang} = 1.702 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan

Tulangan Tarik:

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$M_u = 130,011 \text{ KNm}$ (momen positif)

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{130,011}{0,3 \cdot 0,244^2}$$

$$= 7279,125 \text{ KN/m}^2$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \rho \cdot \phi \cdot f_y \left(1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$$

$$7279,125 = \rho \cdot 0,8 \cdot 400 \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{400}{25} \right)$$

$$7279,125 = 320 \rho (1 - 9,408 \rho)$$

$$7279,125 = 320 \rho - 3010,56 \rho^2$$

Dengan menggunakan rumus abc, maka didapat

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X = \frac{-320 \pm \sqrt{320^2 - 4 * 3010,56 * 7279,125}}{2 * 3010,56}$$

$$X = 0,01607$$

Maka didapat $\rho = 0,01607$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ maks} &= \frac{\beta \cdot 450}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \cdot \rho_e}{f_y} \\ &= \left(\frac{0,85 * 450}{600 + 400} \right) \left(\frac{0,85 * 25}{400} \right) = 0,0203 \end{aligned}$$

Cek : $\rho \text{ min} < \rho < \rho \text{ maks}$

$$0,0035 < 0,01607 < 0,0203$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,01607 \cdot 0,3 \cdot 0,244 \cdot 10^6$$

$$= 1.176,32 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22, maka = 8 D16

$$A_s \text{ terpasang} = 1.702 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Geser

Tulangan Geser Tumpuan

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$$V_u = 803,2 \text{ KN}$$

$$v_u = \frac{v_u}{bd} = \frac{80320}{400 * 344} = 0,583 \text{ Mpa}$$

$$\phi_{vc} = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \text{ Mpa}$$

$$= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \text{ Mpa} = 0,50 \text{ Mpa}$$

Karena $v_u > \phi V_c$, maka harus diberi tulangan geser

$$\frac{V_{u,d}}{M_u} = \frac{803,2 * 0,583}{262,221} = 0,412 < 1 \Rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{7} (\sqrt{f'_c} + 120 \cdot \rho \cdot \frac{v_{u,d}}{M_u}) b \cdot d \\ &= \frac{1}{7} (\sqrt{25} + 120 \cdot 0,0255 \cdot \frac{803,2 * 0,583}{262,221}) 70650 \\ &= 63188,55 \text{ N} = 63,188 \text{ KN} \end{aligned}$$

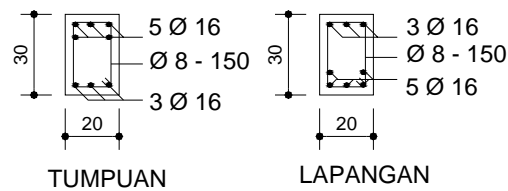
$$\begin{aligned} V_s &= \frac{v_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{241,35}{0,6} - 63,188 = 339,062 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{v_s}{f_y \cdot d} = \frac{339062}{240 * 344} = 5,789 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sengkang tulangan D8 $\Rightarrow A_v = 201 \text{ mm}^2$

Maka $S \leq 201/5,789 = 34,721 \text{ mm}$

Dipakai Dipakai D8 - 150



Gambar 6.19 Penulangan Balok B2

2.3 Balok B3

Menggunakan penampang (20 x 30) cm, dengan tulangan :

- Tulangan Tumpuan

Tulangan Tekan:

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$M_u = 186,313 \text{ KNm}$ (momen positif)

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \frac{186,313}{0,3 \times 0,244^2}$$

$$= 10.431,39 \text{ KN/m}^2$$

$$\frac{Mu}{b.d^2} = \rho \cdot \phi \cdot f_y \left(1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f_c}\right)$$

$$10.431,39 = \rho \cdot 0,8 \cdot 400 \left(1 - 0,588 \rho \cdot \frac{400}{25}\right)$$

$$10.431,39 = 320 \rho (1 - 9,408 \rho)$$

$$10.431,39 = 320 \rho - 3010,56 \rho^2$$

Dengan menggunakan rumus abc, maka didapat

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X = \frac{-320 \pm \sqrt{320^2 - 4 \cdot 3010,56 \cdot 10.431,39}}{2 \cdot 3010,56}$$

$$X = 0,0191$$

Maka didapat $\rho = 0,0191$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= \frac{\beta \cdot 450}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \cdot \rho_e}{f_y} \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot 450}{600 + 400}\right) \left(\frac{0,85 \cdot 25}{400}\right) = 0,0203 \end{aligned}$$

Cek : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,0191 < 0,0203$$

As = $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0,0191 \cdot 0,3 \cdot 0,244 \cdot 10^6$$

$$= 1.398 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22, maka = 6 D16

$$\text{As terpasang} = 1.307 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Lapangan

Tulangan Tarik:

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$M_u = 122,98 \text{ KNm}$ (momen positif)

$$\frac{M_u}{b.d^2} = \frac{122,98}{0,3 \times 0,244^2}$$

$$= 6.885,46 \text{ KN/m}^2$$

$$\frac{M_u}{b.d^2} = \rho \cdot \phi \cdot f_y \left(1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f_c}\right)$$

$$6.885,46 = \rho \cdot 0,8 \cdot 400 \left(1 - 0,588 \rho \cdot \frac{400}{25}\right)$$

$$6.885,46 = 320 \rho (1 - 9,408 \rho)$$

$$6.885,46 = 320 \rho - 3010,56 \rho^2$$

Dengan menggunakan rumus abc, maka didapat

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X = \frac{-320 \pm \sqrt{320^2 - 4 * 3010,56 * 6.885,46}}{2 * 3010,56}$$

$$X = 0,0156$$

Maka didapat $\rho = 0,0156$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= \frac{\beta \cdot 450}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \cdot \rho_e}{f_y} \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot 450}{600 + 400}\right) \left(\frac{0,85 \cdot 25}{400}\right) \\ &= 0,0203 \end{aligned}$$

Cek : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,0156 < 0,0203$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0156 \cdot 0,3 \cdot 0,244 \cdot 10^6$$

$$= 1.141,92 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22, maka $\rho = 6 \text{ D16}$
As terpasang = 1.307 mm²

- Tulangan Geser

Tulangan Geser Tumpuan

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$$V_u = 803,2 \text{ KN}$$

$$v_u = \frac{v_u}{bd} = \frac{80320}{400 \cdot 344} = 0,583 \text{ Mpa}$$

$$\phi v_c = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \text{ Mpa}$$

$$= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \text{ Mpa}$$

$$= 0,50 \text{ Mpa}$$

Karena $v_u > \phi v_c$, maka harus diberi tulangan geser

$$\frac{V_{u,d}}{M_u} = \frac{803,2 \cdot 0,583}{262,221} = 0,412 < 1 \Rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{7} (\sqrt{f_c} + 120 \cdot \rho \cdot \frac{v_{u,d}}{M_u}) b \cdot d \\ &= \frac{1}{7} (\sqrt{25} + 120 \cdot 0,0255 \cdot \frac{803,2 \cdot 0,583}{262,221}) \cdot 70650 \\ &= 63188,55 \text{ N} = 63,188 \text{ KN} \end{aligned}$$

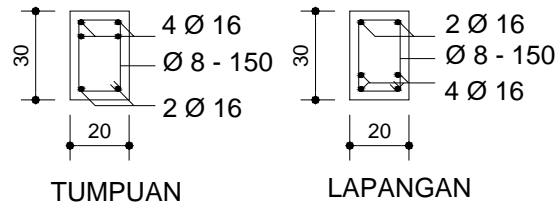
$$\begin{aligned} V_s &= \frac{v_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{241,35}{0,6} - 63,188 = 339,062 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{v_s}{f_y \cdot d} = \frac{339062}{240 \cdot 344} = 5,789 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sengkang tulangan D8 $\Rightarrow A_v = 201 \text{ mm}^2$

Maka $S \leq 201/5,789 = 34,721 \text{ mm}$

Dipakai Dipakai D8 – 150



Gambar 6.20 Penulangan Balok B3

3. Perhitungan Kolom

Perhitungan ini menggunakan paket software CSI-SAP V.11.0.8, dengan input data & permodelan sesuai diatas, sebagai berikut :

3.1 Kolom K1

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$$P_u = 2906,435 \text{ KN}$$

$$M_u = 896,8076 \text{ KNm}$$

$$A_{gr} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 500^2 = 308112 \text{ mm}^2$$

$$\frac{p_u}{\phi \cdot a_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} = \frac{2906435}{0,65 \cdot 308112 \cdot 0,85 \cdot 25} = 0,682 > 0,1$$

$$e_t = \frac{M_u}{p_u} = \frac{896,8076}{2906,435} = 0,308 \text{ m} = 308 \text{ mm}$$

$$\frac{p_u}{\phi \cdot a_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} \cdot \frac{e_t}{h} = 0,682 \cdot \frac{308}{500} = 0,420$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{8,5}{50} = 0,17$$

Jadi dari grafik:

$$\frac{d'}{h} = 0,1 \text{ dan } \frac{d'}{h} = 0,15$$

Dari tabel CUR

$$\frac{d'}{h} = 0,15 \Rightarrow r = 0,023$$

$$\frac{d'}{h} = 0,10 \quad \Rightarrow \quad r = 0,028$$

$$\text{Dari kedua hasil } r \text{ di atas, didapat} = \frac{0,023 + 0,28}{2} = 0,0255$$

$$\begin{aligned} \rho &= r \cdot \beta \Rightarrow f'c = 25 \text{ Mpa maka } \beta = 1,0 \\ &= 0,0255 \cdot 1,0 \\ &= 0,0255 \end{aligned}$$

$$\text{As tot} = \rho \cdot \text{Agr} = 0,0255 \cdot 308112 = 7856,856 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan D25, maka} = 16 \text{ D } 25$$

$$\text{As terpasang} = 7.857 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser:

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$$V_u = 269,385 \text{ Kn}$$

$$v_u = \frac{v_u}{bd} = \frac{269385}{500.444} = 1.213 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \phi_{vc} &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \text{ Mpa} \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \text{ Mpa} \\ &= 0,50 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

karena $v_u > \phi_{vc}$, maka harus diberi tulangan geser

$$\frac{v_u \cdot d}{M_u} = \frac{269,386 \cdot 1,213}{896,807} = 0,364 < 1 \quad \Rightarrow \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{7} (\sqrt{f'c} + 120 \cdot \rho \cdot \frac{v_u \cdot d}{M_u}) \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{7} (\sqrt{25} + 120 \cdot 0,0255 \cdot \frac{269,386 \cdot 1,213}{896,807}) \cdot 308112 \\ &= 269106,78 \text{ N} \quad = 269,10 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{v_u}{\phi} - V_c$$

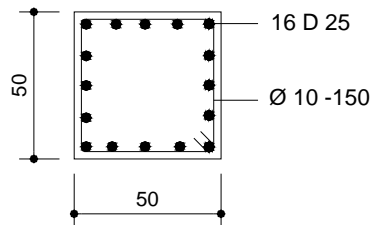
$$= \frac{269,385}{0,6} - 269,10 = 179,875 \text{ KN}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{v_s}{f_y \cdot d} = \frac{179875}{240 \cdot 444} = 1,688 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Senggang tulangan D10 => $A_v = 157 \text{ mm}^2$

Maka $S \leq 157/1,688 = 93 \text{ mm}$

Dipakai Dipakai D10 - 150



Gambar 6.21 Penulangan Kolom K1

3.2 Kolom K2

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$$P_u = 1366,36 \text{ KN}$$

$$M_u = 709,737 \text{ KNm}$$

$$A_{gr} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 300^2 = 70650 \text{ mm}^2$$

$$\frac{p_u}{\phi_{agr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} = \frac{136636}{0,65 \cdot 70650 \cdot 0,85 \cdot 25} = 0,144 > 0,1$$

$$e_t = \frac{M_u}{p_u} = \frac{709,737}{1366,36} = 0,5149 \text{ m} = 519 \text{ mm}$$

$$\frac{p_u}{\phi_{agr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} \cdot \frac{e_t}{h} = 0,144 \cdot \frac{519}{300} = 0,249$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{8,5}{30} = 0,283$$

Jadi dari grafik:

$$\frac{d'}{h} = 0,2 \text{ dan } \frac{d'}{h} = 0,25$$

Dari tabel CUR

$$\frac{d'}{h} = 0,25 \Rightarrow r = 0,032$$

$$\frac{d'}{h} = 0,20 \Rightarrow r = 0,038$$

$$\text{Dari kedua hasil } r \text{ di atas, didapat } = \frac{0,032 + 0,38}{2} = 0,0206$$

$$\begin{aligned} \rho &= r \cdot \beta \Rightarrow f'c = 25 \text{ Mpa maka } \beta = 1,0 \\ &= 0,0206 \cdot 1,0 \\ &= 0,0206 \end{aligned}$$

$$\text{As tot} = \rho \cdot \text{Agr} = 0,0206 \cdot 70650 = 1.455,39 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan D25, maka} = 8 \text{ D } 16$$

$$\text{As terpasang} = 1609 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser:

Dari hasil analisa struktur, didapat:

$$V_u = 241,35 \text{ Kn}$$

$$v_u = \frac{v_u}{bd} = \frac{241350}{300 \cdot 244} = 3.297 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \phi_{vc} &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \text{ Mpa} \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \text{ Mpa} \\ &= 0,50 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

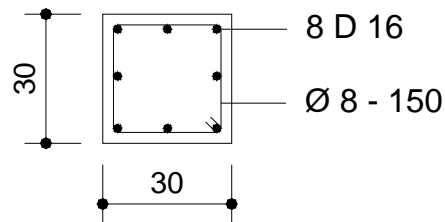
karena $v_u > \phi_{vc}$, maka harus diberi tulangan geser

$$\frac{v_u \cdot d}{M_u} = \frac{241,350 \cdot 1,213}{709,737} = 0,412 < 1 \Rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{7} (\sqrt{f'c} + 120 \cdot \rho \cdot \frac{v_u \cdot d}{M_u}) \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{7} (\sqrt{25} + 120 \cdot 0,0255 \cdot \frac{241,350 \cdot 1,213}{709,737}) \cdot 70650 \\ &= 63188,55 \text{ N} = 63,188 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{vu}{\phi} - V_c$$
$$= \frac{241,35}{0,6} - 63,188 = 339,062 \text{ KN}$$
$$\frac{A_v}{s} = \frac{v_s}{f_y \cdot d} = \frac{339062}{240 \cdot 244} = 5,789 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sengkang tulangan D8 => $A_v = 201 \text{ mm}^2$
Maka $S \leq 201/5,789 = 34,721 \text{ mm}$
Dipakai Dipakai D8 – 150



Gambar 6.22 Penulangan Kolom K2

4. Perhitungan Pondasi

Dari perhitungan dengan menggunakan SAP didapat :

$$M_u = 284,76 \text{ kNm}$$

$$= 28,76 \text{ Tm}$$

$$P = 204,51 \text{ kN}$$

$$= 20,451 \text{ T}$$

Direncanakan menggunakan pondasi dengan tipe : *Combined Footing*
dengan dimensi :

- Lebar (l) = 3,00 m

- Panjang (p) = 6,00 m

- Ketebalan plat (d) = 0,6 m

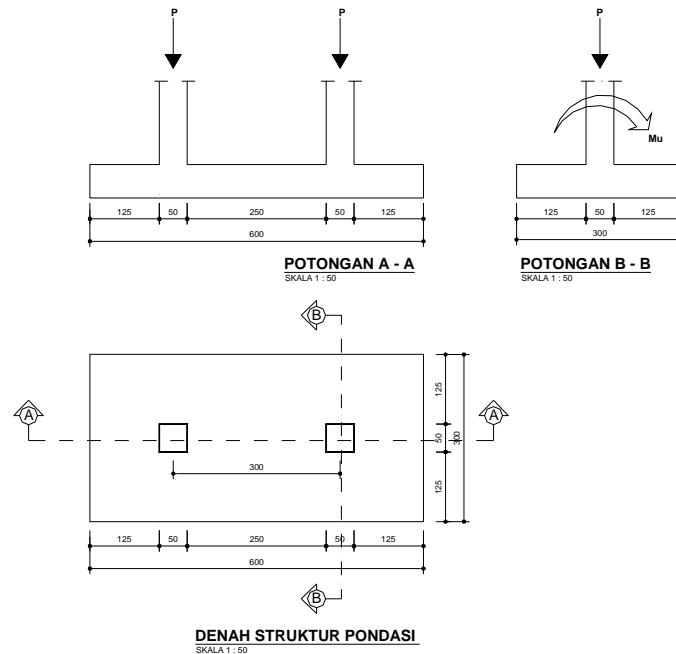
- Kedalaman = -4,10m

Didapat :

$$P' = b * l * d * \delta_b$$

$$P' = 3,00 * 6,00 * 0,6 * 2,4$$

$$= 25,92$$



Gambar 6.23 Struktur Pondasi

Sehingga tegangan yang terjadi adalah :

$$q = \frac{P_{tot}}{A} \pm \frac{M_x * x}{I_y} \pm \frac{M_y * y}{I_x}$$

$$q = \frac{(2 * 33,663 + 25,92)}{(6,00 * 3,00)} \pm \frac{(32,821 * 3,00)}{((1/12) * 3,00 * 6,00^3)}$$

$$q_{max} = 7,08 \text{ t/m}^2$$

$$q_{min} = 3,357 \text{ t/m}^2$$

Data tanah dari Laboratorium Mekanika Tanah Universitas 17 Agustus 1945 Semarang pada kedalaman -4,20 m (rencana kedalaman pondasi) adalah :

$$\begin{array}{ll} \phi = 30^\circ & \longrightarrow N_q = 18.4 \\ N_c = 30.14 & C = 0,7 \text{ t/m}^2 \\ \partial_0 = 1,4844 & \longrightarrow N_\partial = 0 \\ \partial_1 = 1,4844 & \longrightarrow N_{\partial} = 0 \end{array}$$

Daya dukung tanah Rumus Terzaghi :

$$\begin{aligned} q_{ult} &= (1 + 0,3 b/l) \cdot C \cdot N_c + \partial_0 \cdot D \cdot N_q + (1 - 0,2 b/l) \cdot \partial_1 \cdot b \cdot N_{\partial} / 2 \\ q_{ult} &= (1 + 0,3 \cdot 3/6) \cdot 0,7 \cdot 18,4 + 1,4884 \cdot 4,11 \cdot 3,5 + 0 \\ q_{ult} &= 36,222 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

maka :

$$= \frac{q_{ult}}{q_{max}} = \frac{36,222}{7,08} = 5,116 \dots \dots \dots > 2 \longrightarrow \text{OK !!!}$$

Penulangan :

$$\begin{aligned} q_{max} &= 7,08 \text{ t/m}^2 \\ m_x &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot X^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot (7,08 \cdot 3,00) \cdot (1,25)^2 \\ &= 16,406 \text{ tm} = 164,06 \text{ kNm} \\ m_y &= 164,06 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Tulangan arah x = arah y

$$\begin{aligned} K &= m / (b \cdot d^2 \cdot R_1) \\ &= 164,06 \cdot 10^6 / (1000 \cdot 500^2 \cdot 21,25) \\ &= 0,063 \end{aligned}$$

$$F = 1 - \sqrt{1 - 2k} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,063} = 0,065$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{F \cdot b \cdot d \cdot R_1}{f_y} \\ &= \frac{0,0065 \cdot 1000 \cdot 500 \cdot 21,25}{400} \\ &= 1726,5625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$P_{min} = 0,0018$$

$$P_{\min} = \frac{A_s}{b * dx}$$
$$= \frac{1726,5625}{1000 * 500} = 0,0034$$

→ Dipilih tulangan Ø 20 – 175 = 1795 mm²

➤ Cek geser pondasi

$$V_c = 0,2 * \lambda * (f'_c)^{1/2} * b * d$$
$$= 0,2 * 1 * (25)^{1/2} * 1000 * 500$$
$$= 500000 \text{ N} = 500 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,6 * 500 = 300 \text{ kN}$$

$$V_u = P = 20,451 \text{ t} = 204,51 \text{ kN}$$

Ø $V_c < V_u$ memerlukan sengkang

Merencanakan sengkang Ø 12 A_s sengkang = 225 mm²

$$\text{Jarak antar sengkang (s)} = \frac{f_y * A_v * d}{V_u - \phi V_c}$$
$$= \frac{400 * 225 * 500}{570360 - 300000} = 78,89 \text{ m}$$

sehingga digunakan sengkang Ø 12 - 75