

## BAB V

### OPTIMASI BENDUNG PUCANG GADING

#### 5.1 URAIAN UMUM

Bendung Pucang Gading telah dibangun pada sistem sungai Dolok Penggaron. Bendung tersebut mendapat *supply* air dari Sungai Penggaron dan Sungai Dolok, selanjutnya melalui bendung tersebut air didistribusikan ke tiga percabangan, yaitu Banjir Kanal Timur, Kali Babon, dan Kali Dombo Sayung. Pada kondisi sekarang air dari Bendung Pucang Gading sudah dimanfaatkan dan dialirkan ke Banjir Kanal Timur dan Kali Babon, namun belum dialirkan ke saluran Dombo Sayung. Oleh karena itu dilakukan penyesuaian desain bendung dan bangunan pelengkap lain yang diperlukan.

Untuk analisis kapasitas sungai system BKT-Babon-Dombo Sayung digunakan program HEC-RAS. Dengan perangkat lunak HEC-RAS ini dapat diperkirakan kapasitas maksimum ketiga sungai tersebut. Setelah kapasitas sungai diketahui, maka direncanakan pengoptimasian operasi dan jumlah pintu Bendung Pucang Gading, yang dapat dilihat dalam **tabel 5.1**

**Tabel 5.1 Rencana Pengoptimasian Bendung Pucang Gading**

No.	Kali	Data Teknis Saat Ini	Pengoptimasian
1	Babon	Bendung Pucang Gading, yang terdiri dari : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercu</li> <li>• Bangunan pembilas kiri dan kanan</li> <li>• Bangunan pengambil kiri dan kanan</li> </ul>	-
2	Banjir Kanal Timur	Bangunan pembuang Banjir Kanal Timur, yang terdiri dari: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 pintu yang dioperasikan manual</li> <li>• 3 pintu dioperasikan otomatis</li> </ul>	-
3	Dombo Sayung	Saluran Dombo Sayung	Direncanakan Perbaikan Bendung Eksisting

## 5.2 ANALISA KAPASITAS SUNGAI

Dalam analisa kapasitas sungai digunakan program HEC-RAS (*Hydrologi Engineering Center- River Analysis System*). Sistem HEC-RAS terdiri dari komponen analisa hidrolika sungai yang berupa profil muka air dengan pemodelan aliran tetap, profil muka air dengan pemodelan aliran tidak tetap, perhitungan transportasi sedimen, dan analisa kualitas air. Dalam perhitungan analisa Sungai Babon-BKT-Dombo Sayung digunakan analisa perhitungan aliran tetap, untuk mengetahui kapasitas aliran maksimum ketiga sungai tersebut. Elemen HEC-RAS yang digunakan adalah geometri saluran dan simulasi aliran tetap.

### 5.2.1 Data Topografi

Data topografi sungai yang dimasukkan adalah potongan melintang sungai (*cross section data*) dan data struktur hidrolik lainnya (*structure hydraulic data*) seperti jembatan, bendung dan bangunan pembuang. Angka kekasaran Manning diambil 0.035 karena saluran berupa saluran tanah.

#### 5.2.1.1 Potongan Melintang Sungai ( *Cross section data* )

Data potongan melintang sungai yang digunakan adalah sebagai berikut:

Sungai Babon	: 300 potongan melintang (Po ki/ Po ka - P146)
Saluran BKT	: 352 potongan melintang (Bo - B344)
Saluran Dombo Sayung	: 169 potongan melintang (P2 - P165)

#### 5.2.1.2 Bangunan Air (*Inline Structure*)

Pemodelan HEC-RAS termasuk struktur yang melintang saluran seperti jembatan dan gorong-gorong. Selain itu, HEC-RAS juga mampu memodelkan struktur hidrolik pada sungai (*inline structure*) seperti bendung, bendungan, dan struktur berpintu. Terdapat beberapa struktur hidrolik pada Kali Babon-BKT-Dombo sayung, yaitu :

Kali Babon	: Bendung Pucang Gading dan 4 struktur jembatan
Saluran BKT	: Bangunan Pembuang BKT dan 5 struktur jembatan
Saluran Dombo Sayung	: -

### 5.2.2 Simulasi Aliran Tetap

Selain data geometri saluran/sungai, diperlukan data aliran tetap untuk menganalisa kapasitas saluran. Data aliran tetap yang diperlukan terdiri dari data debit masing-masing saluran/sungai, tinggi muka air di hilir sungai (berdasarkan pasang tertinggi), dan data bukaan pintu untuk struktur berpintu yang ada di Saluran BKT.

### 5.2.3 Hasil Analisa Kapasitas Sungai dengan HEC-RAS

Dengan masukan data topografi sungai, debit banjir, dan pasang surut, dilakukan analisis sifat-sifat hidraulik dengan menggunakan simulasi model HEC-RAS dapat diperoleh kapasitas masing-masing sungai/kanal eksisting.

Berdasarkan **gambar 1.2** saluran BKT mendapatkan debit masukan dari Kali Kedung Mundu, Kali Bajak dan Kali Candi. Besarnya debit masing-masing Kali dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.2 Debit Banjir Kali yang Masuk Saluran BKT Berdasarkan Kala Ulangnya

Kala Ulang	Debit Banjir Kedung Mundu (m <sup>3</sup> /s)	Debit Banjir Kali Bajak (m <sup>3</sup> /s)	Debit Banjir Kali Candi (m <sup>3</sup> /s)
2 tahun	75.15	43.28	34.25
5 tahun	112.19	64.4	50.86
10 tahun	136.72	78.39	61.85
25 tahun	168.38	96.44	76.05
50 tahun	191.03	109.36	86.21
100 tahun	213.69	122.28	96.37

Sumber: Hasil perhitungan dengan metode HSS Gama puslitbang SDA

Hasil analisa hidrolika sungai menunjukkan bahwa kapasitas aliran masing-masing sungai dan banjir kanal adalah sbb:

Kali Babon	:	70	m <sup>3</sup> /s
Saluran BKT	:	100	m <sup>3</sup> /s
Saluran Dombo Sayung	:	210	m <sup>3</sup> /s

Dalam studi pengoptimasian Bendung Pucang Gading, dilakukan beberapa simulasi model HEC-RAS yaitu :

### 1. Simulasi Model Kondisi Eksisting

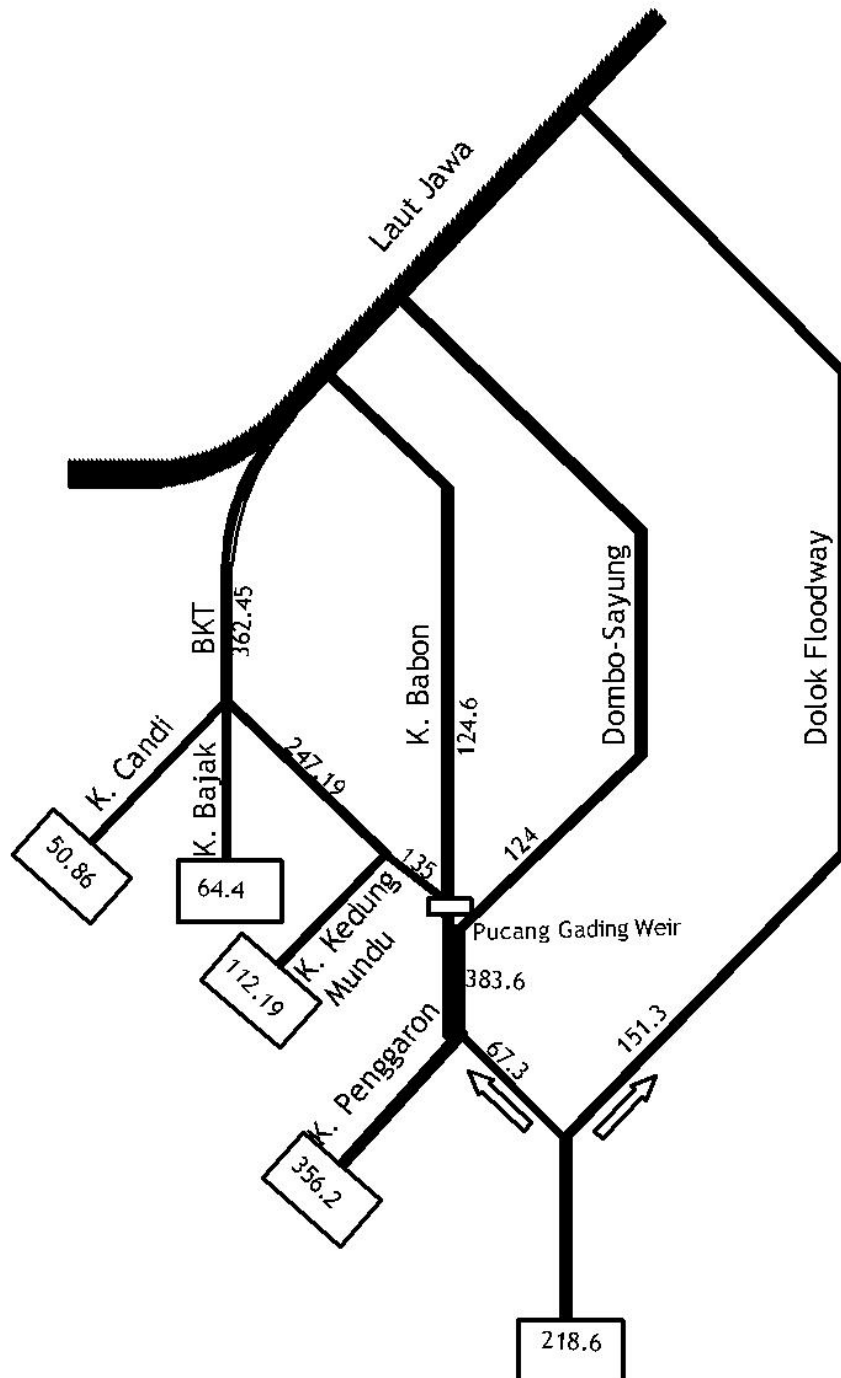
Simulasi kondisi eksisting dari masing-masing saluran sungai dengan menggunakan data debit banjir Q<sub>5</sub> tahun dan Q<sub>25</sub> tahun. Dengan menggunakan dua asumsi pada masing-masing debit banjir, yaitu :

- Waduk dan Embung rencana di hulu belum dioperasikan
- Waduk dan Embung rencana di hulu sudah beroperasi

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **gambar 5.1** sampai **5.4**.

- Alternatif 1

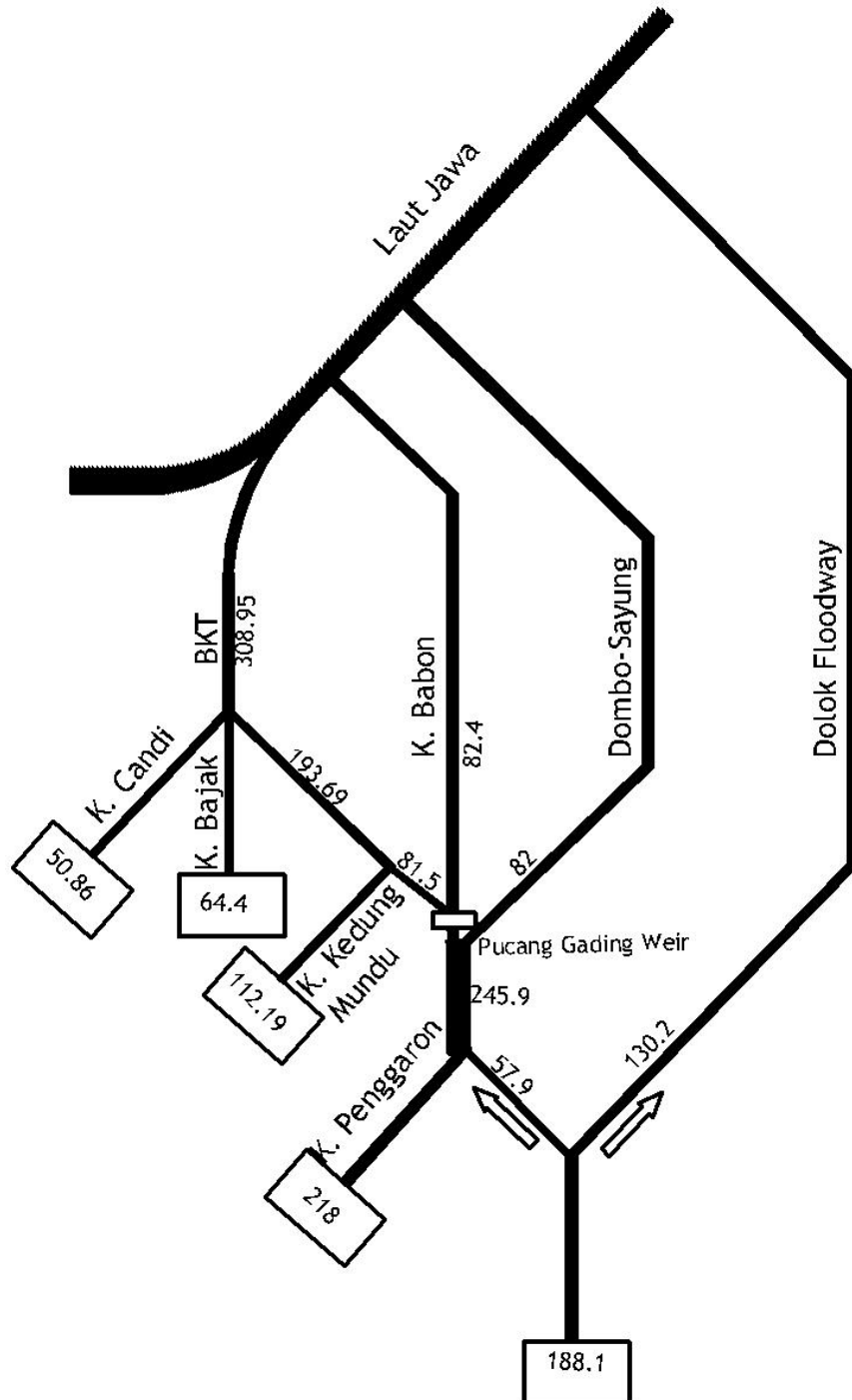
Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_5$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu belum beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 4 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,78 m.



Gambar 5.1 Alternatif 1 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_5$  Tanpa Reservoir

- Alternatif 2

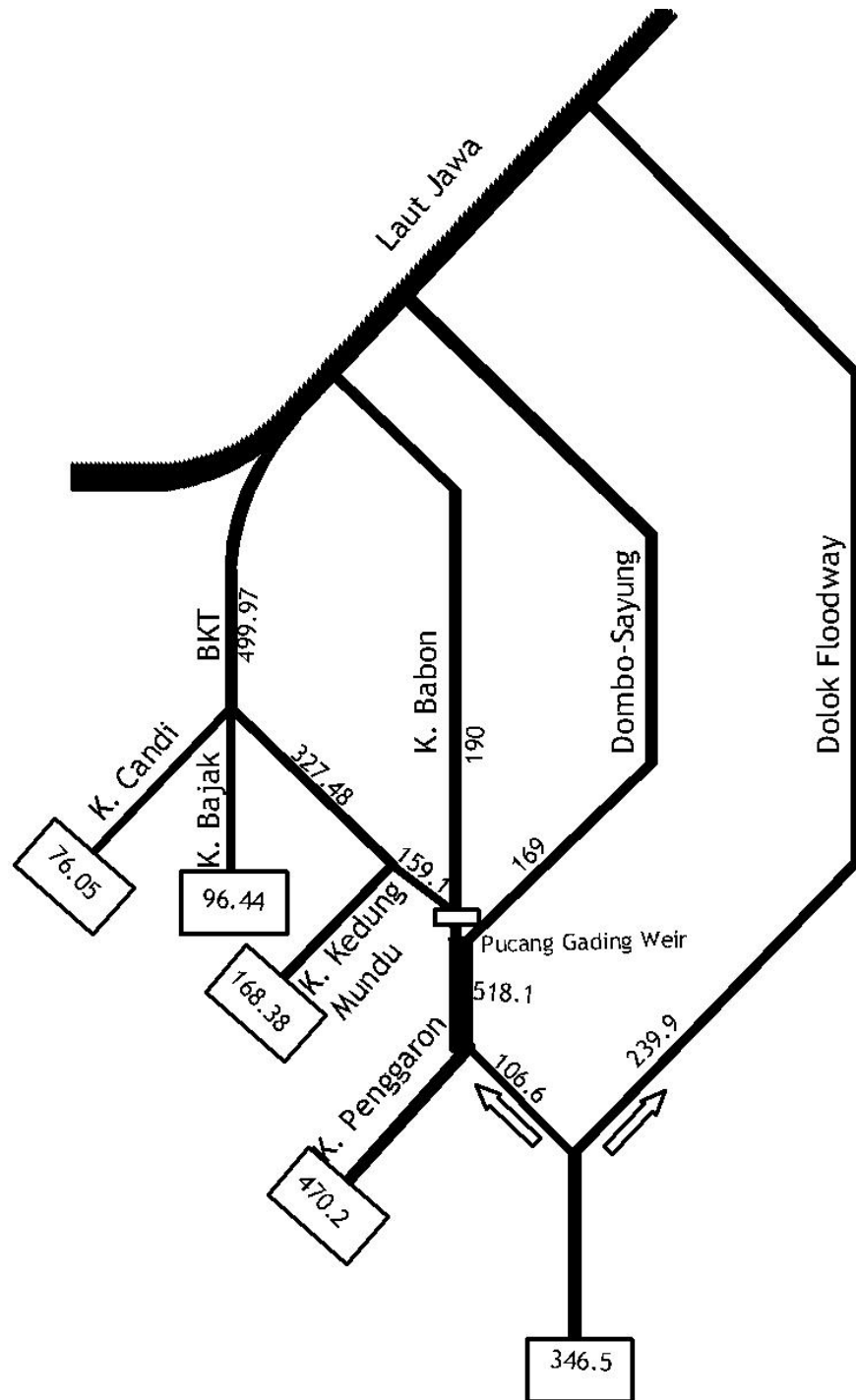
Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_5$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu sudah beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 3 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,59 m.



Gambar 5.2 Alternatif 2 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_5$  dengan Reservoir

- Alternatif 3

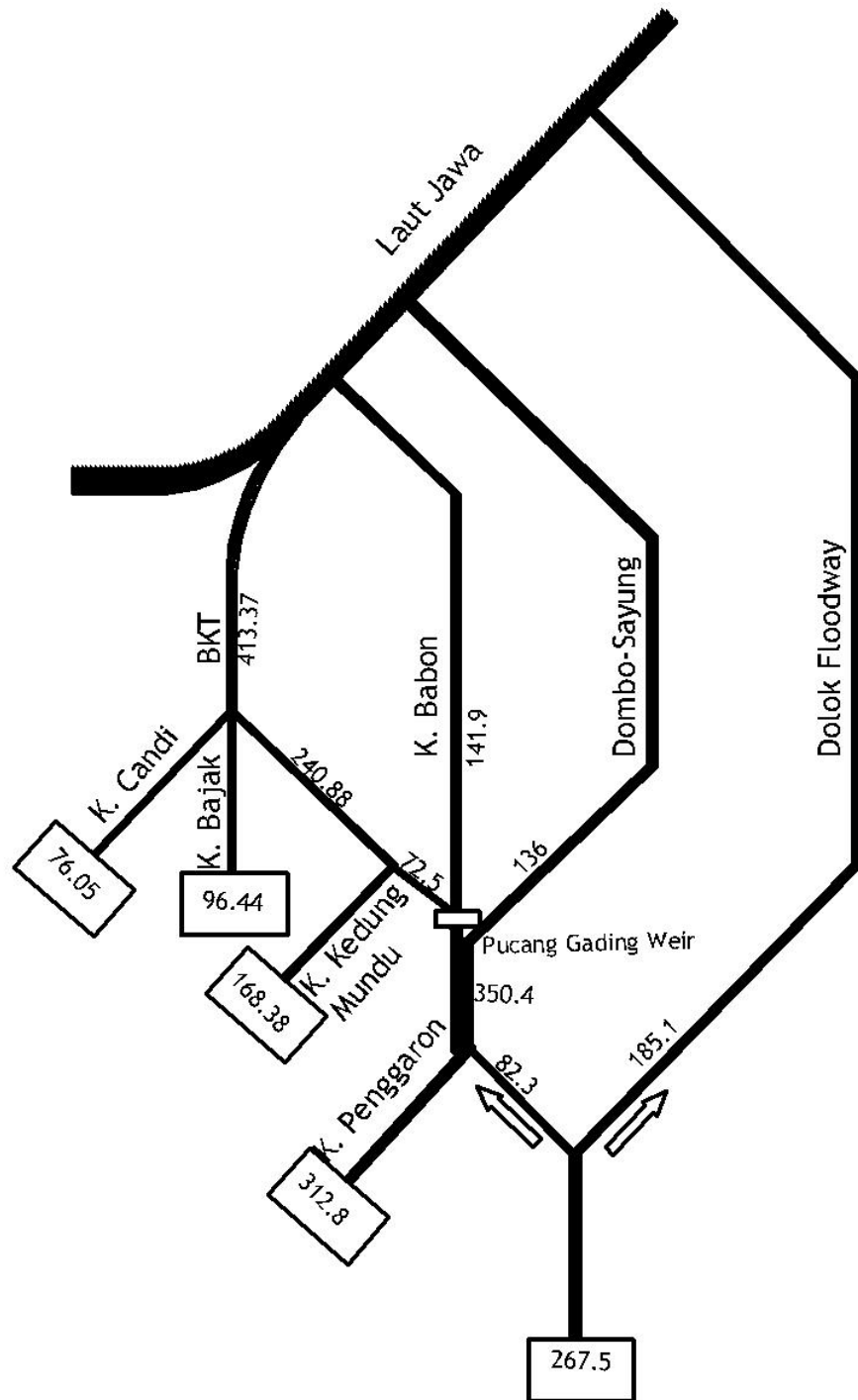
Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_{25}$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu belum beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 4 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,94 m.



Gambar 5.3 Alternatif 3 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_{25}$  Tanpa Reservoir

- Alternatif 4

Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_{25}$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu sudah beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 3 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,26 m.



Gambar 5.4 Alternatif 4 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_{25}$  dengan Reservoir

Pada simulasi model seperti **gambar 5.1 - 5.4** dapat diketahui kondisi ketiga sungai di hilir seperti pada **tabel 5.3**

**Tabel 5.3 Hasil Simulasi Model Kondisi Eksisting**

Simulasi Model	BKT	K.Babon	K.Dombo Sayung
Q <sub>5</sub> tanpa reservoir	Terjadi genangan air (banjir) di 43 sta termasuk 1jembatan	Terjadi genangan air (banjir) di 10 sta termasuk 1jembatan	Tidak terjadi banjir
Q <sub>5</sub> dengan reservoir	Terjadi genangan air (banjir) di 20 sta termasuk 1jembatan	Terjadi genangan air (banjir) di 2 sta termasuk 1jembatan	Tidak terjadi banjir
Q <sub>25</sub> tanpa reservoir	Terjadi genangan air (banjir) di 161 sta termasuk 1jembatan	Terjadi genangan air (banjir) di 59 sta termasuk 1jembatan	Tidak terjadi banjir
Q <sub>25</sub> dengan reservoir	Terjadi genangan air (banjir) di 54 sta termasuk 1jembatan	Terjadi genangan air (banjir) di 10 sta termasuk 1jembatan	Tidak terjadi banjir

Saat debit banjir sebesar Q<sub>5</sub> tahun maupun Q<sub>25</sub> tahun, saluran BKT mengalami genangan air (banjir) di beberapa sta, ini disebabkan pada saluran BKT mengalami tambahan debit banjir dari 3 kali yaitu K.Kedung Mundu, K.Bajak dan K.Candi. Sedangkan untuk K.Babon mengalami genangan air (banjir) semakin banyak bila debit yang mengalir semakin besar seperti pada simulasi model Q<sub>25</sub> tanpa reservoir namun bila reservoir sudah beroperasi maka jumlah sta (titik) yang mengalami banjir semakin berkurang.

Pada musim kemarau air banyak mengalir ke K.Dombo Sayung dibanding ke K.Babon, hal ini dikarenakan elevasi mercu K.Dombo Sayung lebih rendah dibanding elevasi mercu K.Babon. Sehingga K.Babon tidak dapat mencukupi kebutuhan air untuk irigasi.

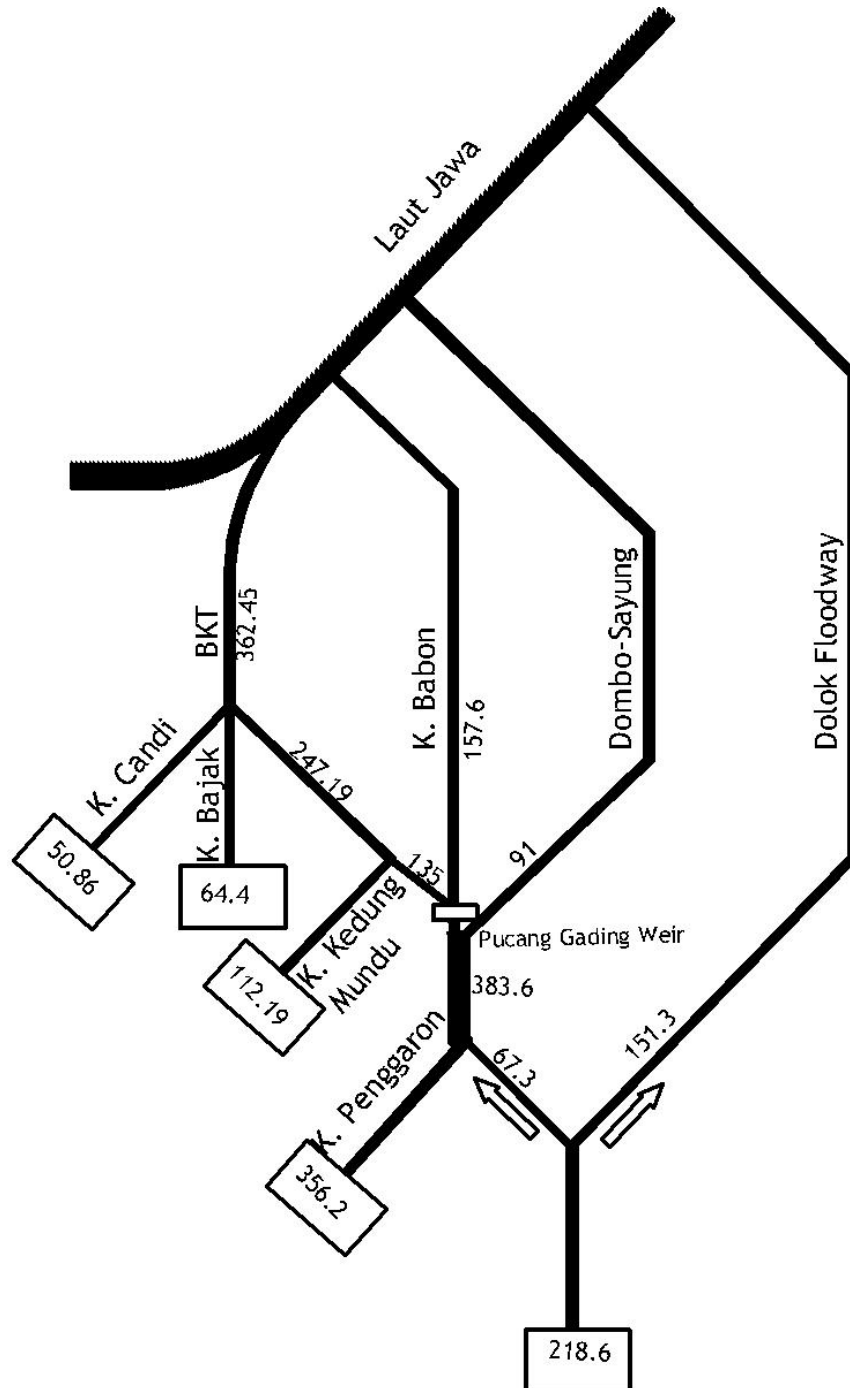
## 2. Simulasi Model dengan Meningkatkan Mercu Bendung Dombo Sayung

Dengan meningkatkan mercu Bendung Dombo Sayung dari 21,92 m menjadi setinggi mercu Bendung Babon 22,86 m. Kemudian dilakukan pembagian debit yang sama seperti simulasi model pada kondisi eksisting. Sehingga diperoleh hasil bahwa elevasi air di hulu Bendung Dombo Sayung bertambah tinggi, bahkan untuk Q<sub>25</sub> tahun tanpa reservoir terjadi genangan air (banjir) di hulu Bendung Dombo Sayung. Solusinya adalah dengan menurunkan debit yang mengalir ke K.Dombo Sayung kemudian dialirkan ke K.Babon. Pembagian debit dapat dilihat pada **gambar 5.5 - 5.8**.



- Alternatif 1

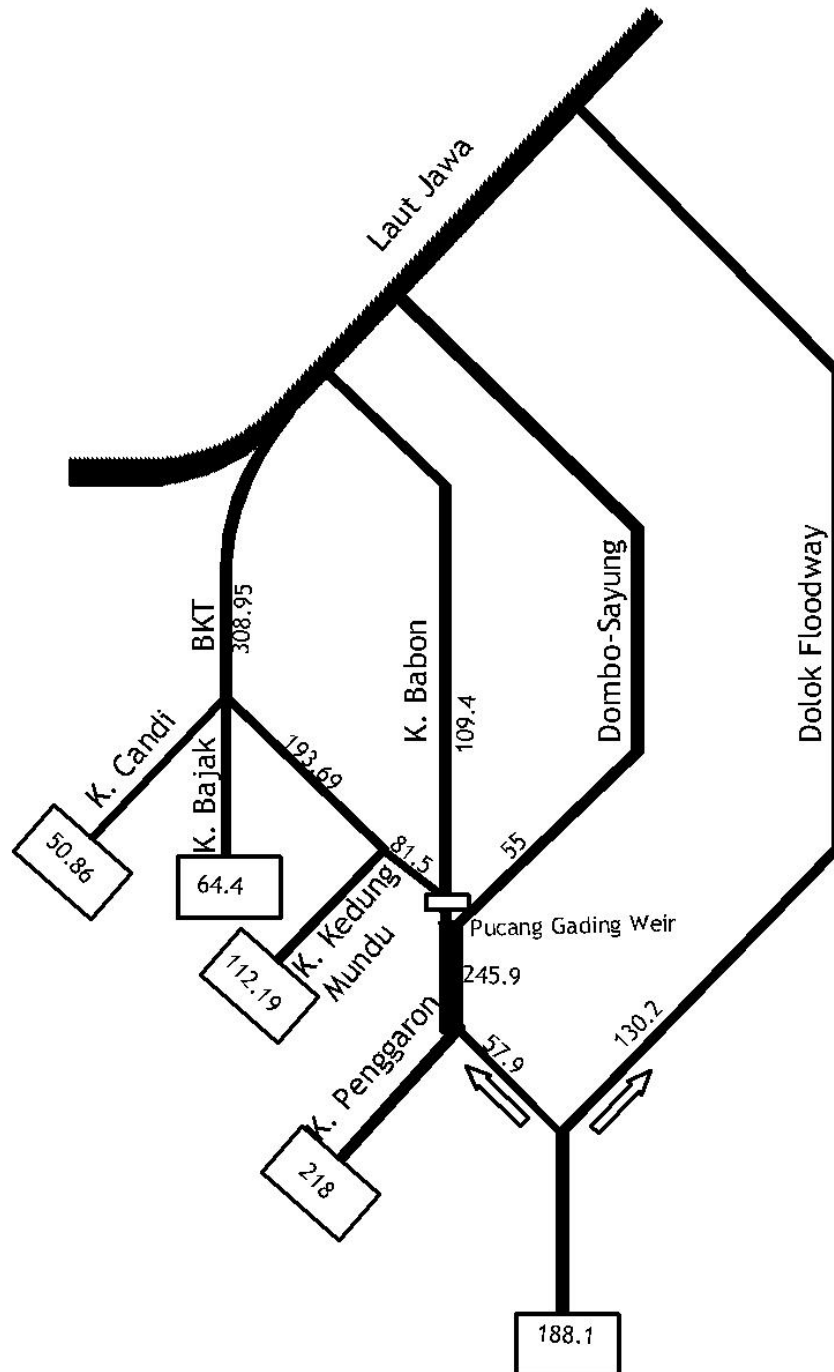
Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_5$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu belum beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 4 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,7 m. Debit dari K. Dombo Sayung dibuang ke K. Babon sebanyak  $33 \text{ m}^3/\text{det}$ .



Gambar 5.5 Alternatif 1 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_5$  Tanpa Reservoir

- Alternatif 2

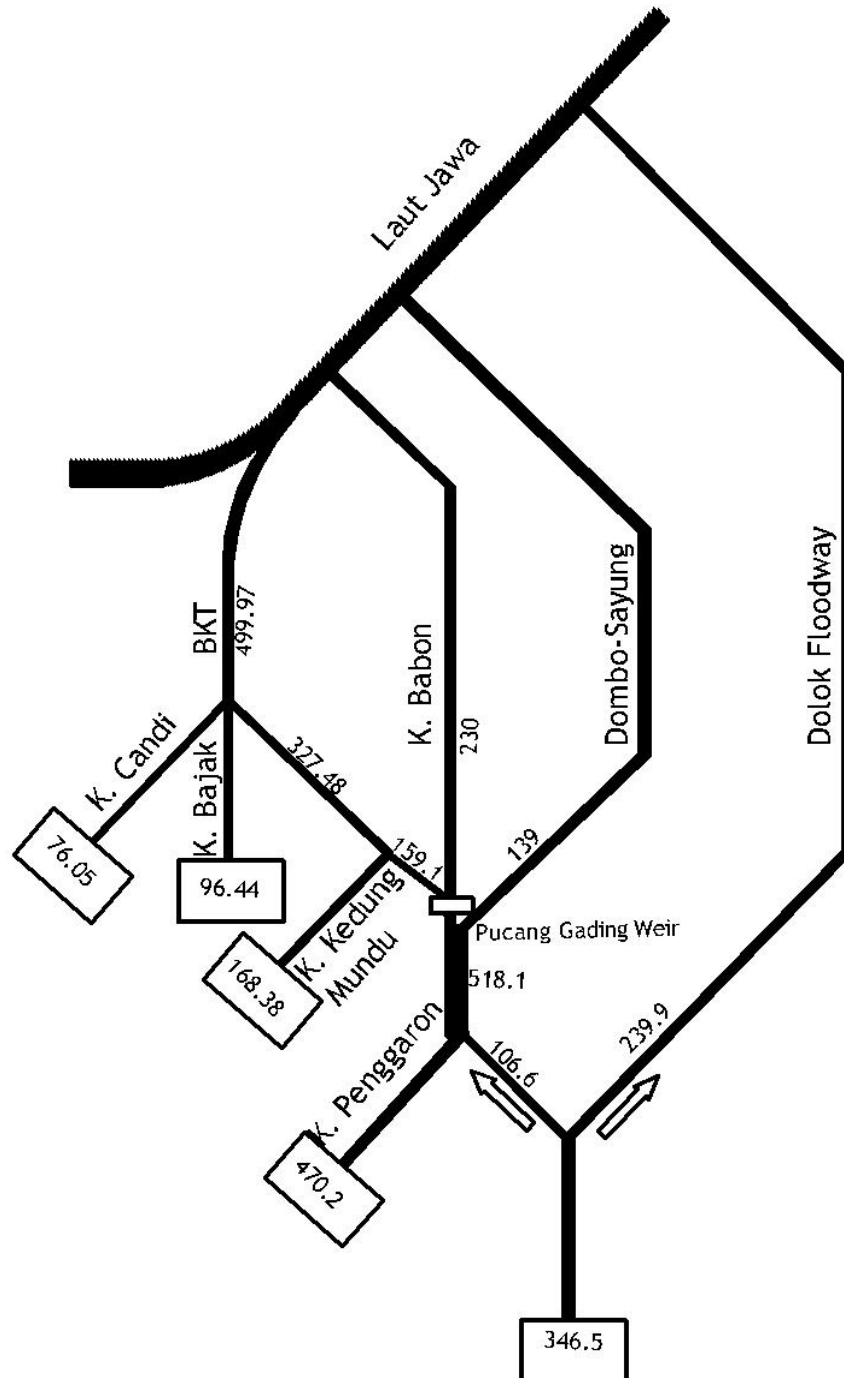
Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_5$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu sudah beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 3 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,49 m. Debit dari K. Dombu Sayung dibuang ke K. Babon sebanyak  $27 \text{ m}^3/\text{det}$ .



Gambar 5.6 Alternatif 2 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_5$  dengan Reservoir

- Alternatif 3

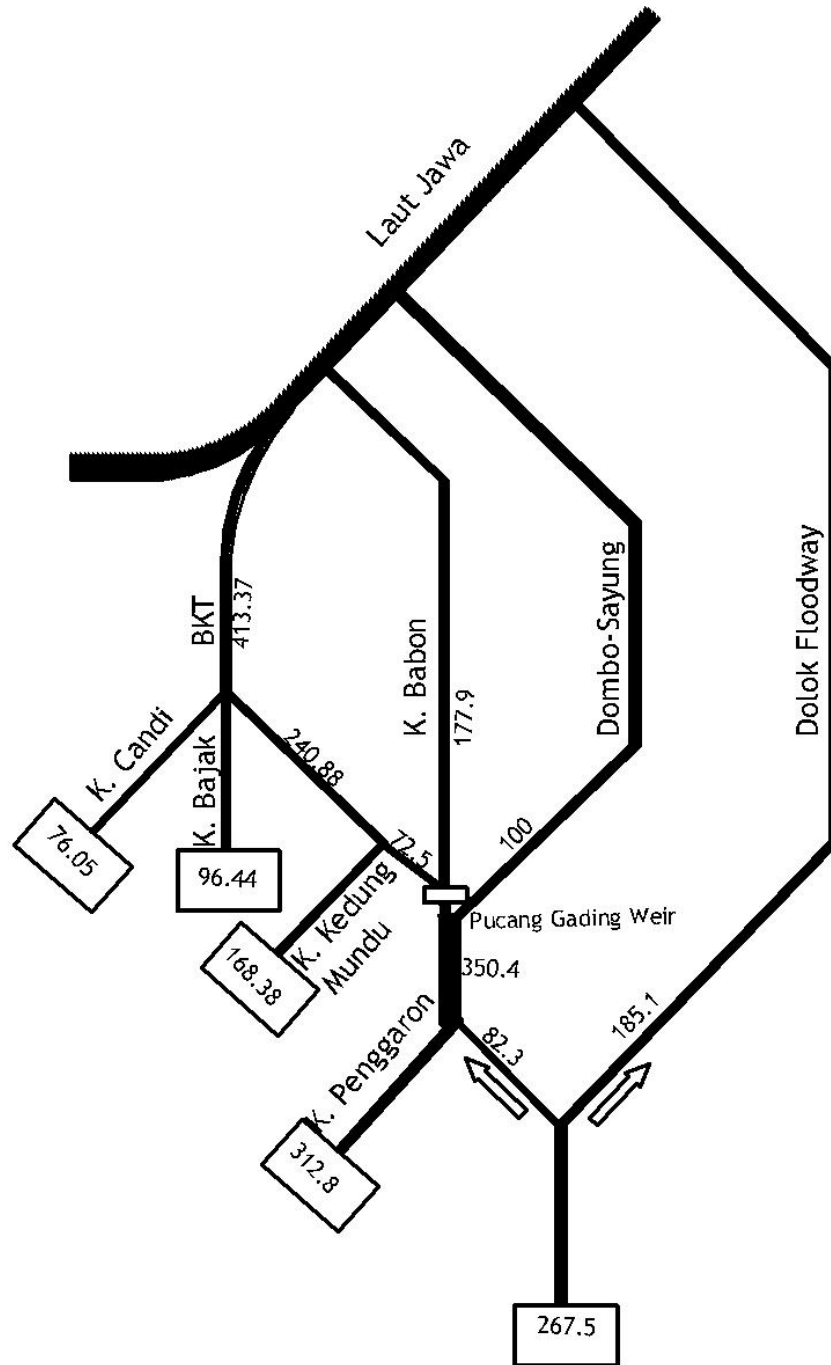
Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_{25}$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu belum beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 4 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,85 m. Debit dari K. Dombo Sayung dibuang ke K. Babon sebanyak  $30 \text{ m}^3/\text{det}$ .



Gambar 5.7 Alternatif 3 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_{25}$  Tanpa Reservoir

- Alternatif 4

Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_{25}$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu sudah beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 3 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,2 m. Debit dari K. Dombu Sayung dibuang ke K. Babon sebanyak  $36 \text{ m}^3/\text{det}$ .



Gambar 5.8 Alternatif 4 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_{25}$  dengan Reservoir

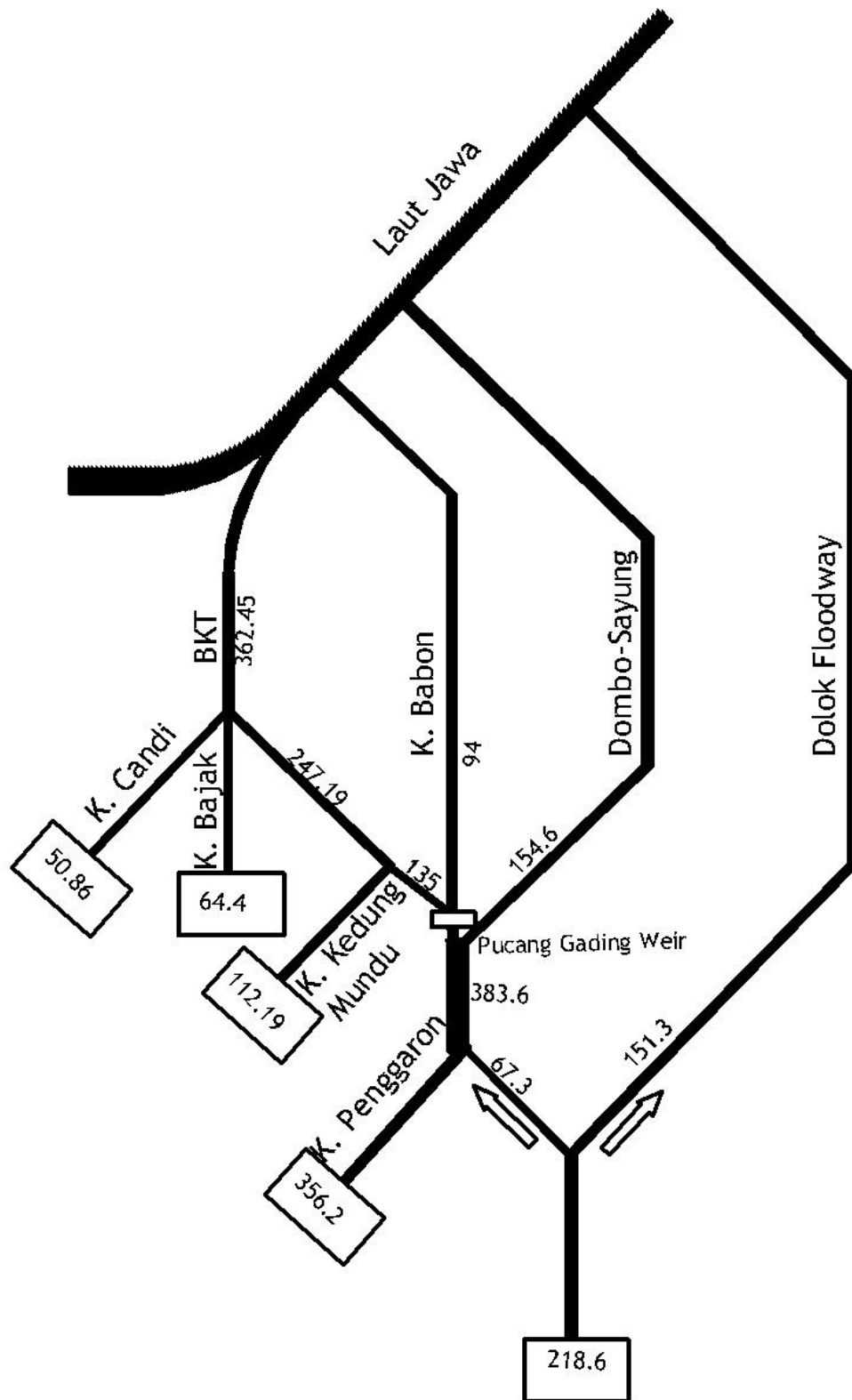
Pada simulasi model seperti **gambar 5.5 - 5.8** dapat diketahui bahwa debit yang mengalir ke K.Babon bertambah sebesar 25 - 40 m<sup>3</sup>/det. Ini mengakibatkan jumlah sta atau daerah yang mengalami banjir di sepanjang K.Babon bertambah pula. Sedangkan di musim kemarau air mengalir dengan jumlah yang sama di K.Babon dan K.Dombo Sayung, karena elevasi mercu di kedua kali sama.

### 3. Simulasi Model dengan Merendahkan Mercu Bendung Dombo Sayung

Simulasi Model dengan meninggikan mercu Bendung Dombo Sayung dirasakan kurang efektif untuk pengoptimasian, sehingga dibuat simulasi model dengan merendahkan mercu Bendung Dombo Sayung dari 21,92 m menjadi 20,92 m. Kemudian dilakukan pembagian debit yang sama seperti simulasi model pada kondisi eksisting. Sehingga diperoleh hasil bahwa elevasi air di hulu Bendung Dombo Sayung semakin rendah, maka dilakukan penambahan debit yang mengalir ke K.Dombo Sayung sehingga elevasi di hulu mercu Bendung Dombo Sayung sama dengan hulu Bendung Babon. K.Dombo Sayung memperoleh tambahan debit dari K.Babon. Pembagian debit dapat dilihat pada **gambar 5.9 - 5.12**.

- Alternatif 1

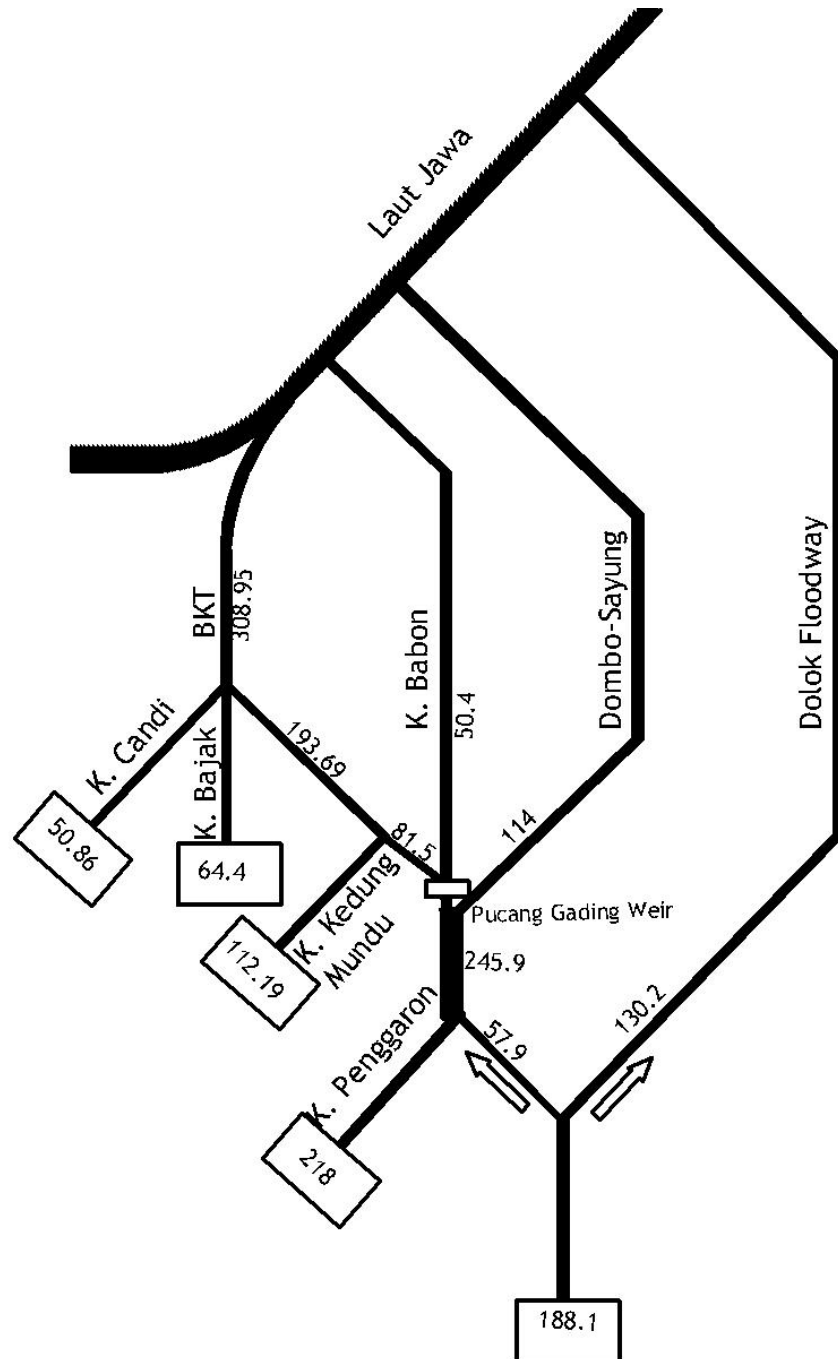
Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir Q<sub>5</sub> tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu belum beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 4 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,9 m. Debit dari K.Babon dibuang ke K.Dombo Sayung sebanyak 30,6 m<sup>3</sup>/det.



Gambar 5.9 Alternatif 1 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_5$  Tanpa Reservoir

- Alternatif 2

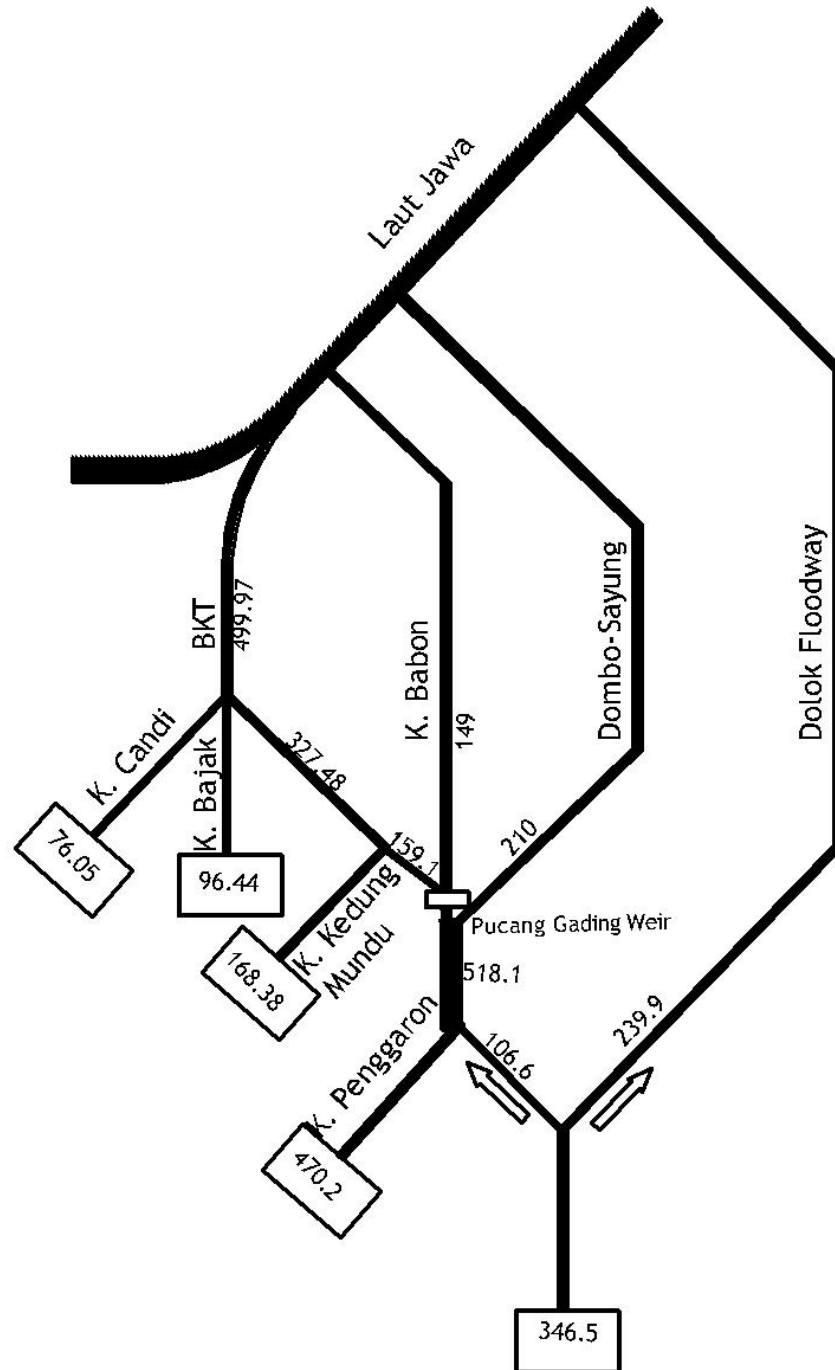
Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_5$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu sudah beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 3 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,7 m. Debit dari K. Babon dibuang ke K. Dombo Sayung sebanyak  $32 \text{ m}^3/\text{det}$ .



Gambar 5.10 Alternatif 2 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_5$  dengan Reservoir

- Alternatif 3

Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_{25}$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu belum beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 4 pintu dengan tinggi bukaan pintu 2,03 m. Debit dari K. Babon dibuang ke K. Dombo Sayung sebanyak  $41 \text{ m}^3/\text{det}$ .

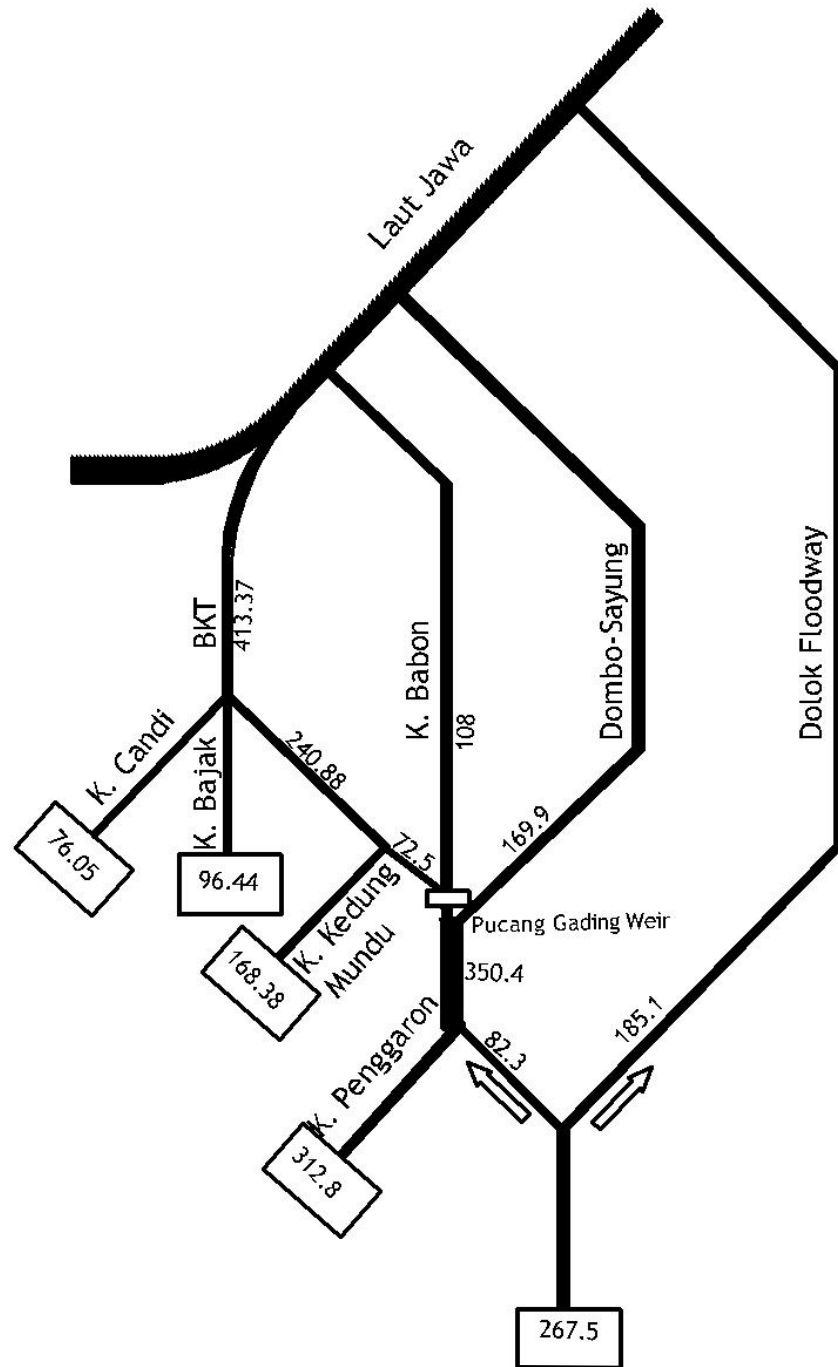


Gambar 5.11 Alternatif 3 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_{25}$  Tanpa Reservoir



- Alternatif 4

Simulasi model dengan menggunakan data debit banjir  $Q_{25}$  tahun dengan kondisi waduk dan embung rencana di hulu sudah beroperasi. Pintu bendung BKT yang terbuka sebanyak 3 pintu dengan tinggi bukaan pintu 1,33 m. Debit dari K. Babon dibuang ke K. Dombo Sayung sebanyak 33,9  $m^3/det$ .



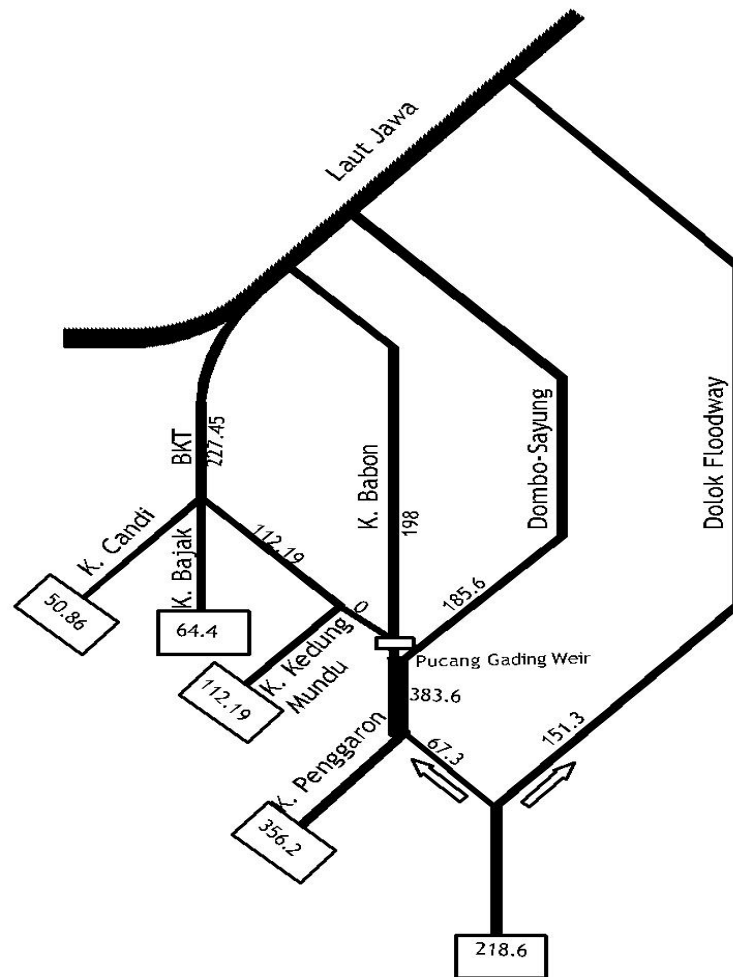
Gambar 5.12 Alternatif 4 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_{25}$  dengan Reservoir

Simulasi model seperti **gambar 5.9 - 5.12** dapat diketahui bahwa debit yang mengalir ke K.Babon berkurang sebesar 30 - 40 m<sup>3</sup>/det. Ini mengakibatkan jumlah sta atau daerah yang mengalami banjir di sepanjang K.Babon berkurang pula. Namun, karena elevasi mercu di K.Dombo Sayung diturunkan maka air banyak mengalir ke K.Dombo Sayung dibanding ke K.Babon pada saat musim kemarau.

#### 4. Simulasi Model Kondisi Eksisting dengan Penambahan Pintu di K.Dombo Sayung

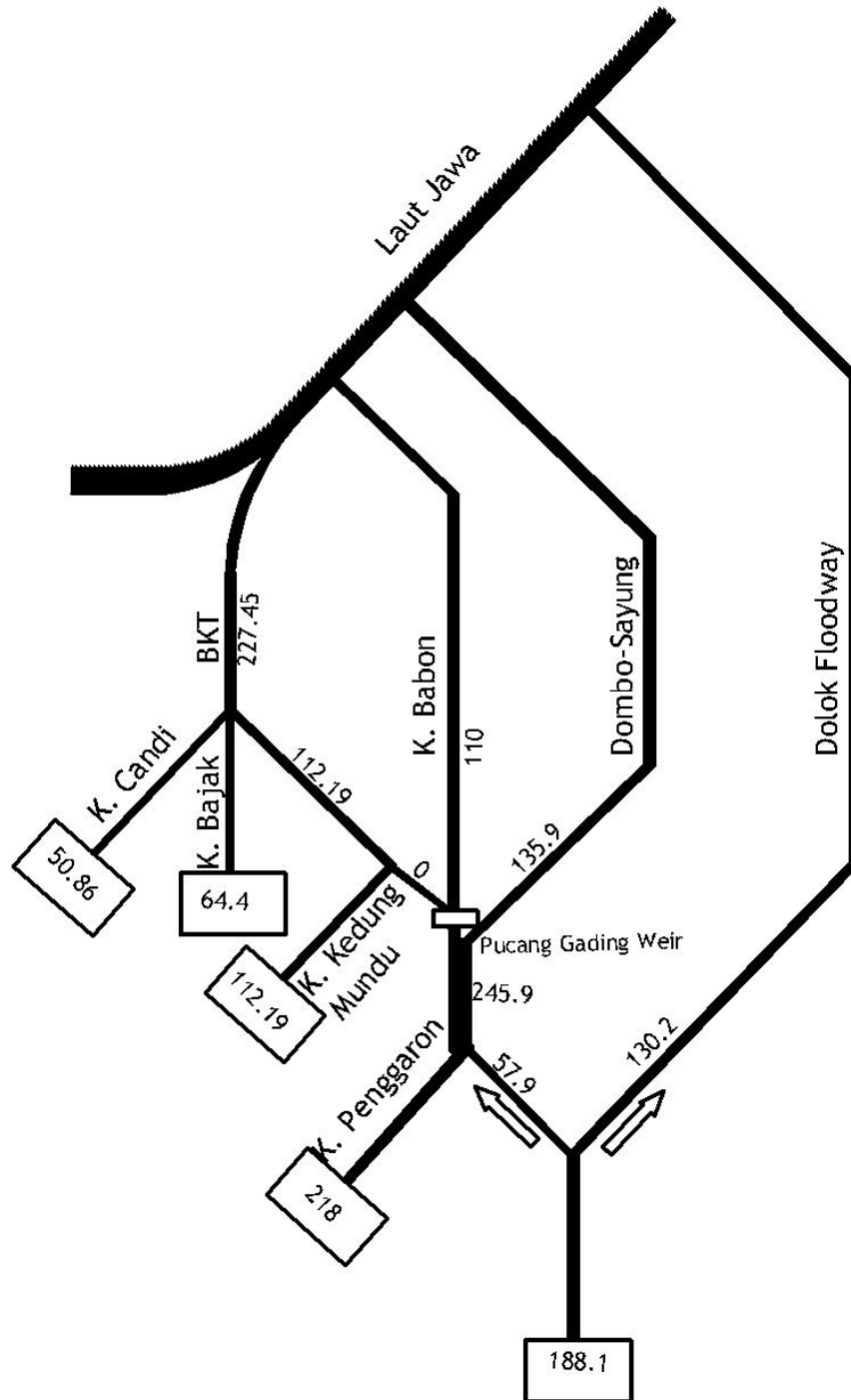
Dengan penambahan pintu pada konstruksi bendung di K.Dombo Sayung, diharapkan menjadi solusi pengelolaan sumber daya air di musim kemarau dan musim hujan (banjir). Simulasi ini dijalankan dengan alternatif-alternatif yang sama dengan simulasi model lainnya namun debit yang mengalir ke BKT dianggap 0 m<sup>3</sup>/det pada musim hujan (bila debit banjir dari hulu besar), hal ini dikarenakan BKT mendapat tambahan debit dari K.Kedung Mundu, K.Bajak dan K.Candi.

- Alternatif 1



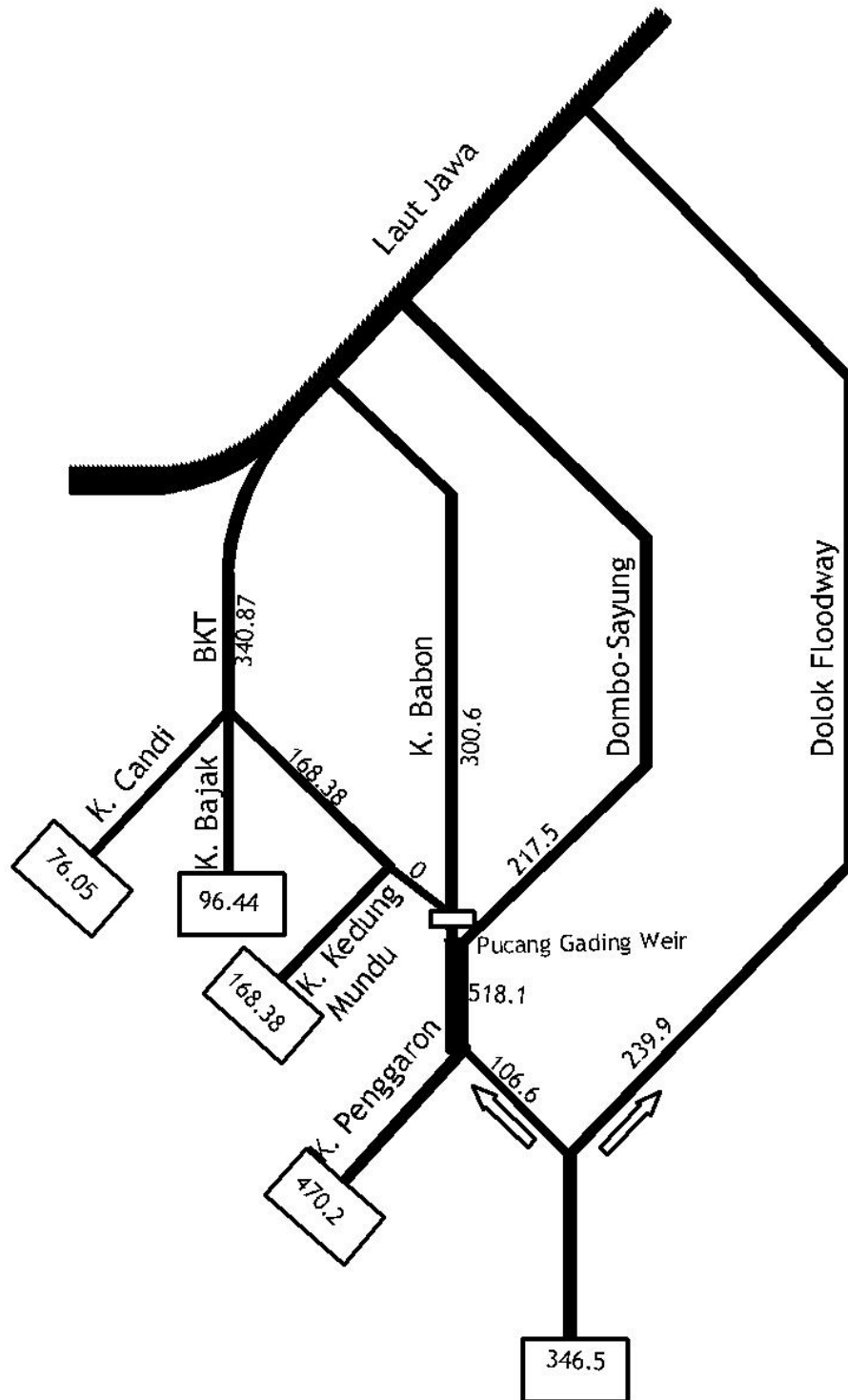
Gambar 5.13 Alternatif 1 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_5$  Tanpa Reservoir

- Alternatif 2



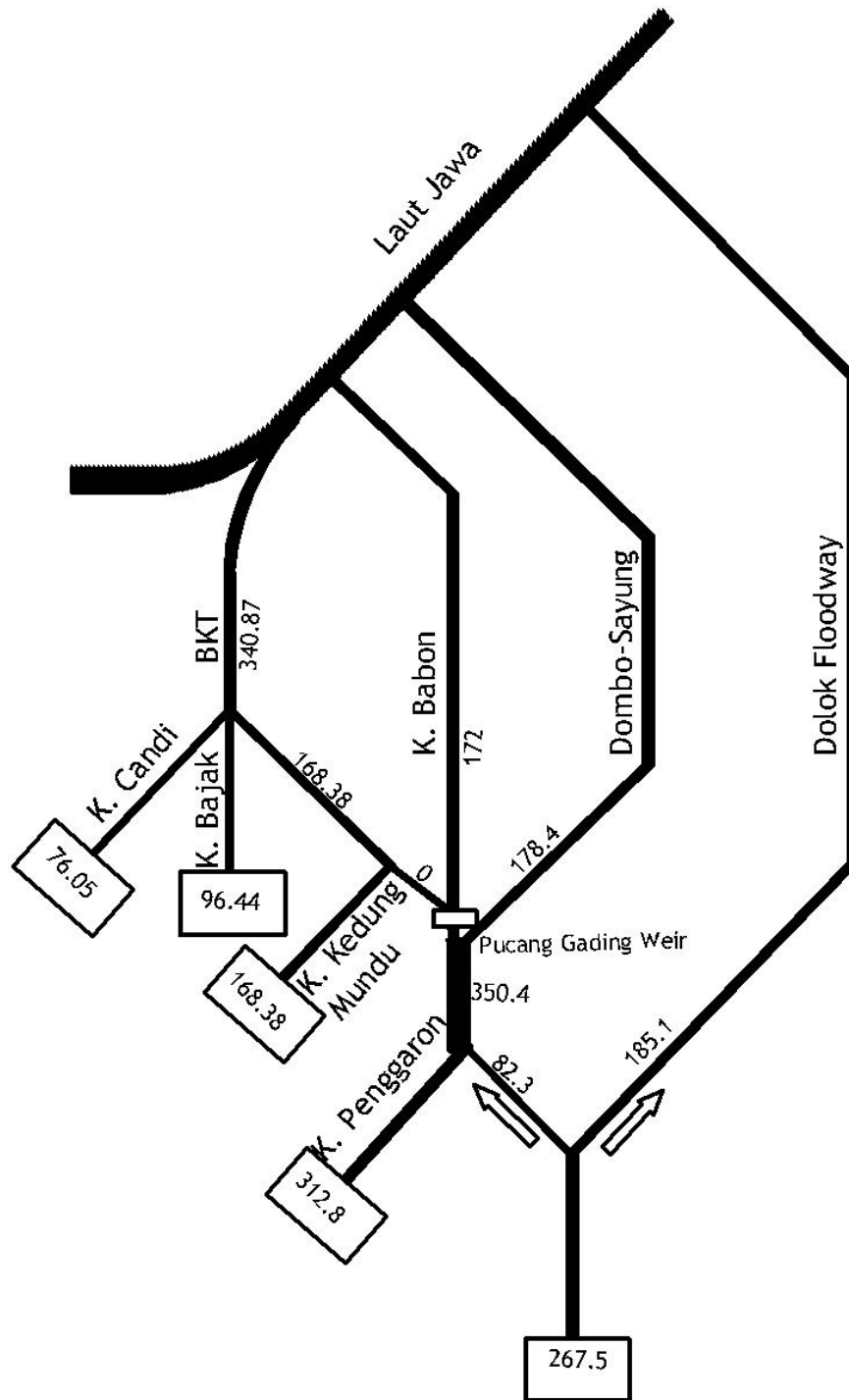
Gambar 5.14 Alternatif 2 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_5$  dengan Reservoir

- Alternatif 3



Gambar 5.15 Alternatif 3 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_{25}$  Tanpa Reservoir

- Alternatif 4



Gambar 5.16 Alternatif 4 Simulasi Model Pembagian Debit dengan  $Q_{25}$  dengan Reservoir

Dengan tidak mengalirkan air ke BKT saat debit banjir maksimum, maka debit yang mengalir ke K.Babon dan K.Dombo Sayung semakin besar. Debit yang mengalir ke K.Dombo Sayung mendekati kapasitas maksimumnya. Sedangkan K.Babon masih terdapat beberapa daerah yang mengalami banjir karena debit yang mengalir lebih besar dari kapasitas sungainya.

Di musim kemarau, K.Babon masih mampu mengalirkan air dan memenuhi kebutuhan air untuk irigasi karena pintu di K.Dombo Sayung ditutup. Sehingga rencana perbaikan bendung K.Dombo Sayung yang paling efektif digunakan simulasi model dengan kondisi eksisting dan penambahan konstruksi pintu pada bendung K.Dombo Sayung.

### 5.3 PERANCANGAN BANGUNAN PEMBUANG DOMBO SAYUNG

Dengan pemodelan HEC-RAS, dipilih simulasi model yang paling efektif kemudian dirancang bangunan pembuang ke Dombo Sayung yang data teknisnya sama seperti bendung eksisting dengan penambahan konstruksi pintu sebagai berikut.

Jenis pintu	: Pintu Baja
Lebar pintu	: 2,975 m
Tinggi pintu	: 2,5 m
Jumlah pintu	: 4 buah
Elevasi dasar pintu	: 21,92 m
Lebar pilar	: 1,6 m

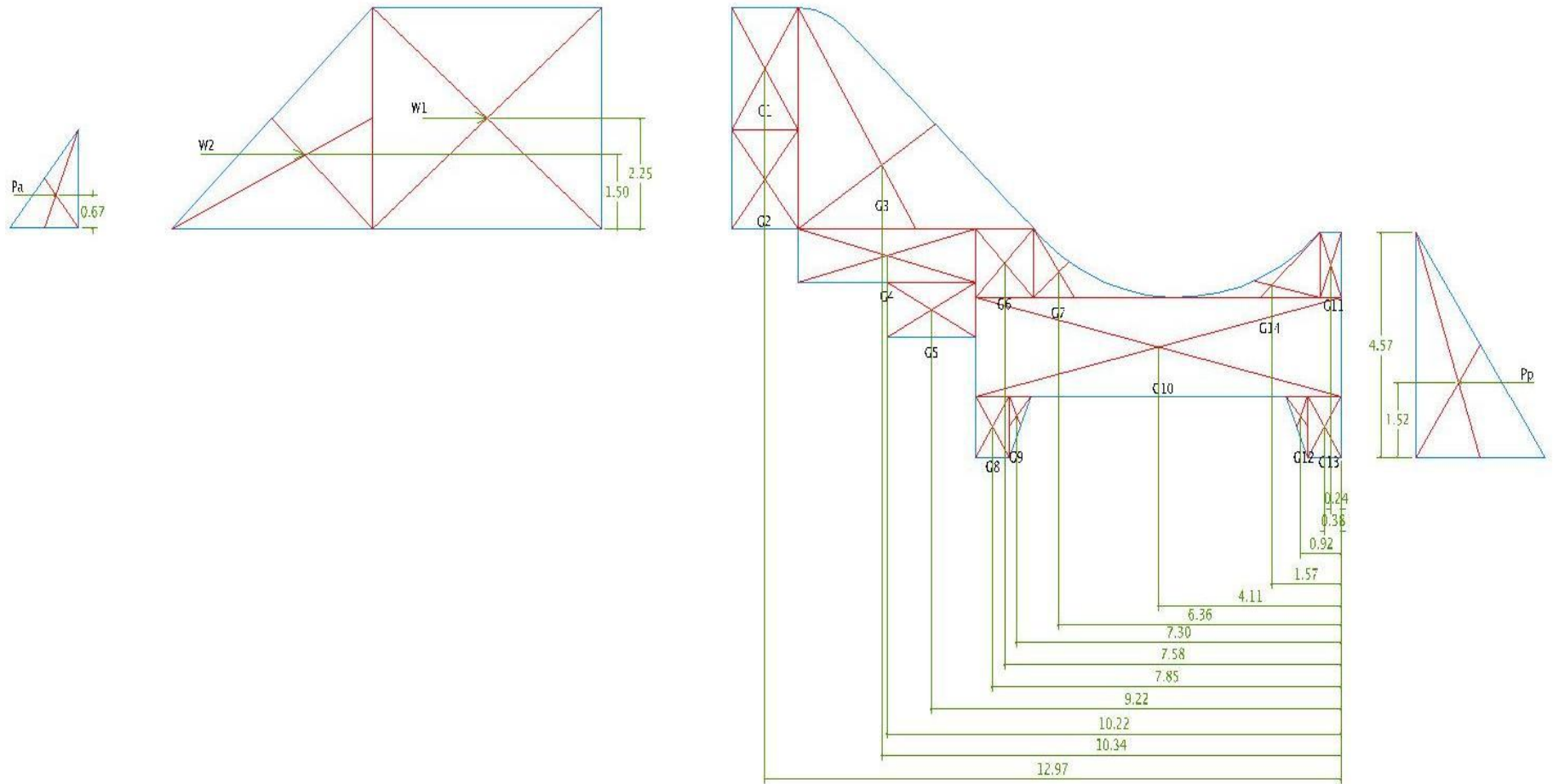
### 5.4 PERHITUNGAN STABILITAS STRUKTUR

Stabilitas struktur dihitung dalam kondisi paling maksimum, yaitu ketika terjadi banjir, muka air di hulu setinggi kapasitas maksimum, sedangkan tinggi muka air di hilir = 0. Beda tinggi muka air hulu dan hilir dalam kondisi ini adalah 11,3 m. Dengan perhitungan kondisi paling maksimum ini, maka stabilitas struktur dalam kondisi air normal tidak dihitung karena dianggap kondisinya lebih aman dari pada ketika terjadi banjir.

Ada beberapa gaya yang harus di hitung untuk mengetahui stabilitas struktur, antara lain :

- a. Gaya Vertikal, antara lain :
  - Berat Sendiri Bendung
  - Gaya Angkat (*Up-lift*)
- b. Gaya Horisontal, antara lain :
  - Gaya Gempa
  - Tekanan Tanah Pasif dan Aktif
  - Gaya Hidrostatik

### 5.4.1 Perhitungan Stabilitas Struktur Bendung



Gambar 5.17 Skema Gaya Bendung

### 5.4.1.1 Berat Sendiri Bendung

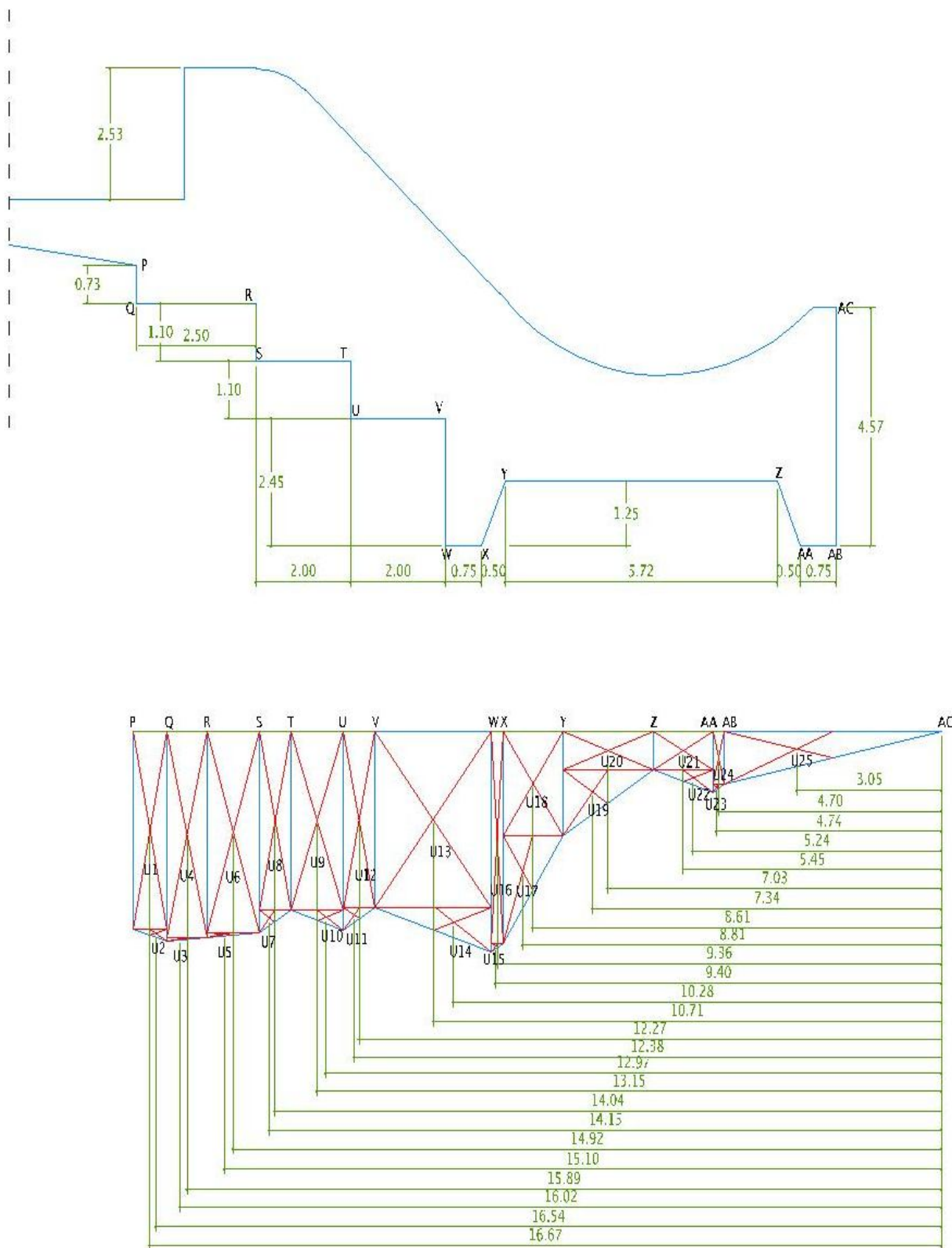
$\gamma$  beton bertulang = 2,2 T/m<sup>2</sup>

$\gamma$  baja = 7.85 T/m<sup>2</sup>

**Tabel 5.4 Perhitungan Berat Sendiri Bendung**

pot	volume (m <sup>3</sup> )	G = vol * $\gamma$ ( ton)	lengan (m)	momen = G * lengan (ton*m)
G1	3.75	8.25	12.97	107.00
G2	3.00	6.60	12.97	85.60
G3	13.13	28.89	10.34	298.68
G4	4.40	9.68	10.22	98.93
G5	2.20	4.84	9.22	44.62
G6	1.80	3.96	7.58	30.02
G7	2.28	5.02	6.36	31.90
G8	0.94	2.07	7.85	16.23
G9	0.31	0.68	7.30	4.98
G10	16.44	36.17	4.11	148.65
G11	0.64	1.41	0.24	0.34
G12	0.31	0.68	0.92	0.63
G13	0.94	2.07	0.38	0.79
G14	2.10	4.62	1.57	7.25
	<b>Jumlah</b>	<b>114.93</b>		<b>875.63</b>





Gambar 5.18 Skema Gaya Tekan ke Atas Pada Bendung

### 5.4.1.2 Gaya Angkat (*Up-lift*)

$$\text{Rumus} : U_x = H_x - (\Delta H / \Sigma L) * L_x$$

di mana :  $U_x$  = *uplift pressure* titik X (T/m<sup>2</sup>)

$L_x$  = panjang *creep line* sampai titik X (m)

$\Sigma L$  = jumlah panjang *creep line* (m)

$\Delta H$  = beda tinggi energi (m)

$H_x$  = tinggi energi di hulu bendung (m)

Data-data :  $\Delta H = 11.13$  m

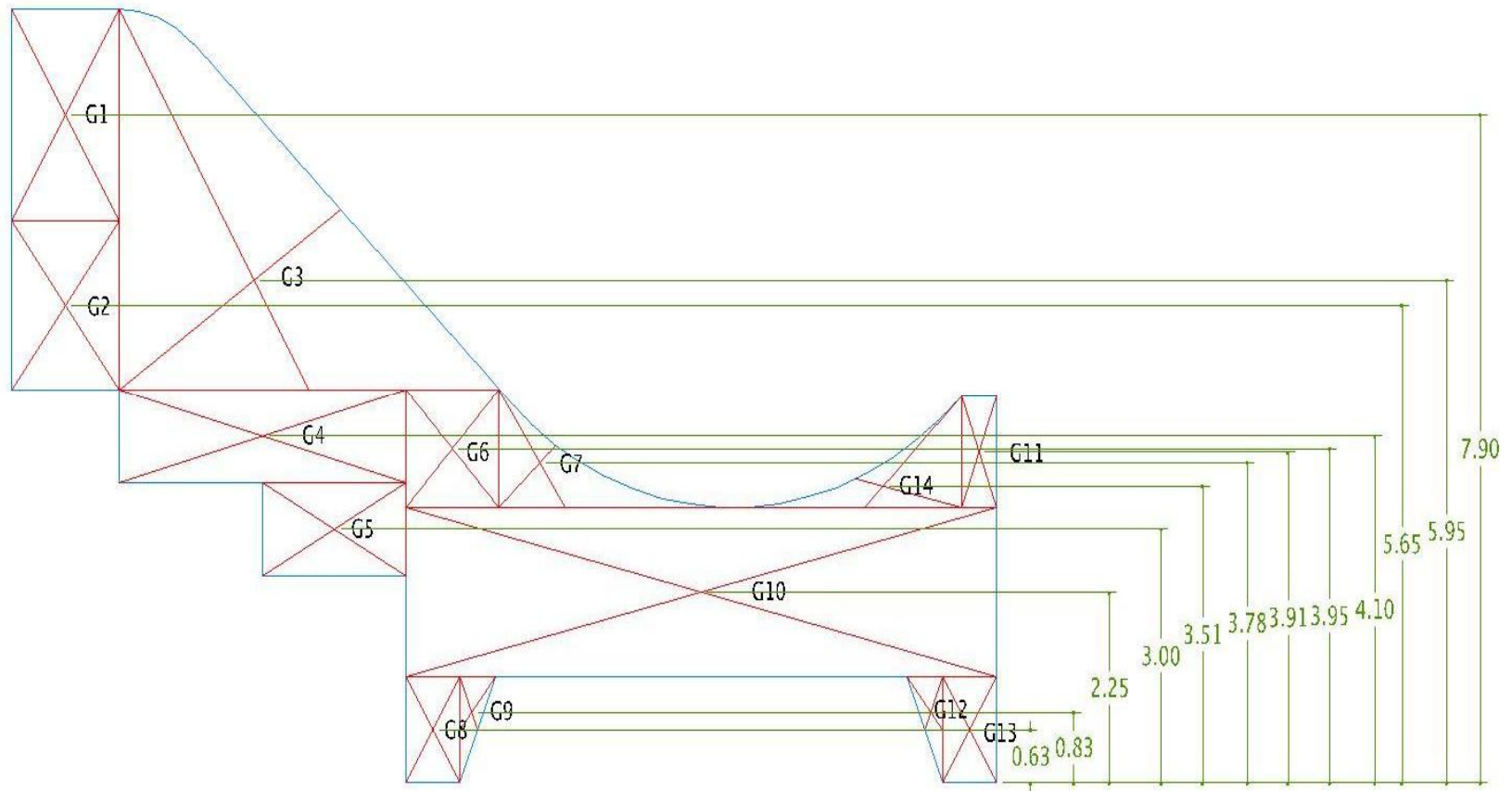
$\Sigma L = 17.02$  m

**Tabel 5.5 Perhitungan Gaya Tekan Ke Atas Pada Bendung**

Titik	Garis	Panjang Garis				$H = \Delta H * (L_x / \Sigma L)$	$H_x$	$P_x = H_x - H$
		V	H	1/3H	$L_x$			
P					0.00	0.00	3.78	3.78
	P-Q	0.73						
Q					0.73	0.48	4.51	4.03
	Q-R		2.5	0.83				
R					1.56	1.02	4.51	3.49
	R-S	1.1						
S					2.66	1.74	5.61	3.87
	S-T		2	0.67				
T					3.33	2.18	5.61	3.43
	T-U	1.1						
U					4.43	2.90	6.71	3.81
	U-V		2	0.67				
V					5.10	3.33	6.71	3.38
	V-W	2.45						
W					7.55	4.93	9.16	4.23
	W-X		0.75	0.25				
X					7.80	5.10	9.16	4.06
	X-Y	1.25						
Y					9.05	5.91	7.91	2.00
	Y-Z		5.72	1.91				
Z					10.95	7.16	7.91	0.75
	Z-AA	1.25						
AA					12.20	7.98	9.16	1.18
	AA-AB		0.75	0.25				
AB					12.45	8.14	9.16	1.02
	AB-AC	4.57						
AC					17.02	11.13	4.59	-6.54
<b>JUMLAH</b>		<b>12.45</b>	<b>13.72</b>			<b>62.005</b>	<b>94.49</b>	<b>32.485</b>

Tabel 5.6 Momen Akibat Gaya Tekan ke Atas

Gaya	Gaya Vertikal (ton)	Lengan (m)	Momen Vertikal (ton*m)
U1	2.76	16.67	46.01
U2	0.09	16.54	1.49
U3	3.27	16.02	52.39
U4	0.04	15.89	0.64
U5	0.04	15.10	0.60
U6	4.26	14.92	63.56
U7	0.15	14.15	2.12
U8	2.30	14.04	32.29
U9	3.77	13.15	49.58
U10	0.21	12.97	2.72
U11	0.14	12.38	1.73
U12	2.26	12.27	27.73
U13	8.28	10.71	88.68
U14	1.04	10.28	10.69
U15	0.02	9.40	0.19
U16	1.02	9.36	9.55
U17	1.29	8.81	11.36
U18	2.50	8.61	21.53
U19	1.19	7.34	8.73
U20	1.40	7.03	9.84
U21	0.94	5.45	5.12
U22	0.27	5.24	1.41
U23	0.02	4.74	0.09
U24	0.26	4.70	1.22
U25	2.30	3.05	7.02
<b>Jumlah</b>	<b>39.82</b>		<b>456.30</b>



Gambar 5.19 Skema Gaya Gempa Pada Bendung

### 5.4.1.3 Gaya Gempa

Perhitungan faktor gempa menggunakan dua cara yaitu:

#### Cara I

Menggunakan Rumus:

$$a_d = n(a_c \cdot z)^m$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

(Standar Perencanaan Irigasi KP-06)

dimana,

$a_d$  = percepatan gempa rencana (cm/dt<sup>2</sup>)

$n, m$  = koefisien untuk masing-masing jenis tanah

$a_c$  = percepatan kejut dasar (cm/dt<sup>2</sup>)

$z$  = faktor yang tergantung dari letak geografis (dapat dilihat pada "Pete Zona Seismik untuk Perencanaan Bangunan Air Tahan Gempa" di lampiran)

$E$  = koefisien gempa

$g$  = percepatan gravitasi = 9,81 m/dt<sup>2</sup>

Besarnya :  $a_d = n(a_c \cdot z)^m$

$$a_d = 1,56(85 \times 1,00)^{0,89} = 81,341 \text{ cm/dt}^2$$

$$E = \frac{a_d}{g} = \frac{81,341}{981} = 0,083 \approx 0,1$$

#### Cara II

Dihitung dengan menggunakan Rumus:

$$a_d = z \cdot V \cdot x \cdot a_c$$

$$k = \frac{a_d}{g}$$

(Pusat Litbang Teknologi Sumber Daya Air)

dimana,

$a_d$  = percepatan gempa permukaan terkoreksi (cm/dt<sup>2</sup>)

$V$  = faktor koreksi pengaruh jenis tanah setempat

$Z$  = koefisien zona gempa (dapat dilihat pada "Peta Zona Gempa Indonesia" di lampiran)

$g$  = percepatan gravitasi = 9,81 m/dt<sup>2</sup>

$k$  = koefisien gempa

Besarnya :  $a_d = z \cdot V \cdot x \cdot a_c$

$$a_d = 0,6 \times 1,2 \times 120 = 86,4 \text{ cm/dt}^2$$

$$k = \frac{a_d}{g} = \frac{86,4}{981} = 0,088 \approx 0,1$$

Dari kedua cara terdapat hasil yang sama yaitu 0,1. Maka koefisien gempa yang digunakan adalah 0,1.

Tabel 5.7 Gaya Gempa Pada Bendung

pot	berat bangunan G (ton)	He = E*G	lengan (m)	momen = He * lengan (ton*m)
G1	8.25	0.83	7.90	6.52
G2	6.60	0.66	5.65	3.73
G3	28.89	2.89	5.95	17.19
G4	9.68	0.97	4.10	3.97
G5	4.84	0.48	3.00	1.45
G6	3.96	0.40	3.95	1.56
G7	5.02	0.50	3.78	1.90
G8	2.07	0.21	0.63	0.13
G9	0.68	0.07	0.83	0.06
G10	36.17	3.62	2.25	8.14
G11	1.41	0.14	3.91	0.55
G12	0.68	0.07	0.83	0.06
G13	2.07	0.21	0.63	0.13
G14	4.62	0.46	3.51	1.62
	<b>Jumlah</b>	<b>11.49</b>		<b>47.00</b>

#### 5.4.1.4 Gaya Akibat Tekanan Tanah

Berdasarkan data dari penyelidikan tanah di hasilkan parameter tanah berupa :

- $\emptyset$  =  $13.6^\circ$
- $\gamma_{air}$  =  $1,0 \text{ T/m}^3$
- $\gamma_{tnh \text{ bsh}}$  =  $1,75 \text{ T/m}^3$
- C =  $2,3 \text{ T/m}^2$

Gaya akibat tekanan tanah ada dua macam :

##### 1. Tekanan Tanah Aktif

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot K_a \cdot H^2$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\emptyset}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\emptyset}{2} \right) = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{13.6}{2} \right) = 0.62$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma_{tnh \text{ bsh}} \cdot K_a \cdot H_2^2 = \frac{1}{2} \times 1,75 \times 0,62 \times 2,0^2 = 2,17 \text{ T /m}^2$$

Tabel 5.8 Gaya Akibat Tekanan Tanah

gaya	gaya horizontal (ton)	lengan (m)	momen vertikal
$P_a$	2.17	0.67	1.45
<b>Jumlah</b>	<b>2.17</b>		<b>1.45</b>

**5.4.1.5 Gaya Hidrostatik**

Tekanan hidrostatik =  $\gamma_{air} \cdot H$

$\gamma_{air} = 1 \text{ T / m}^3$

**Tabel 5.9 Gaya Hidrostatik**

gaya	gaya horizontal (ton)	lengan (m)	momen vertikal
W1	23.19	2.25	52.18
W2	10.13	1.5	15.20
<b>JUMLAH</b>	<b>33.32</b>		<b>67.37</b>

**5.4.1.6 Rekapitulasi Perhitungan Gaya-gaya yang Bekerja**

**Tabel 5.10 Perhitungan Gaya-gaya yang Bekerja Pada Bendung**

No.	Jenis Gaya	Gaya		Momen	
		V (ton)	H (ton)	V (ton*m)	H (ton*m)
1	Berat Sendiri	-114.93		-875.63	
2	Gempa		11.49		47.00
3	Uplift Pressure	39.82		456.30	
4	Hidrostatik		33.32		67.37
5	Tekanan Tanah		2.17		1.45
	<b>Jumlah</b>	<b>-75.11</b>	<b>46.98</b>	<b>-419.33</b>	<b>115.82</b>

**5.4.1.7 Stabilitas Bendung**

Stabilitas di analisa terhadap :

**1. Guling**

$$Sf = \frac{\sum M_v}{\sum M_h} \geq 1.2$$

$$Sf = \frac{419.33}{115.82} = 3.62 \geq 1.2 \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

**2. Geser**

$$Sf = \frac{\sum R_v}{\sum R_h} f \geq 1.2 ; \text{ nilai } f = 0.85$$

$$Sf = \frac{75.11}{46.98} \times 0.75 = 1.2 \geq 1.2 \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

**3. Eksentrisitas**

$$l = 14.72\text{m}$$

$$a = \frac{\sum M_v - \sum M_h}{\sum R_v} = \frac{419.33 - 115.82}{75.11} = 4.04 \text{ m}$$

$$e = (l/2 - a) < l/3$$

$$e = (14.72/2 - 4.04) = 3.32 < 14.72/3 = 4.9 \dots\dots\dots \text{(Aman)}$$

#### 4. Keamanan terhadap tekanan tanah

$$\sigma = \frac{2xR_v}{3xl\left(\frac{l}{2} - e\right)}$$

$$\sigma_1 = \frac{2x75.11}{3x14.72\left(\frac{14.72}{2} - 1.82\right)} = 0.61 \text{ T/m}^2$$

Tegangan ijin tanah :

$$\Phi = 13.6^\circ$$

Dari tabel Faktor Daya Dukung Terzaghi diperoleh :

$$N_c = 14$$

$$N_q = 4,5$$

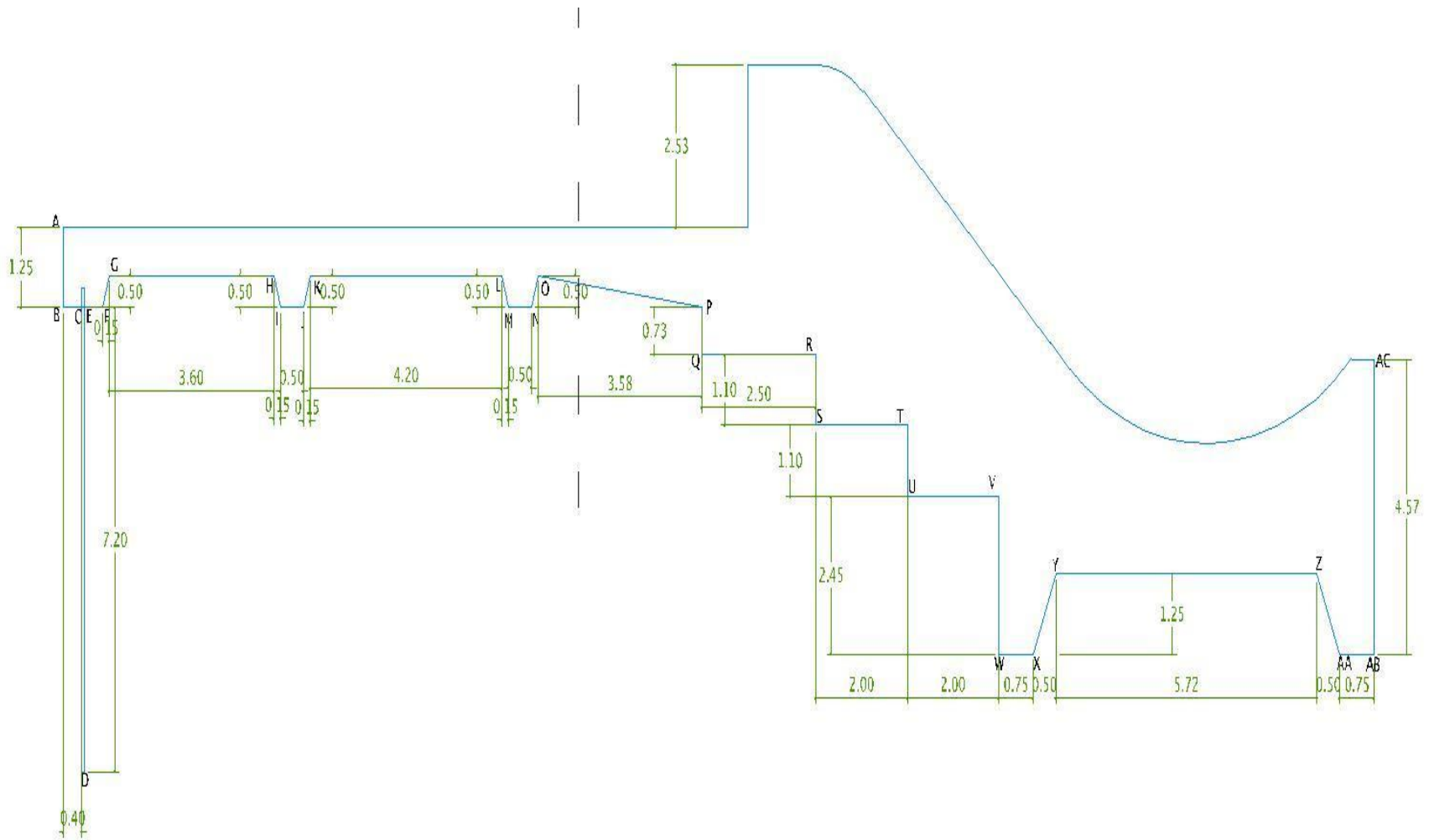
$$N_\gamma = 2,5$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= C \cdot N_c + \gamma t \cdot h \cdot N_q + 0,5 \cdot b \cdot \gamma t \cdot N_\gamma \\ &= 2,3 \cdot 14 + 1,75 \cdot 9,25 \cdot 4,5 + 0,5 \cdot 1 \cdot 1,75 \cdot 2,5 \\ &= 107,23 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{save} &= Q_{ult}/1.5 \\ &= 71.49 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_1 < Q_{save} \dots\dots\dots \text{(Aman)}$$





Gambar 5.20 Panjang Rembesan Pada Bendung

## 5. Keamanan terhadap rembesan

Tabel 5.11 Gaya Tekan ke Atas Sepanjang Jalur Rembesan

Titik	Garis	Panjang Garis				$H=\Delta H*(Lx/\Sigma L)$	Hx	Px=Hx-H
		V	H	1/3H	Lx			
A					0.00	0.00	2.53	2.53
	A-B	1.25						
B					1.25	0.02	3.78	3.76
	B-C		0.4	0.13				
C					1.38	0.02	3.78	3.76
	C-D	7.2						
D					8.58	0.15	10.98	10.83
	D-E	7.2						
E					15.78	0.28	3.78	3.50
	E-F		0.15	0.05				
F					15.83	0.28	3.78	3.50
	F-G	0.5						
G					16.33	0.29	3.28	2.99
	G-H		3.6	1.20				
H					17.53	0.31	3.28	2.97
	H-I	0.5						
I					18.03	0.32	3.78	3.46
	I-J		0.5	0.17				
J					18.20	0.32	3.78	3.46
	J-K	0.5						
K					18.70	0.33	3.28	2.95
	K-L		4.2	1.40				
L					20.10	0.36	3.28	2.92
	L-M	0.5						
M					20.60	0.37	3.78	3.41
	M-N		0.5	0.17				
N					20.77	0.37	3.78	3.41
	N-O	0.5						
O					21.27	0.38	3.28	2.90
	O-P		3.59	1.20				
P					22.46	0.40	3.78	3.38
	P-Q	0.73						
Q					23.19	0.41	4.51	4.10
	Q-R		2.5	0.83				
R					24.03	0.43	4.51	4.08
	R-S	1.1						
S					25.13	0.45	5.61	5.16
	S-T		2	0.67				

Titik	Garis	Panjang Garis				H=ΔH*(Lx/ΣL)	Hx	Px=Hx-H
		V	H	1/3H	Lx			
T					25.79	0.46	5.61	5.15
	T-U	1.1						
U					26.89	0.48	6.71	6.23
	U-V		2	0.67				
V					27.56	0.49	6.71	6.22
	V-W	2.45						
W					30.01	0.54	9.16	8.62
	W-X		0.75	0.25				
X					30.26	0.54	9.16	8.62
	X-Y	1.25						
Y					31.51	0.56	7.91	7.35
	Y-Z		5.72	1.91				
Z					33.42	0.60	7.91	7.31
	Z-AA	1.25						
AA					34.67	0.62	9.16	8.54
	AA-AB		0.75	0.25				
AB					34.92	0.62	9.16	8.54
	AB-AC	4.57						
AC					39.49	0.70	4.59	3.89
<b>JUMLAH</b>		<b>30.6</b>	<b>26.66</b>		<b>623.69</b>	<b>11.13</b>	<b>154.64</b>	<b>143.51</b>

Dari **tabel 1.8** gaya tekan ke atas, diperoleh

Panjang rembesan n :  $L_w = 39.49$  m

Beda tinggi muka air :  $H = 11.3$  m

$\Sigma L_v = 30.6$  m

$\Sigma L_h = 26.66$  m

Syarat aman rembesan :

Dari data tanah pada kedalaman pondasi 10.65, termasuk jenis lempung berlumpur dengan harga minimum angka rembesan Lane = 1.6

$CL > 1.6$  (KP 02, 1986)

$$CL = \frac{\Sigma L_v + \frac{1}{3} \Sigma L_h}{H} = 3.49 > 1.6 \dots\dots\dots (\text{Aman})$$

## 6. Cek Kolam Olak Tipe Bak Tenggelam

$$hc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g}}$$

Dimana :

hc = kedalaman air kritis (m) = 2.5 m

Q = debit maksimum per lebar satuan ( $m^3/det.m$ )

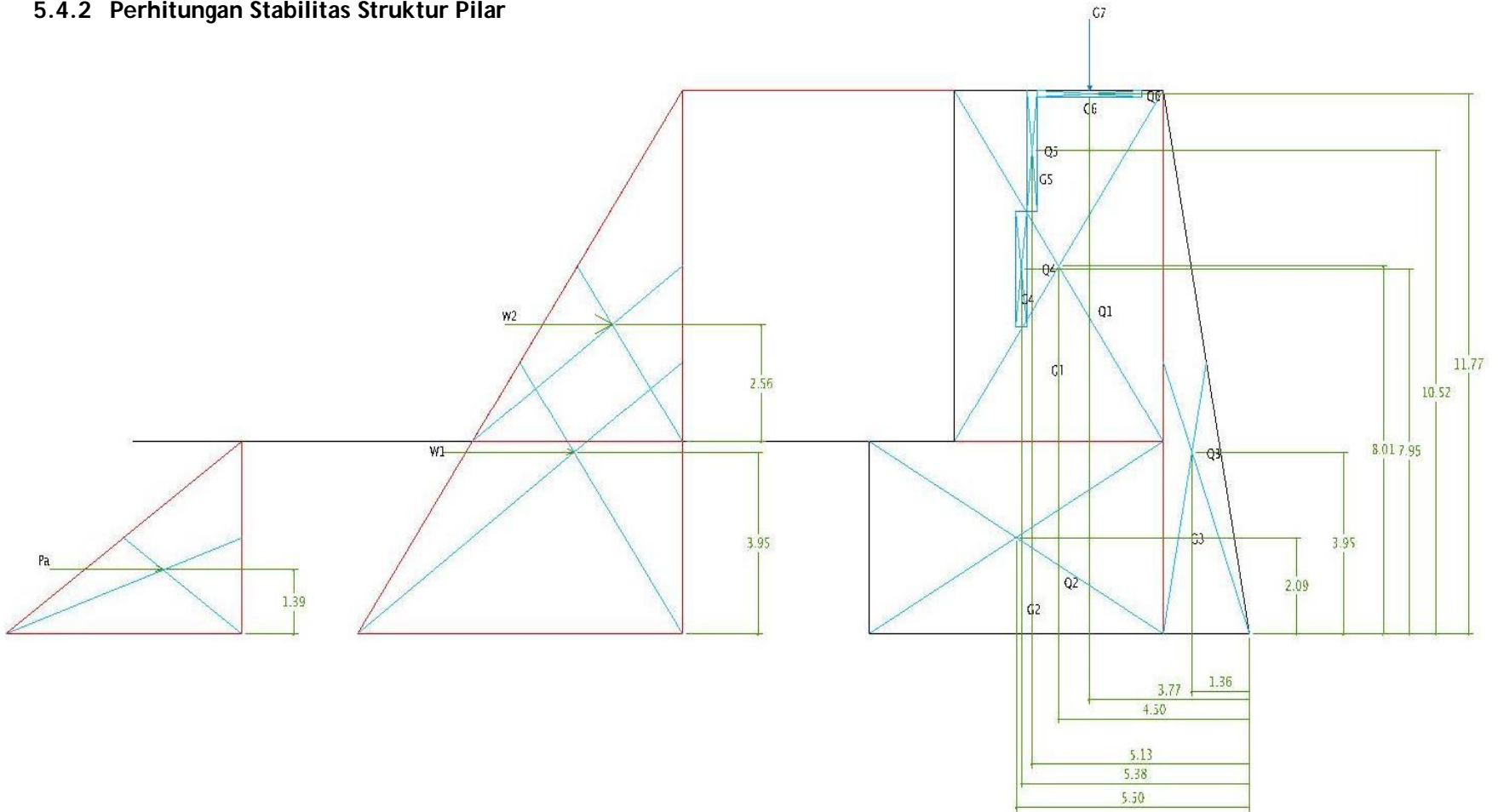
g = percepatan gravitasi ( $m/det^2$ ) = 9.81  $m/det^2$

$$Q = \frac{210.m^3/det}{16.7.m} = 12.57m^3/det.m$$

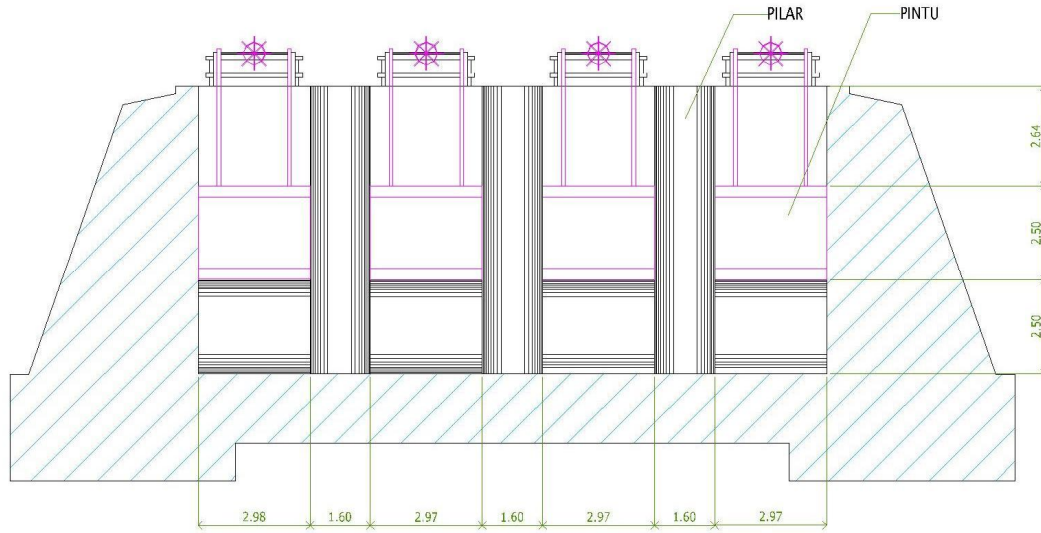
$$hc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g}} = 2.53m$$

Maka kolam olak tipe bak tenggelam sesuai untuk digunakan.

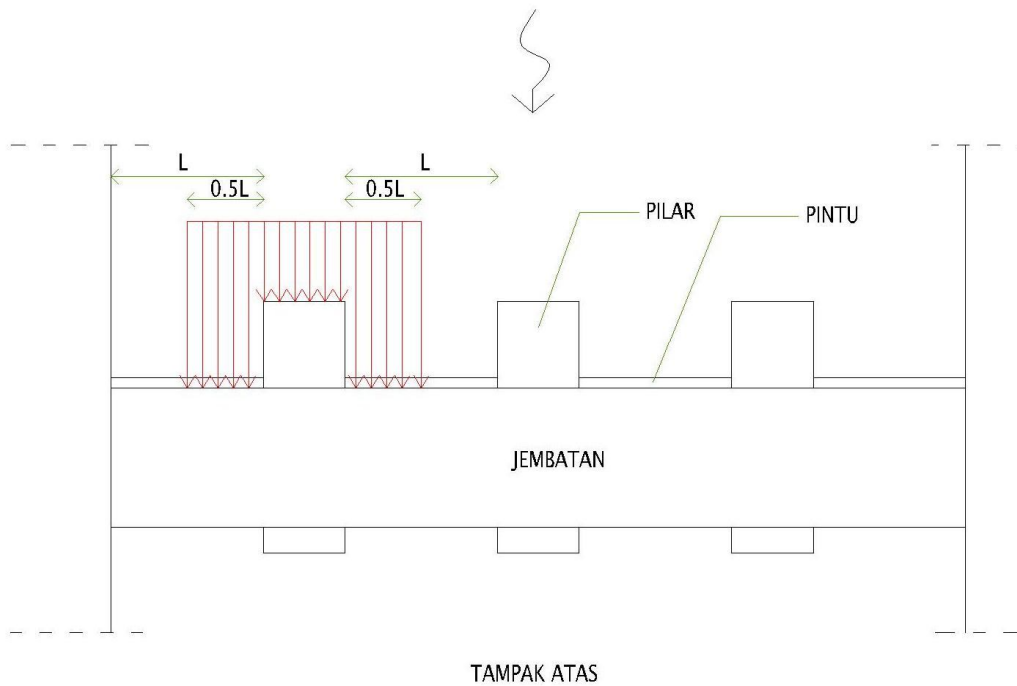
### 5.4.2 Perhitungan Stabilitas Struktur Pilar



Gambar 5.21 Skema Gaya yang Bekerja Pada Pilar



Gambar 5.22 Penempatan Pilar Pada Bendung



Gambar 5.23 Gaya yang Bekerja Pada Satu Pilar

### 5.4.2.1 Berat Sendiri Pilar

$\gamma$  beton bertulang = 2,2 T/m<sup>2</sup>

$\gamma$  baja = 7.85 T/m<sup>2</sup>

Tabel 5.12 Perhitungan Berat Sendiri Pilar

pot	luas (m <sup>2</sup> )	volume (m <sup>3</sup> )	G = vol * $\gamma$ ( ton)	lengan (m)	momen = G * lengan (ton*m)
G1	37.63	60.21	132.46	4.50	596.06
G2	28.83	46.13	101.48	5.50	558.15
G3	12.08	35.88	78.93	1.36	107.35
G4	0.62	1.84	14.45	5.38	77.77
G5	0.66	1.96	4.31	5.13	22.12
G6	0.37	1.10	2.42	3.77	9.11
G7	0.10	0.01	0.01	3.77	0.04
JUMLAH			334.06		1370.60

ket : G3 = berat pintu  
 G4 = berat banjir skerm  
 G5 = berat plat jembatan  
 G6 = beban hidup

### 5.4.2.2 Gaya Gempa

Perhitungan faktor gempa menggunakan dua cara yaitu:

#### Cara I

Menggunakan Rumus:

$$a_d = n(a_c xz)^m$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

(Standar Perencanaan Irigasi KP-06)

dimana,

$a_d$  = percepatan gempa rencana (cm/dt<sup>2</sup>)

$n, m$  = koefisien untuk masing-masing jenis tanah

$a_c$  = percepatan kejut dasar (cm/dt<sup>2</sup>)

$z$  = faktor yang tergantung dari letak geografis (dapat dilihat pada "Pete Zona Seismik untuk Perencanaan Bangunan Air Tahan Gempa" di lampiran)

$E$  = koefisien gempa

$g$  = percepatan gravitasi = 9,81 m/dt<sup>2</sup>

Besarnya :  $a_d = n(a_c xz)^m$

$$a_d = 1,56(85 \times 1,00)^{0,89} = 81,341 \text{ cm/dt}^2$$

$$E = \frac{a_d}{g} = \frac{81,341}{981} = 0,083 \approx 0,1$$

**Cara II**

Dihitung dengan menggunakan Rumus:

$$a_d = z \times V \times a_c$$

$$k = \frac{a_d}{g}$$

(Pusat Litbang Teknologi Sumber Daya Air)

dimana,

$a_d$  = percepatan gempa permukaan terkoreksi (cm/dt<sup>2</sup>)

V = faktor koreksi pengaruh jenis tanah setempat

Z = koefisien zona gempa (dapat dilihat pada "Peta Zona Gempa Indonesia" di lampiran)

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/dt<sup>2</sup>

k = koefisien gempa

Besarnya :  $a_d = z \times V \times a_c$

$$a_d = 0,6 \times 1,2 \times 120 = 86,4 \text{ cm/dt}^2$$

$$k = \frac{a_d}{g} = \frac{86,4}{981} = 0,088 \approx 0,1$$

Dari kedua cara terdapat hasil yang sama yaitu 0,1. Maka koefisien gempa yang digunakan adalah 0,1.

**Tabel 5.13 Gaya Gempa Pada Pilar**

pot	berat bangunan G (ton)	He = E*G	lengan (m)	momen = He * lengan
Q1	132.46	13.25	8.01	106.10
Q2	101.48	10.15	2.09	21.21
Q3	78.93	7.89	3.95	31.18
Q4	14.45	1.45	7.95	11.49
Q5	4.31	0.43	10.52	4.54
Q6	2.42	0.24	11.77	2.85
JUMLAH		33.41		177.36

#### 5.4.2.3 Gaya Akibat Tekanan Tanah

Berdasarkan data dari penyelidikan tanah di hasilkan parameter tanah berupa :

- $\emptyset$  = 13.6°
- $\gamma_{air}$  = 1,0 T/m<sup>3</sup>
- $\gamma_{tnh \text{ bsh}}$  = 1,75 T/m<sup>3</sup>
- C = 2,3 T/m<sup>2</sup>



Gaya akibat tekanan tanah ada dua macam :

1. Tekanan Tanah Aktif

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot K_a \cdot H^2$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{13.6}{2} \right) = 0,62$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{13.6}{2} \right) = 1.62$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma_{tnh} \cdot bsh \cdot K_a \cdot H_2^2 = \frac{1}{2} \times 1,75 \times 0,62 \times 4.17^2 = 9.43 \text{ T /m}^2$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{tnh} \cdot bsh \cdot K_p \cdot H_2^2 = \frac{1}{2} \times 1,75 \times 1.62 \times 4.57^2 = 9.43 \text{ T /m}^2$$

**Tabel 5.14 Gaya Akibat Tekanan Tanah**

gaya	luas	gaya horizontal (ton)	lengan (m)	momen horizontal
Pa	9.43	15.09	1.39	20.97
<b>Jumlah</b>		<b>15.09</b>		<b>20.97</b>

#### 5.4.2.4 Gaya Hidrostatik

Selain gaya hidrostatik yang bekerja pada pilar, pilar juga menanggung setengah gaya hidrostatik dari struktur bendung di kanan kirinya.

Tekanan hidrostatik =  $\gamma_{air} \cdot H$

**Tabel 5.15 Gaya Hidrostatik**

gaya	luas	gaya horizontal (ton)	lengan (m)	momen horizontal
w1	69.27	110.83	3.95	437.78
w2	29.18	86.96	2.56	222.62
<b>Jumlah</b>		<b>197.79</b>		<b>660.4</b>

ket : w2 = gaya hidrostatik sepanjang pintu dan banjir skerm

5.4.2.5 Rekapitulasi Perhitungan Gaya-gaya yang Bekerja

Tabel 5.16 Perhitungan Gaya-gaya yang Bekerja Pada Pilar

No.	Jenis Gaya	Gaya		Momen	
		V (ton)	H (ton)	V (ton*m)	H (ton*m)
1	Berat Sendiri	334.06		1370.60	
2	Gempa		33.41		177.36
3	Hidrostatik		197.79		660.4
4	Tekanan Tanah		15.09		20.97
<b>Jumlah</b>		<b>334.06</b>	<b>246.28</b>	<b>1370.60</b>	<b>858.73</b>

5.4.2.6 Stabilitas Pilar

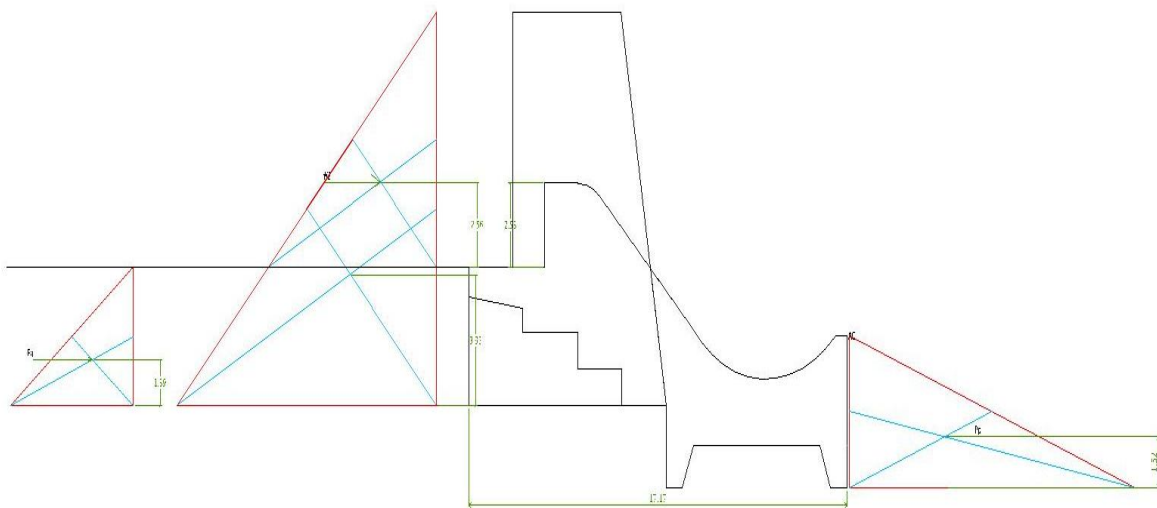
Stabilitas di analisa terhadap :

1. Guling

$$Sf = \frac{\sum Mv}{\sum Mh} \geq 1.5$$

$$Sf = \frac{1370.60}{858.73} = 1.59 \geq 1.2 \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

2. Geser



Gambar 5.24 Gaya yang Bekerja Pada Pilar untuk Perhitungan Geser

Untuk perhitungan stabilitas geser, gaya vertikal dari kolam olak diperhitungkan, dan lebar dasar bertambah yaitu lebar pilar ditambah panjang kolam olak.

Tabel 5.17 Perhitungan Gaya-gaya yang Bekerja Pada Pilar Untuk Perhitungan Geser

No.	Jenis Gaya	Gaya	
		V (ton)	H (ton)
1	Berat Sendiri	432.59	
2	Gempa		33.41
3	Hidrostatik		197.79
4	Tekanan Tanah		-32.29
<b>Jumlah</b>		<b>432.59</b>	<b>198.91</b>

$$Sf = \frac{\sum Rv}{\sum Rh} \cdot f \geq 1,2 ; \text{ nilai } f = 0.75$$

$$Sf = \frac{432,59}{198,91} \times 0.75 = 1,63 \geq 1,2 \dots\dots\dots \text{(Aman)}$$

**3. Eksentrisitas**

$$l = 8.95 \text{ m}$$

$$a = \frac{\sum Mv - \sum Mh}{\sum Rv} = \frac{1370.60 - 858.73}{334.06} = 1.53 \text{ m}$$

$$e = (l/2 - a) < l/3$$

$$e = (8.95/2 - 1.53) = 2.95 < 8.95/3 = 2.98 \dots\dots\dots \text{(Aman)}$$

**4. Keamanan terhadap tekanan tanah**

$$\sigma = \frac{2XRv}{3Xl\left(\frac{l}{2} - e\right)}$$

$$\sigma_1 = \frac{2 \times 334.06}{3 \times 8.95 \left(\frac{8.95}{2} - 2.95\right)} = 16.37 \text{ T/m}^2$$

Tegangan ijin tanah :

$$\Phi = 13.6^\circ$$

Dari tabel Faktor Daya Dukung Terzaghi diperoleh :

$$Nc = 14$$

$$Nq = 4,5$$

$$Ny = 2,5$$

$$\begin{aligned} Qult &= C \cdot Nc + \gamma t \cdot h \cdot Nq + 0,5 \cdot b \cdot \gamma t \cdot Ny \\ &= 2,3 \cdot 14 + 1,75 \cdot 9,25 \cdot 4,5 + 0,5 \cdot 1 \cdot 1,75 \cdot 2,5 \end{aligned}$$

$$= 107,23 \text{ T/m}^2$$

$$Q_{save} = Q_{ult}/1.5$$

$$= 71.49 \text{ T/m}^2$$

$\sigma_1 < Q_{save}$ .....(Aman)

## 5.5 PERENCANAAN PINTU PENGATUR

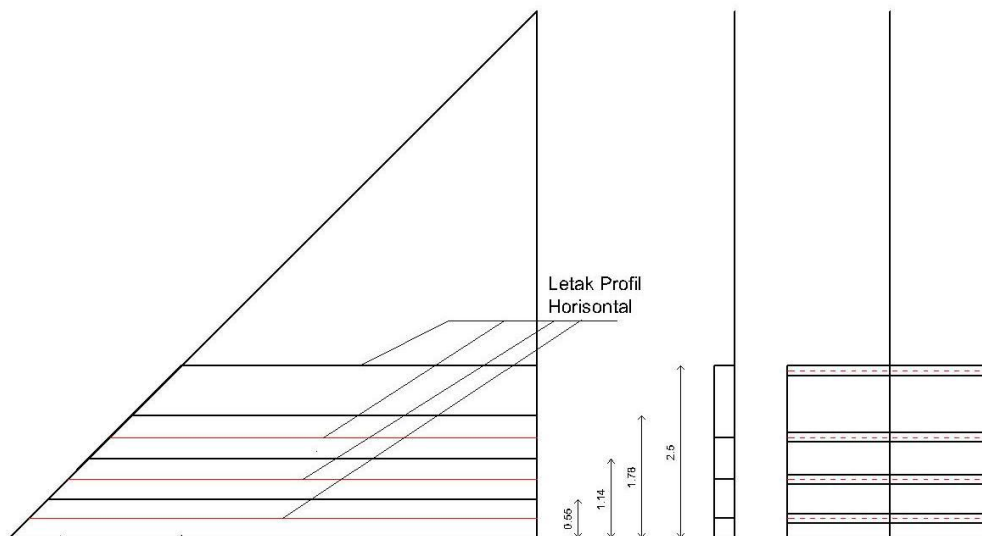
### 5.5.1 Dimensi Profil Horizontal dan Vertikal Pada Pintu

Pintu yang digunakan adalah pintu sorong. Pintu direncanakan sedemikian rupa sehingga masing-masing profil melintang (horizontal) mampu menahan tekanan hidrostatik dan meneruskannya ke *sponing*. Perhitungan dimensi profil berdasarkan pada jarak antar profil tetap dan momen maksimal yang terjadi.

Diketahui :

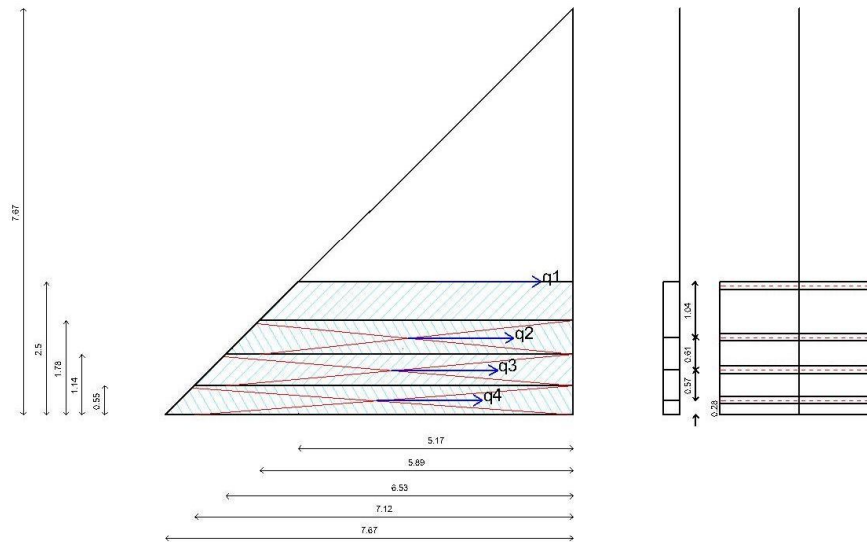
- Tinggi pintu = 250 cm
- Lebar pintu = 297.5 cm
- Bahan daun pintu = plat baja
- Tegangan ijin baja = 1600 kg/cm<sup>2</sup>
- $\gamma_{air}$  = 1 ton/m<sup>3</sup>

a. Penentuan Letak Profil Horizontal



Gambar 5.25 Penentuan Letak Profil Horizontal Pada Pintu

## b. Perhitungan Profil Horizontal



Gambar 5.26 Gaya Hidrostatik yang Bekerja Pada Pintu

Dengan perhitungan luas diagram tekanan hidrostatik diperoleh :  
 $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 4.05 \text{ T/m}$

Rumus :

$$M = \frac{1}{10} \cdot q \cdot l^2$$

$$W = \frac{M}{\sigma_1}$$

Dimana :

$q$  = Beban merata yang bekerja pada profil (T/m)

$M$  = Momen yang bekerja pada profil (Tm)

$W$  = Modulus penampang pada profil ( $\text{cm}^3$ )

$\sigma$  = Tegangan ijin baja

$l$  = panjang profil (m)

Perhitungan :

$$M_1 = \frac{1}{10} \times 4.05 \times 2.975^2 = 3.61 \text{ Tm}$$

$$W_1 = \frac{361000}{1600} = 171.25 \text{ cm}^3$$

Profil horizontal 1 digunakan profil [ 30

$$W_x = 535 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 495 \text{ cm}^4$$

$$E = 2.1 \times 10^6$$

Profil horisontal 2,3, dan 4 digunakan profil INP 30

$$W_x = 653 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 9800 \text{ cm}^4$$

$$E = 2.1 \times 10^6$$

c. Syarat kontrol lendutan

$$\frac{5 \times M_{maks} \times L^2}{48 \times E \times I} < \frac{L}{250}$$

Dimana :

M maks : momen maksimum yang terjadi pada profil (kg.cm)

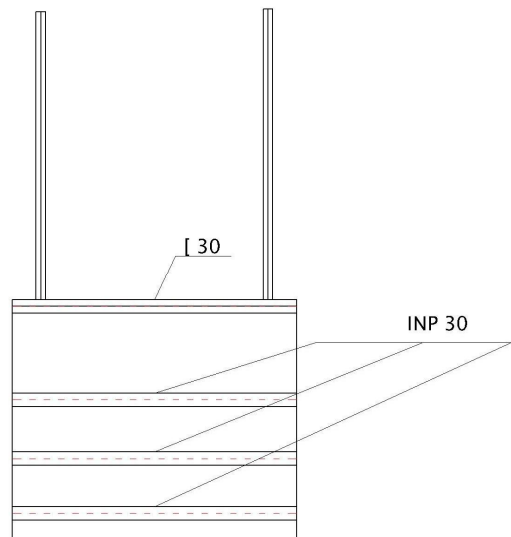
L : panjang profil (cm)

E : modulus elastisitas profil

I : momen inersia profil (cm<sup>4</sup>)

$$\frac{5 \times 361000 \times 297.5^2}{48 \times E \times I} \text{ (cm)} < \frac{297.5}{250} \text{ (cm)}$$

0.16 cm < 1.19 cm.....(Aman)



Gambar Penggunaan Profil Pada Pintu

### 5.5.2 Tebal Plat Pintu

Tebal plat pintu dihitung dengan menggunakan dua cara, yaitu cara 1 mengubah gaya hidrostatis menjadi beban merata dan menghitung momen dengan cara momen plat, sedangkan cara 2 dengan menggunakan mengubah gaya hidrostatis menjadi beban terpusat.

#### Cara 1

Diketahui :

Tinggi pintu ( $l_x$ ) : 2.50 m  
 Lebar pintu ( $l_y$ ) : 2.975 m  
 Beban merata yang bekerja pada profil ( $q$ ) : 16.05 T/m

Perhitungan momen yang bekerja pada plat :

$$M = 0.001 \times q \times l^2 \times X$$

$$X = \text{tergantung } \frac{l_y}{l_x} = 34$$

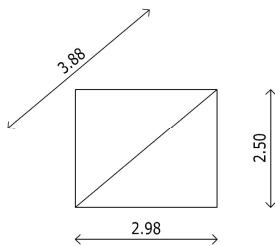
Maka,

$$M = 0.001 \times 16.05 \times 2.975^2 \times 34$$

$$= 4.82 \text{ Tm}$$

Perhitungan tebal plat :

$$\sigma = \frac{M}{1/6bd^2}$$



$$b = 3.88 \text{ m}$$

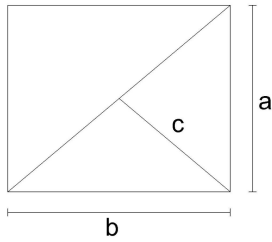
$$d^2 = \frac{6M}{\sigma \cdot b}$$

$$= \frac{6 \times 4.82}{16000 \times 3.88}$$

$$= 4.66 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$= 0.047 \text{ cm}$$

Dipakai tebal plat 0.5 cm

Cara 2 :

$$\begin{aligned} a &= 2.5 \text{ m} \\ b &= 2.975 \text{ m} \\ c &= 1.943 \text{ m} \end{aligned}$$

gaya terpusat yang bekerja pada plat :

$$P = 0.5 \times \gamma_{air} \times H^2 \times c$$

Dimana :

H = tinggi pintu (m)

Perhitungan :

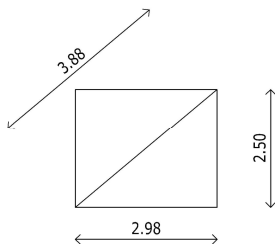
$$\begin{aligned} P &= 0.5 \times 1 \times 2.5^2 \times 1.943 \\ &= 6.07 \text{ T} \\ RA = RB &= 0.5 \times P = 3.035 \text{ T} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada plat :

$$\begin{aligned} M &= (RA+RB) \times c - (RA+RB) \times \frac{2}{3} \times c \\ &= 6.07 \times 1.943 - 6.07 \times \frac{2}{3} \times 1.943 \\ &= 3.93 \text{ Tm} \end{aligned}$$

Perhitungan tebal plat :

$$\sigma = \frac{M}{1/6 \gamma d^2}$$



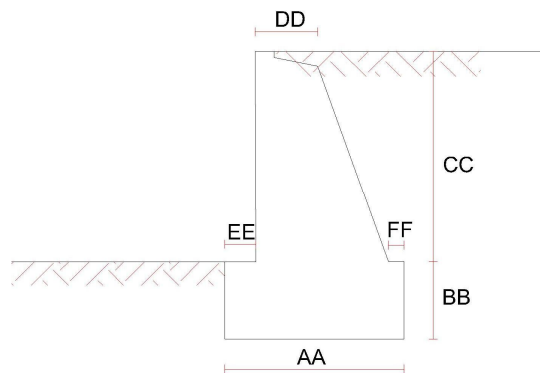
$$y = \sqrt{a^2 + b^2} = 3.88 \text{ m}$$



$$\begin{aligned}
 d^2 &= \frac{6M}{\sigma \cdot y} \\
 &= \frac{6 \times 3.93}{16000 \times 3.88} \\
 &= 3.8 \times 10^{-4} \text{ m} \\
 &= 0.038 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tebal plat 0.5 cm

## 5.6 PERENCANAAN DINDING TEGAK DI HULU SALURAN DOMBO SAYUNG



Gambar 5.27 Dimensi Perencanaan Dinding Tegak

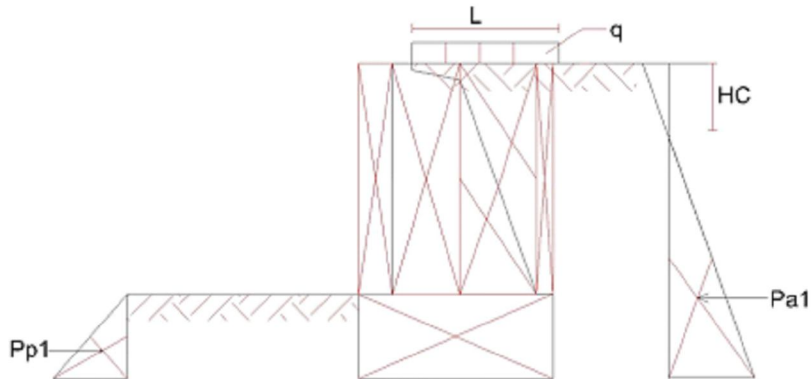
Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \gamma_B &= 2,2 \text{ T/m}^3 \\
 \gamma_t &= 1,75 \text{ T/m}^3 \\
 C_c &= 2,3 \text{ T/m}^2 \\
 \Phi &= 13.6^\circ \\
 \gamma_w &= 1 \text{ T/m}^3 \\
 AA &= 6 \text{ m} \\
 BB &= 2,5 \text{ m} \\
 CC &= 6,8 \text{ m} \\
 DD &= 2 \text{ m} \\
 EE &= 1 \text{ m} \\
 FF &= 0,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \gamma_B &: \text{ massa jenis batu kali} \\
 \gamma_t &: \text{ massa jenis tanah} \\
 C_c &: \text{ kohesi tanah} \\
 \Phi &: \text{ sudut geser tanah} \\
 \gamma_w &: \text{ massa jenis air}
 \end{aligned}$$

### 5.6.1 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Dinding



#### Perhitungan beban merata yang terjadi

$$L = \frac{BB + CC}{\tan\left(45 + \frac{\Phi}{2}\right)} = 4.315\text{m}$$

Beban di belakang bangunan tanggul diperhitungkan senilai muatan tanah setinggi 10 cm  
 $h = 0,1 \text{ m}$

$$q = \gamma t \cdot h \cdot L = 685,026 \text{ kg/m}$$

#### Perhitungan koefisien tanah

$$K_a = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} = 0,619\text{m}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \Phi}{1 - \sin \Phi} = 1,6159\text{m}$$

#### Perhitungan tegangan tanah dan tekanan tanah

$$\sigma_1 = |q \cdot K_a - 2 \cdot C_c \cdot \sqrt{K_a \cdot m}| = 2,86 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\sigma_2 = \gamma t \cdot (BB + CC) \cdot K_a - \sigma_1 = 6,28 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\sigma_3 = \gamma t \cdot BB \cdot K_p = 6,41 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

#### Mencari Hc

$$H_c = \frac{\sigma_1(BB + CC)}{\sigma_2(\sigma_1 + \sigma_2)} = 4,63 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

**Tekanan tanah**

$$Pa1 = 0,5[(BB + CC) - Hc].\sigma2 = 2,922.10^4 \text{ kg}$$

$$Pp1 = 0,5.BB.\sigma3 = 8,012.10^3 \text{ kg}$$

**Perhitungan Gaya Vertikal**

$$V1 = DD.CC.\gamma B = 2,961.10^4 \text{ kg}$$

$$V2 = 0,5.(AA - DD).CC.\gamma B = 2,961.10^4 \text{ kg}$$

$$V3 = BB.AA.\gamma B = 3,266.10^4 \text{ kg}$$

$$V4 = 0,5.(AA - DD).CC.\gamma t = 2,159.10^4 \text{ kg}$$

$$V5 = EE.CC.\gamma t = 1,08.10^4 \text{ kg}$$

$$V6 = V5 = 1,08.10^4 \text{ kg}$$

**Momen Akibat Gaya Horizontal**

$$\text{MomenH} = 0,5.Pa1.[(BB + CC) - Hc] - Pp1.\frac{BB}{3} = 142,383 \text{ ton.m}$$

**Momen Akibat Gaya Vertikal**

$$MV1 = [0,5(DD + EE)].V1 = 48,96 \text{ ton.m}$$

$$MV2 = \left[ \frac{1}{3}(AA - DD) + DD + EE \right].V2 = 141,44 \text{ ton.m}$$

$$MV3 = 0,5.V3.AA = 108 \text{ ton.m}$$

$$MV4 = V4.\left[ \frac{2}{3}(AA - DD) + DD + EE \right] = 134,867 \text{ ton.m}$$

$$MV5 = 0,5.V5.EE = 5,95 \text{ ton.m}$$

$$MV6 = V6.[(0,5FF) + (AA - FF)] = 68,425 \text{ ton.m}$$

$$\text{MomenV} = MV1 + MV2 + MV3 + MV4 + MV5 + MV6 = 4,605.10^5 \text{ kg.m}$$

**Cek Kestabilan Konstruksi Dinding**

## a. Cek Terhadap Guling

$$\text{Guling} = \frac{\text{MomenV}}{\text{MomenH}} = 3,565$$

$$\text{Syarat Guling } 3,565 > 1,5 \quad (\text{Aman})$$

## b. Cek Terhadap Geser

$$Pv = V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 = 148,88 \text{ ton}$$

$$\text{Geser} = \frac{Pv.\tan\phi + Cc.AA + Pp1}{Pa1} = 1,821$$

$$\text{Syarat Geser } 1,821 > 1,5 \quad (\text{Aman})$$

## c. Eksentrisitas

$$\text{Eksentrisitas} = \left[ \left( \frac{AA}{2} \right) - \frac{\text{MomenV} - \text{MomenH}}{Pv} \right] = 0,547\text{m}$$

$$\text{Syarat} = \left( \frac{AA}{6} \right) = 1\text{m}$$

Syarat eksentrisitas  $0,547 < 1$  (Aman)

d. Daya Dukung Tanah

$$Nc = 14$$

$$Nq = 4,5$$

$$N\gamma = 2,5$$

$$q_{ult} = Cc.Nc + \gamma t.Nq.(BB + CC) + 0,5.AA.\gamma t.N\gamma = 1,076 \cdot 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$q_{save} = \frac{q_{ult}}{1,5} = 79,042 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$qq_{max} = \frac{Pv}{AA} \left( 1 + \frac{6 \cdot \text{Eksentrisitas}}{AA} \right) = 38,377 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

Syarat  $qq_{max} < q_{save}$

$$38,377 \text{ ton/m} < 79,042 \text{ ton/m}$$