

BAB V

ANALISIS *SAND POCKET*

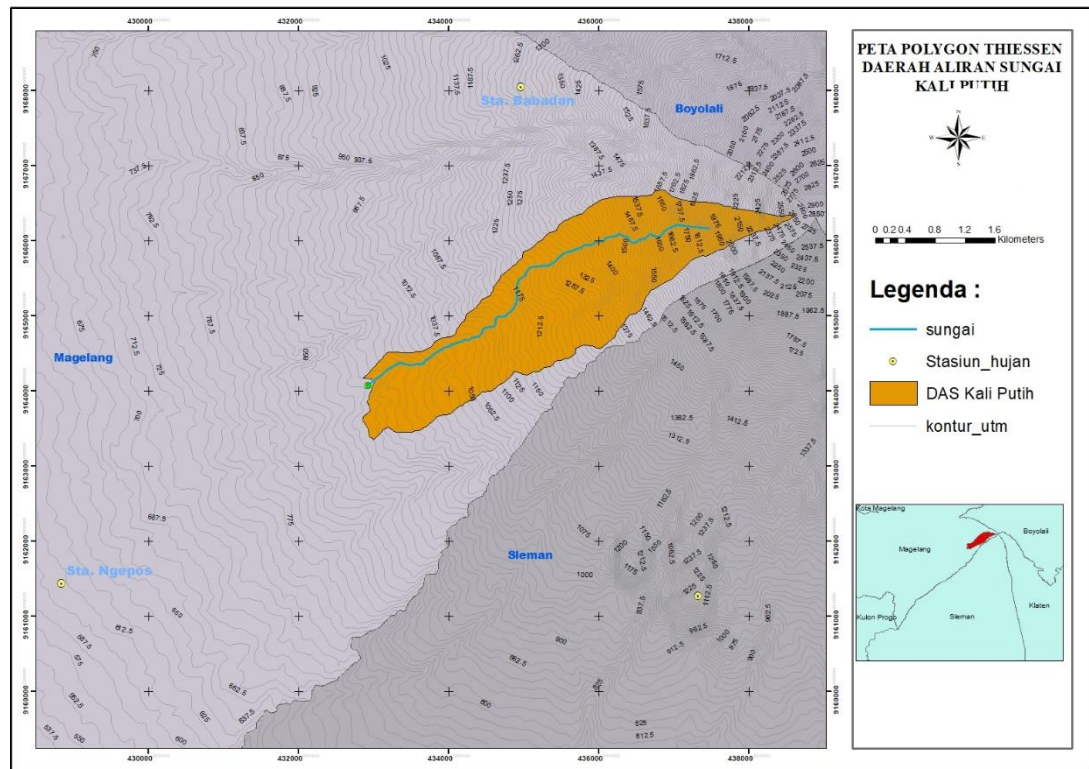
5.1 Analisis Data *Sand Pocket*

5.1.1 Data Topografi

Secara garis besar situasi topografi Gunung Merapi terletak \pm 30 km sebelah utara Yogyakarta dengan elevasi puncak 2965m di atas permukaan laut. Bagian puncak mempunyai kemiringan yang sangat terjal membentuk lembah-lembah yang curam serta alur-alur sungai yang dalam (sumber: BPPTKG Yogyakarta, 2016)

Secara umum berdasarkan ketinggian morfologis daerah lereng barat dan barat daya Gunung Merapi dapat dibedakan menjadi tiga daerah, yaitu daerah hulu atas, daerah hulu tengah, dan daerah hulu bawah. Lokasi *sand pocket* berada di bagian hulu tengah. Daerah ini mempunyai elevasi 500 m – 2000 m di atas permukaan laut dan sebagian besar daerah ini terancam bahaya awan panas yang bergerak menyebar ke arah alur – alur sungai. Daerah ini merupakan perkampungan dan ladang serta banyak endapan lepas akibat longsoran dan endapan dari banjir lahar dingin (aliran *debris*).

Dalam perencanaan *sand pocket* digunakan peta topografi untuk mencari batas daerah aliran sungai (DAS) dan juga untuk menentukan atau mencari lokasi bangunan pengendali sedimen yang tepat berdasarkan letak geografisnya dapat dilihat pada data Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Peta Topografi DAS Sungai Putih

1.1.2 Analisis Data Topografi

Berdasarkan peta topografi maka ditentukan lokasi *sand pocket* berada pada ketinggian +920 m diatas permukaan laut. Dimana pada ketinggian terletak pada hulu tengah bagian atas yang tidak ada permukiman sehingga sangat efektif untuk menahan sedimen.

1.2 Geometri Sungai

5.2.1 Data Geometri Sungai

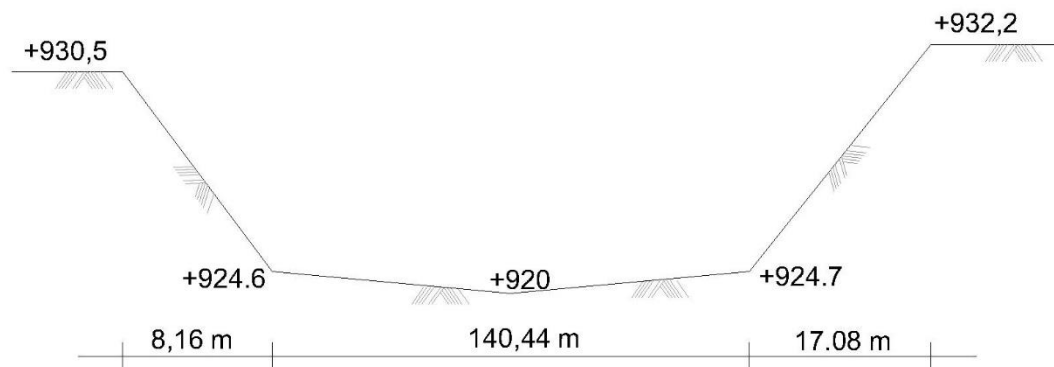
Data geometri didapat berdasarkan survei langsung pada lokasi penelitian yaitu di sungai putih yang mempunyai ketinggian +920 m dan terletak pada $82^{\circ}30'19,823''$ LU $106^{\circ}23'0,048''$ BT. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut:



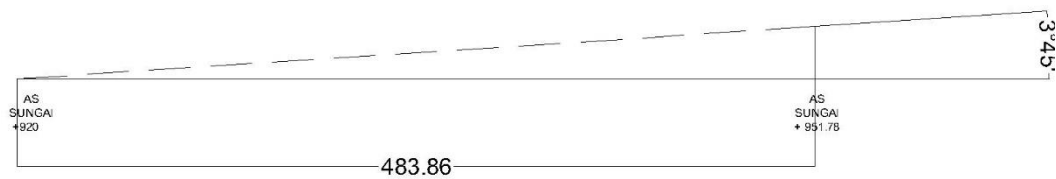
Gambar 4.2 Lokasi Penelitian

5.2.2 Analisis Data Geometri Sungai

Dari data geometri sungai diketahui kemiringan dasar sungai rata-rata adalah 6,5%. Lokasi bangunan *sand pocket* direncanakan terletak pada potongan melintang yang memiliki kemiringan dasar sungai 6,5 % dengan elevasi dasar sungai untuk bangunan *sand pocket* +920 m pada peta rupa bumi indonesia. Hasil pengukuran geometri sungai putih disajikan pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Penampang Melintang Sungai



Gambar 4.4 Penampang Memanjang Sungai

1.3 Geologi Sungai

Daerah Gunung Merapi mempunyai kondisi geologis yang dapat dikelompokkan menjadi berbagai macam, antara lain:

1. Batuan dasar

Batuan dasar ini merupakan kelompok batuan yang meliputi batuan-batuan dan endapan vulkanik yang mendasari batuan Gunung Merapi.

2. Teras sungai dan endapan – endapan yang terdapat di dasar sungai.

3. Hasil erupsi baru

Kelompok ini sebagian terdiri dari lava dan fragmen -fragmen piroklastik yang berasal dari endapan Gunung Merapi sejak tahun 1888 dan lahar yang terjadi sejak tahun 1930.

4. Hasil erupsi Gunung Merapi muda

Kelompok ini adalah endapan lahar dan lava akibat aktivitas Gunung Merapi sebelum tahun 1930.

5. Hasil erupsi Gunung Merapi tua

Hasil erupsi Gunung Merapi tua ini terdiri dari aliran lava Gunung Merapi tua berupa batuan-batuan intrusif dan pirkolastik.

Berdasarkan data geologi, dapat diketahui bahwa daerah Gunung Merapi mempunyai batuan dasar berupa kelompok batuan dan endapan vulkanik yang mendasari batuan Gunung Merapi.

1.4 Mekanika Tanah

5.4.1 Data Mekanika Tanah

Data mekanika tanah yang digunakan adalah berdasarkan hasil pengambilan tanah pada lokasi *sand pocket*. Pengambilan sample tanah dilakukan pada sedimen

pirkolastik baru dan sedimen halus. Secara umum lapisan tanah terdiri dari lapisan pasir. Parameter yang didapat dari hasil penyelidikan tanah adalah sebagai berikut:

1. Berat volume sedimen pirkolastik = 2,587 (g/cm³)
2. Berat volume sedimen halus = 1,25 (g/cm³)
3. Sudut geser dalam = 37°
4. Kohesi = 0,08 (kg/cm³)
5. Diameter rata-rata butiran = 0,04 m

5.4.2 Analisis Data Mekanika Tanah

Dari data mekanika tanah menunjukkan daerah tersebut merupakan daerah dengan lapisan pasir berkerikil.

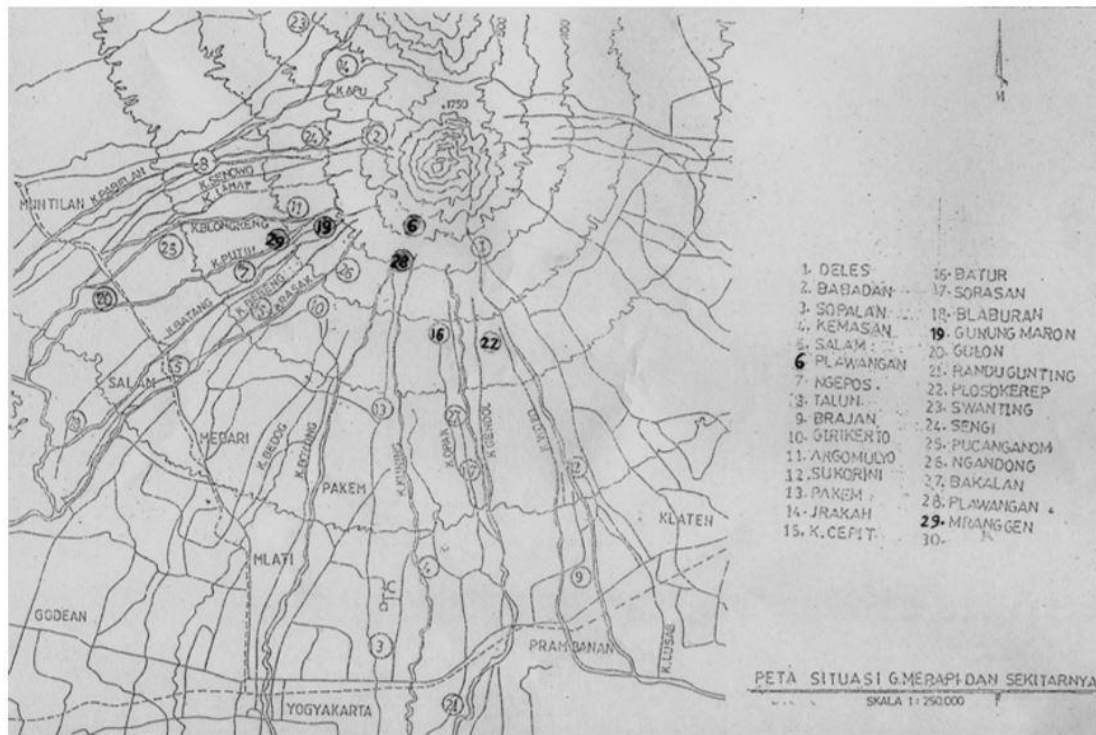
1.5 Hidrologi

5.5.1 Data Hidrologi

Daerah di sekitar Gunung Merapi mempunyai iklim tropis dan temperatur antara 25°C - 30°C dengan kelembaban udara 80% pada musim hujan, 50% pada musim kemarau. Musim hujan berkisar antara bulan Oktober – April dengan curah hujan rata-rata 100 -150 mm/jam, dimana 80% hujan terjadi pada musim hujan.

Dalam perencanaan bangunan *sand pocket* digunakan data curah hujan untuk menentukan besarnya debit air yang melewati alur Kali Putih. Curah hujan di daerah aliran sungai (DAS) Kali Putih relatif tinggi. Data curah hujan yang digunakan adalah stasiun hujan babadan dengan tahun data 1999-2015.

Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan jam jaman selama 17 tahun. Peta letak Stasiun curah hujan Kali Putih untuk Stasiun Babadan, disajikan pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 4.5 Peta Stasiun Hujan

5.5.2 Analisis Data Hidrologi

Analisis hidrologi digunakan untuk memperkirakan debit banjir rencana pada perencanaan *sand pocket*. Pada tugas akhir ini, data yang digunakan untuk menentukan debit banjir rencana adalah data curah hujan antara tahun 1999-2015 akan diolah menjadi data curah hujan rencana, yang kemudian diolah kembali menjadi debit banjir rencana. Data curah hujan yang digunakan untuk perencanaan digunakan satu buah stasiun yang terdekat dengan DAS Kali Putih. stasiun tersebut adalah Stasiun Babadan. Langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut.

1. Menentukan daerah aliran sungai (DAS) beserta luasnya.
2. Menentukan luas pengaruh dari stasiun-stasiun penakar hujan yang mewakili DAS Kali Putih.
3. Menentukan curah hujan maksimum pada setiap tahunnya dari data curah hujan yang ada.
4. Menganalisa curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun.

5. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana pada periode ulang T tahun.

5.5.3 Penentuan Daerah Aliran Sungai (*catchment area*)

Dalam menentukan batas DAS, pada peta topografi ditarik garis imajiner yang menghubungkan titik-titik yang memiliki elevasi kontur tertinggi di sebelah kiri dan kanan sungai yang ditinjau. Batas daerah aliran sungai tersebut berupa punggung-punggungan bukit. Dari peta topografi dengan skala 1:25000 yang diolah dengan aplikasi ArcGis didapat luas DAS Kali Putih sebesar 6,5 km².

5.5.4 Analisis Curah Hujan Daerah

Dalam perhitungan curah hujan digunakan data curah hujan maksimum rerata stasiun hujan Babadan (tahun 1999-2015) yang didapat dari PPK Pengendalian Lahar Gunung Merapi tersaji pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Pengaruh Stasiun Terhadap DAS Kali Putih

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum	Xrt
	Xi	
1999	52.5	69.47647
2000	58	
2001	79	
2002	55	
2003	51	
2004	36	
2005	44.6	
2006	60	
2007	129	
2008	75	
2009	58.5	
2010	48.5	
2011	51	
2012	62	
2013	83	
2014	133	
2015	105	
jumlah	1181.1	

5.5.5 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Berdasarkan curah hujan tahunan, perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan jam-jaman maksimum tersebut untuk menentukan debit banjir rencana.

Tidak semua variat dari variabel hidrologi sama dengan nilai reratanya, tetapi ada yang lebih besar atau lebih kecil. Besarnya derajat sebaran variat di sekitar nilai reratanya disebut varian (*variance*) atau penyebaran (*disperse*). Penyebaran data dapat diukur dengan deviasi standard dan varian.

1. Pengukuran Dispersi

Untuk memudahkan perhitungan disperse maka dilakukan perhitungan parameter statistik untuk nilai $(X_i - X)$, $(X_i - X)^2$, $(X_i - X)^3$ dan $(X_i - X)^4$ terlebih dahulu, dengan:

X_i = besarnya curah hujan daerah (mm)

X = rata-rata curah hujan daerah (mm)

Hasil perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Parameter Statistik

No	Tahun	Curah Hujan (mm)	$(X_i - X)$	$(X_i - X)^2$	$(X_i - X)^3$	$(X_i - X)^4$
1	1999	52,500	-16,9765	288,2006	-4892,6282	83059,559
2	2000	58,000	-11,4765	131,7094	-1511,5588	17347,360
3	2001	79,000	9,5235	90,6976	863,7614	8226,057
4	2002	55,000	-14,4765	209,5682	-3033,8079	43918,831
5	2003	51,000	-18,4765	341,3800	-6307,4969	116540,281
6	2004	36,000	-33,4765	1120,6741	-37516,2130	1255910,400
7	2005	44,600	-24,8765	618,8388	-15394,5249	382961,447
8	2006	60,000	-9,4765	89,8035	-851,0202	8064,668
9	2007	129,000	59,5235	3543,0506	210894,8738	12553207,226
10	2008	75,000	5,5235	30,5094	168,5194	930,822
11	2009	58,500	-10,9765	120,4829	-1322,4771	14516,131
12	2010	48,500	-20,9765	440,0123	-9229,9055	193610,840
13	2011	51,000	-18,4765	341,3800	-6307,4969	116540,281
14	2012	62,000	-7,4765	55,8976	-417,9169	3124,543
15	2013	83,000	13,5235	182,8858	2473,2621	33447,233
16	2014	133,000	63,5235	4035,2388	256332,6099	16283152,084
17	2015	105,000	35,5235	1261,9211	44827,8928	1592444,968
jumlah		1181,100	0,000	12902,251	428775,873	32707002,730
rata-rata (X)=		69,476				

a. Menghitung Standar Deviasi (S_x)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1181,100}{17-1}}$$

$$S_x = 28,397$$

- b. Menghitung Koefisien *Skewness* (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_x^3}$$

$$C_s = \frac{17(12902,251)}{(17-1)(17-2)28,397^3}$$

$$C_s = 1,3058$$

- c. Menghitung Koefisien *Kurtosis* (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_x^4}$$

$$C_k = \frac{17^2(327002,730)}{(17-1)(17-2)28,397^4}$$

$$C_k = 4,3262$$

- d. Menghitung Koefisien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{X}}$$

$$C_v = \frac{28,397}{69,476}$$

$$C_v = 0,4087$$

2. Pemilihan Jenis Sebaran

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi, diantaranya banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah sebagai berikut.

- a. Distribusi Normal
- b. Distribusi Log Normal
- c. Distribusi Gumbels Tipe 1
- d. Distribusi Log Pearson Tipe III

Tabel 4.3 Distribusi Statistik

uji distribusi statistik	syarat	hitungan syarat	perhitungan	keterangan
normal	$C_s = 0$	0	1,326	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	3	4,326	Tidak Memenuhi
log normal	$C_s = 3C_v + C_v^3$	1,223	1,326	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	5,773	4,326	Tidak Memenuhi
gumbels	$C_s = 1,14$	1,14	1,326	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,4$	5,4	4,326	Tidak Memenuhi
log pearson III	digunakan apabila parameter statistik C_s dan C_k mempunyai nilai selain parameter statistik yg lain			Memenuhi

Berdasarkan kriteria-kriteria diatas, dipilih jenis distribusi Log Pearson III.

3. Pengujian Kecocokan Sebaran

Pengujian kecocokan sebaran digunakan untuk menguji apakah sebaran dari data yang ada memenuhi syarat untuk digunakan sebagai data perencanaan. Pengujian kecocokan sebaran dengan metode Uji Chi-Kuadrat persamaannya adalah sebagai berikut.

a. Prosedur pengujian chi kuadrat

1) Menghitung jumlah kelas yang ada (K)

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

$$K = 1 + 3,322 \log 17$$

$$K = 5,08755 \approx 6$$

2) Menghitung derajat kejenuhan (DK)

$$DK = K - (R + 1)$$

$$DK = 6 - (2 + 1)$$

$$DK = 3$$

3) Menghitung nilai Ef_i

$$Ef = \frac{n}{K}$$

$$Ef = \frac{17}{6}$$

$$Ef = 2,8333$$

4) Menghitung nilai ΔX

$$\Delta X = \frac{X_{maks} - X_{min}}{K - 1}$$

$$\Delta X = \frac{128,203 - 35,512}{6 - 1}$$

$$\Delta X = 18,5382$$

5) Menghitung X_{awal}

$$X_{awal} = [(X_{min} - (0,5 \times \Delta X))]$$

$$X_{awal} = [(35,512 - (0,5 \times 18,5382))]$$

$$X_{awal} = 26,24308$$

Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini:

Tabel 4.4 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

no	interval			Ef	Oi	(Ef-Oi)	$\frac{((Ef-Oi)^2)/Ef}{}$
1	26,3	<X<	45,7	2,833333	2	0,833333	0,245098039
2	45,7	<X<	55,4	2,833333	5	-1,16667	1,656862745
3	55,4	<X<	65,1	2,833333	4	-2,16667	0,4803922
4	65,1	<X<	74,8	2,833333	0	2,833333	2,833333333
5	74,8	<X<	84,5	2,833333	3	-0,16667	0,009803922
6		X>	84,5	2,833333	3	-0,16667	0,009803922
jumlah				17	17		5,0000

Dari tabel 5.6 diperoleh nilai Chi-Kuadrat (X^2) = 5 untuk DK = 3, dengan nilai Chi-Kuadrat didapat derajat kebebasan sebesar 2,366 (23,66%), karena derajat kebebasan lebih dari 5% maka distribusi Log Pearson III dapat diterima.

4. Menghitung Curah Hujan Dengan Periode Ulang T Tahun

Menghitung curah hujan dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, dan 200 tahun. Dengan menggunakan persamaan Log Pearson III adalah sebagai berikut:

$$X_t = (\bar{X}_y + K_T \cdot S_y)$$

a. Mencari Nilai Rerata (\bar{X}_y)

Perhitungan Nilai Rerata \bar{X}_y dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut ini:

Tabel 4.5 Perhitungan Nilai Rerata \bar{X}_y

No	Tahun	x	ln x	ln x - \bar{X}	(ln x - \bar{X}) ²	(ln x - \bar{X}) ³
1	1999	52,500	3,961	-0,213	0,045	-0,010
2	2000	58,000	4,060	-0,113	0,013	-0,001
3	2001	79,000	4,369	0,196	0,038	0,007
4	2002	55,000	4,007	-0,167	0,028	-0,005
5	2003	51,000	3,932	-0,242	0,059	-0,014
6	2004	36,000	3,584	-0,590	0,348	-0,206
7	2005	44,600	3,798	-0,376	0,141	-0,053
8	2006	60,000	4,094	-0,080	0,006	-0,001
9	2007	129,000	4,860	0,686	0,471	0,323
10	2008	75,000	4,317	0,144	0,021	0,003
11	2009	58,500	4,069	-0,105	0,011	-0,001
12	2010	48,500	3,882	-0,292	0,085	-0,025
13	2011	51,000	3,932	-0,242	0,059	-0,014
14	2012	62,000	4,127	-0,047	0,002	0,000
15	2013	83,000	4,419	0,245	0,060	0,015
16	2014	133,000	4,890	0,716	0,513	0,368
17	2015	105,000	4,654	0,480	0,231	0,111
jumlah			70,955	0,000	2,131	0,497

$$\bar{X} = \frac{\sum \ln X}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{70,955}{17}$$

$$\bar{X} = 4,17385 \text{ mm}$$

b. Mencari Standar Deviasi (S_y)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln x - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{2,131^2}{17 - 1}}$$

$$S = 0,36498$$

- c. Menghitung Koefisien *Skewness* (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\ln x - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S_x^3}$$

$$C_s = \frac{17(0,497)}{(17 - 1)(17 - 2)0,36498^3}$$

$$C_s = 0,72361$$

- d. Menghitung Faktor Frekuensi (K_T)

Faktor frekuensi merupakan fungsi dari probabilitas dan nilai C_s , yang disajikan pada Tabel 3.3. hasil perhitungan nilai (K_T) adalah sebagai berikut.

$$K_{50 \text{ tahun}} = 2,6913$$

- e. Mencari nilai logaritmik besarnya curah hujan dengan periode t (X_t)

Untuk T = 50 tahun adalah sebagai berikut:

$$X_t = (\bar{X} + K_T \cdot S_y)$$

$$X_{50} = (5,1561 + 2,6913 \times 0,36498)$$

$$X_{50} = 5,0457$$

- f. Menghitung Besarnya Curah Hujan Rancangan Pada Periode T Tahun

Menghitung hujan rancangan periode T tahun menggunakan anti logaritma seperti yang tersaji pada perhitungan dibawah ini:

Untuk $T = 50$ tahun adalah sebagai berikut:

$$R_t = \text{arc ln } X_t$$

$$R_{50 \text{ tahun}} = \text{arc ln } 5,1561$$

$$R_{50 \text{ tahun}} = 173,490 \text{ mm}$$

5.5.6 Analisis Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan metode rasional persamaannya adalah sebagai berikut.

$$Q = \frac{1}{3,6} C \times I \times A$$

1. Menghitung Waktu Konsentrasi (t_c)

Dalam perhitungan waktu konsentrasi menggunakan metode Kirpich, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times 5,65^2}{1000 \times 0,065} \right)^{0,385}$$

$$t_c = 0,72055 \text{ jam}$$

2. Menghitung Intensitas Hujan (I)

Dalam perhitungan intensitas hujan digunakan metode mononobe, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$I_{50 \text{ tahun}} = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

$$I_{50 \text{ tahun}} = \frac{173,490}{24} \times \left(\frac{24}{0,72055} \right)^{2/3}$$

$$I_{50 \text{ tahun}} = 74,8327 \text{ mm/jam}$$

3. Menghitung Koefisien Pengaliran (C)

Penentuan besarnya koefisien pengaliran berdasarkan kondisi daerah aliran sungai seperti yang disajikan pada Tabel 5.8.

Tabel 4.6 Koefisien Pengaliran

KONDISI DAS	ANGKA PENGALIRAN (C)
Pegunungan curam	0,75-0,90
Pegunungan tersier	0,70-0,80
Tanah relief berat dan berhutan kayu	0,50-0,75
Dataran pertanian	0,45-0,60
Dataran sawah irigasi	0,70-0,80
Sungai di pegunungan	0,75-0,85
Sungai di dataran rendah	0,45-0,75
Sungai besar yang sebagian alirannya berada di daerah dataran rendah	0,50-0,75

(sumber: Bambang Triatmojo,2008)

Penentuan nilai koefisien pengaliran (C) adalah berdasarkan laju infiltrasi tanah atas presentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman, penutup tanah, dan intensitas hujan. Pada lokasi penelitian lahan berupa batuan berpasir yang tidak kedap air dan mempunyai kemiringan yang cukup curam sehingga mengalami laju infiltrasi yang cukup besar maka diambil nilai koefisien pengaliran adalah sebesar 0,75.

4. Menghitung Debit Rencana Metode Rasional (Q)

Dalam perhitungan debit banjir rencana digunakan metode rasional, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Q_{50 \text{ tahun}} = \frac{1}{3,6} C \times I \times A$$

$$Q_{50 \text{ tahun}} = \frac{1}{3,6} 0,75 \times 74,83278 \times 6,5$$

$$Q_{50 \text{ tahun}} = 101,3361 \text{ m}^3/\text{det}$$

5.5.7 Perencanaan Debit Banjir Rencana Untuk *Sand Pocket*

Untuk perencanaan bangunan *sand pocket* digunakan debit banjir kala ulang 50 tahun, kala ulang 50 tahun dipilih karena dampak bencana yang diakibatkan oleh bencana banjir lahar dingin pada tahun 2011 sangatlah besar, sehingga harapannya

nanti *sand pocket* akan dapat mengurangi resiko bencana banjir lahar dingin. Debit banjir yang digunakan adalah gabungan antara massa air dan massa sedimen. Perhitungan debit banjirnya menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q_d = \alpha \times Q$$

Dengan:

$$\alpha = \frac{C^*}{C^* - C_d}$$

$$C_d = \frac{\tan \theta}{[(\rho_s/\rho_w) - 1](\tan \phi - \tan \theta)}$$

Perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$C_d = \frac{\tan \theta}{[(\rho_s/\rho_w) - 1](\tan \phi - \tan \theta)}$$

$$C_d = \frac{\tan 3^\circ 45'}{[(1,25/1) - 1](\tan 37^\circ - \tan 3^\circ 45')}$$

$$C_d = 0,18037$$

$$\alpha = \frac{C^*}{C^* - C_d}$$

$$\alpha = \frac{0,6}{0,6 - 0,18037}$$

$$\alpha = 1,4298$$

$$Q_d = \alpha \times Q$$

$$Q_d = 1,4298 \times 101,3361$$

$$Q_d = 144,8903 \text{ m}^3/\text{det}$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai debit yang terkonsentrasi sedimen sebesar 144,8903 m³/det.

1.6 Perencanaan *Sand Pocket*

5.6.1 Tinggi Efektif *Sand Pocket*

Tinggi pelimpah sand pocket ditentukan berdasarkan keadaan geometri pada sekitar area sungai yang menjadi tempat pembangunan *main dam*. Adapun data geometri sungai yang diperlukan yaitu:

Elevasi dasar sungai : + 920 m

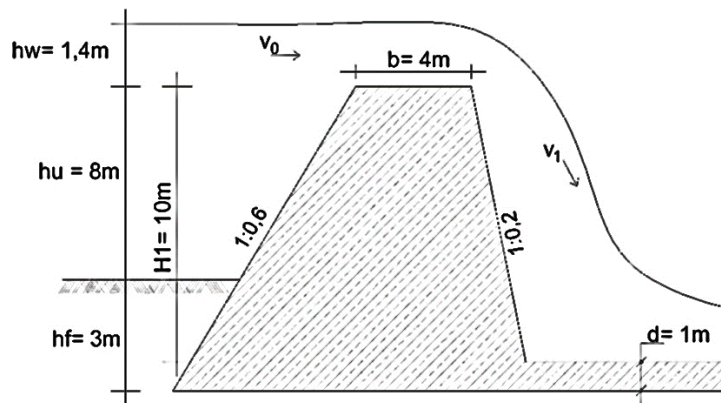
Elevasi tebing sungai sebelah kiri : +930,5 m

Elevasi tebing sungai sebelah kanan : + 932.2 m

Dalam menentukan tinggi pelimpah main dam yang efektif, tingginya harus berada dibawah tinggi tebing sungai agar ketika tampungan sedimen telah penuh, aliran air masih dapat ditampung oleh alur sungai. Adapun selisih antara elevasi dasar sungai dan tinggi tebing terendah pada lokasi yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Beda tinggi dasar dan tebing sungai terendah} &= +932,2 - +920 \\ &= 12,2\text{m} \approx 8 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga diambil tinggi pelimpah (h_u) = 8 m

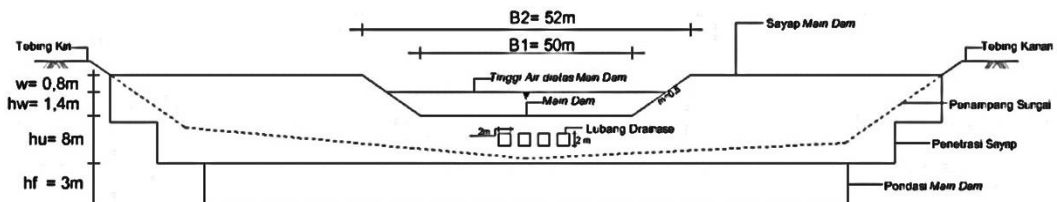


Gambar 4.6 Tinggi Main dam Sand Pocket

1.6.2 Perencanaan Lebar Peluap Main Dam

Untuk menghitung lebar peluap *main dam* digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} B_1 &= a \cdot \sqrt{Q_d} \\ B_1 &= 4 \cdot \sqrt{144,8903} \\ B_1 &= 48,148 \approx 50 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 4.7 Lebar Peluap Main Dam Sand Pocket

1.6.3 Tinggi Limpasan di Atas Peluap

Debit yang mengalir di atas peluap dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$Q_d = \left(\frac{2}{15}\right) \cdot C_d \cdot \sqrt{2g} (3B_1 + 2(B_1 + 2 \cdot m \cdot h_w)) h_w^{\frac{3}{2}}$$

$$144,8903 = \left(\frac{2}{15}\right) \cdot 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} (3 \cdot 50 + 2(50 + 2 \cdot 0,5 \cdot h_w)) h_w^{\frac{3}{2}}$$

$$144,8903 = 88,5887 h_w^{\frac{3}{2}} + 0,7087 h_w^{\frac{5}{2}}$$

$$144,8903 = h_w (88,5887 h_w^{\frac{1}{2}} + 0,7087 h_w^{\frac{3}{2}})$$

$$h_w = \frac{144,8903}{88,5887 h_w^{\frac{1}{2}} + 0,7087 h_w^{\frac{3}{2}}}$$

Dengan metode iterasi matematika maka didapatkan nilai h_w adalah sebagai berikut.

Tabel 4.7 Metode Iterasi Untuk Mendapatkan Nilai h_w

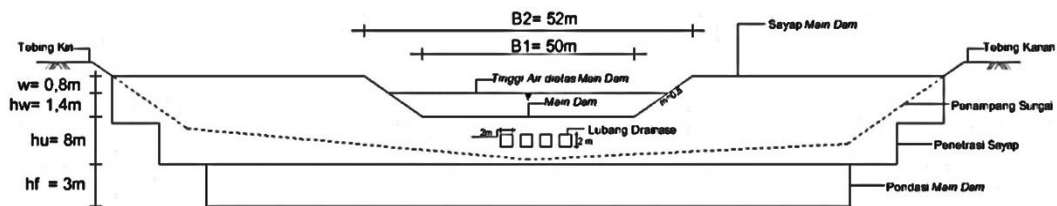
No	Misal (hw)	hw	Nilai koreksi
1	1,00000	1,62256	0,62256
2	1,62256	1,26753	0,35502
3	1,26753	1,43813	0,17060
4	1,43813	1,34832	0,08981
5	1,34832	1,39349	0,04517
6	1,39349	1,37023	0,02326
7	1,37023	1,38207	0,01184
8	1,38207	1,37601	0,00606
9	1,37601	1,37910	0,00309
10	1,37910	1,37752	0,00158
11	1,37752	1,37833	0,00081
12	1,37833	1,37791	0,00041
13	1,37791	1,37812	0,00021
14	1,37812	1,37802	0,00011
15	1,37802	1,37807	0,00006
16	1,37807	1,37804	0,00003
17	1,37804	1,37806	0,00001
18	1,37806	1,37805	0,00001
19	1,37805	1,37805	0,00000
20	1,37805	1,37805	0,00000

Dari cara iterasi matematika yang ditunjukkan pada Tabel 5.8 didapat $h_w = 1,378$ m dibulatkan menjadi 1,4 m. Nilai dari lebar air diatas peluap dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$B_2 = (B_1 + 2m \cdot h_w)$$

$$B_2 = (50 + 2 \times 0,5 \times 1,4)$$

$$B_2 = 51,4 \text{ m} \approx 52 \text{ m}$$

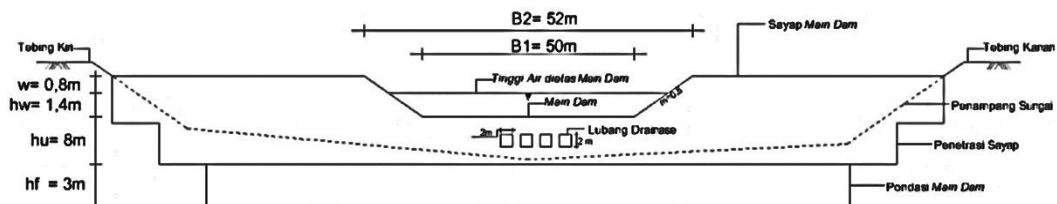


Gambar 4.8 Tinggi Air Diatas Main Dam

1.6.4 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan diperhitungkan untuk menghindari meluapnya aliran air ke samping sungai. Tinggi jagaan diperhitungkan berdasarkan ketinggian banjir rencana.

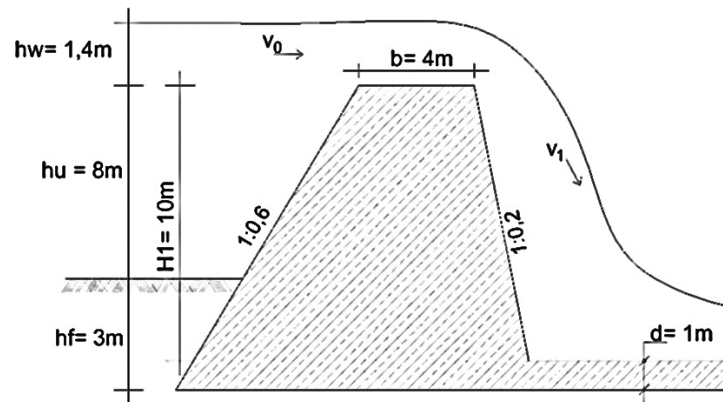
Berdasarkan Tabel 3.8 tinggi jagaan ditentukan sebesar 0,8m sebagai berikut.



Gambar 4.9 Tinggi Jagaan

1.6.5 Tebal Mercu Peluap Main Dam

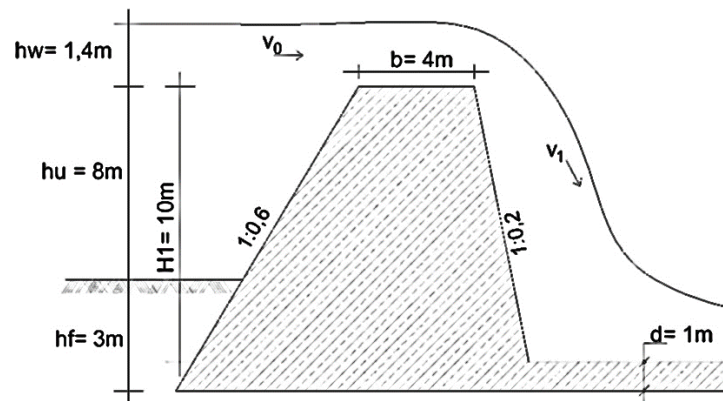
Tebal mercu peluap harus diperhitungkan terhadap segi stabilitas dan kemungkinan kerusakan akibat hidraulik aliran debris. Mercu berbentuk ambang lebar. Untuk penentuan tebal mercu peluap *main dam* digunakan Tabel 3.9 yaitu sebesar 4m karena aliran yang melewatinya merupakan aliran debris.



Gambar 4.10 Tebal Mercu *Main Dam*

1.6.6 Kedalaman Pondasi *Main Dam*

Sketsa kedalaman pondasi *main dam* dapat dilihat pada Gambar 5.11 sebagai berikut.



Gambar 4.11 Kedalaman Pondasi *Main Dam*

Untuk perhitungan kedalaman pondasi *main dam* digunakan persamaan sebagai berikut.

$$h_f = \left(\frac{1}{3} s/d \frac{1}{4} \right) x (h_u + h_w)$$

$$h_f = \left(\frac{1}{3} s/d \frac{1}{4} \right) x (8 + 1,4)$$

$$h_f = 2,35 \text{ m s/d } 3,133 \text{ m}$$

Kedalaman pondasi *main dam* diambil 3 m

1.6.7 Kemiringan Tubuh *Main Dam*

Kemiringan pada bagian hulu atas harus lebih besar dari bagian hilir, hal ini untuk menghindari abrasi pada bagian hilir dan memudahkannya air melimpas dari bagian hulu. Selain itu, hal ini juga untuk menjaga kestabilan *main dam*. Berikut ini merupakan nilai dari kemiringan pada bagian hulu dan hilir.

1. Kemiringan pada bagian hilir sudah ditentukan pada pedoman perencanaan yaitu $1: n = 1: 0,2$. Berat isi beton *main dam* $2,4 \text{ ton/m}^3$.
2. Kemiringan hulu, untuk mengetahui kemiringan hulu terlebih dahulu kita harus menghitung variable – variable berikut.

$$\alpha = \frac{h_w}{h_u}$$

$$\alpha = \frac{1,4}{8}$$

$$\alpha = 0,175$$

$$\beta = \frac{b}{h_u}$$

$$\beta = \frac{4}{8}$$

$$\beta = 0,5$$

$$\gamma = \frac{\gamma_c}{\gamma_w}$$

$$\gamma = \frac{2,4}{1}$$

$$\gamma = 2,4$$

Dari variabel-variabel diatas kemudian dihitung dengan persamaan berikut:

$$(1 + \alpha)m^2 + [2(n + \beta) + (4\alpha + \gamma) + 2\alpha\beta]m - [(1 + 3\alpha) + \alpha\beta(4n + \beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2)] = 0$$

Nilai m dihitung menggunakan rumus abc sebagai berikut.

$$m (\pm) = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = 1 + \alpha = 1,175$$

$$b = 2(n + \beta) + (4\alpha + \gamma) + 2\alpha\beta = 4,5443$$

$$c = -(1 + 3\alpha) + \alpha\beta(4n + \beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) = -2,8361$$

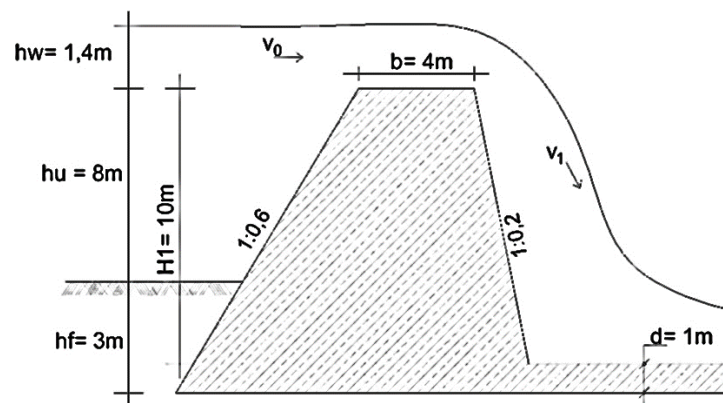
$$m(-) = \frac{-4,5443 - \sqrt{4,5443^2 - 4 \times 1,175 \times (-2,8361)}}{2 \times 1,175}$$

$$m(-) = -4,4135$$

$$m(+) = \frac{-4,5443 + \sqrt{4,5443^2 - 4 \times 1,175 \times (-2,8361)}}{2 \times 1,175}$$

$$m(+) = 0,54603 \approx 0,6$$

Sehingga kemiringan yang dipakai pada hulu adalah 1 : m = 1 : 0,6



Gambar 4.12 Kemiringan Tubuh *Main Dam*

1.6.8 Sayap *Main Dam*

Sayap *main dam* direncanakan sebagai sayap yang tidak dilimpasi air dan mempunyai kemiringan kearah dalam dari kedua sisi *main dam*.

1. Kemiringan Sayap

Kemiringan sayap ditentukan sesuai dengan pedoman perencanaan yaitu 2 : 1 (JICA, 1984).

2. Lebar Mercu Sayap

Lebar mercu sayap sama dengan lebar mercu peluap karena sayap juga harus diperhitungkan terhadap gaya tumbukan aliran debris maka ditentukan lebar sayap adalah 4m.

3. Penetrasi Sayap

Tanah pada bagian tebing sungai mudah tergerus oleh aliran air maka sayap harus direncanakan masuk kedalam tebing minimal sedalam 2m.

1.7 Perencanaan *Sub Dam* dan Lantai Terjun *Sand Pocket*

5.7.1 Lebar dan Tebal Peluap *Sub Dam*

Lembar dan tebal peluap *sub dam* direncanakan sesuai dengan perhitungan lebar dan tebal *main dam*.

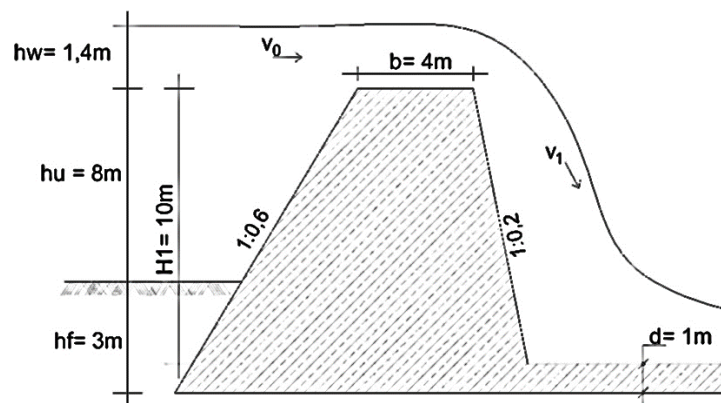
5.7.2 Tebal Kolam Olak

Tebal lantai terjun dihitung dengan persamaan berikut.

$$d = c (0,6 h_u + 3 h_w - 1)$$

$$d = 0,1 (0,6 \times 8 + 3 \times 1,5 - 1)$$

$$d = 0,83 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$



Gambar 4.13 Tebal Kolam Olak

5.7.3 Tinggi *Sub Dam*

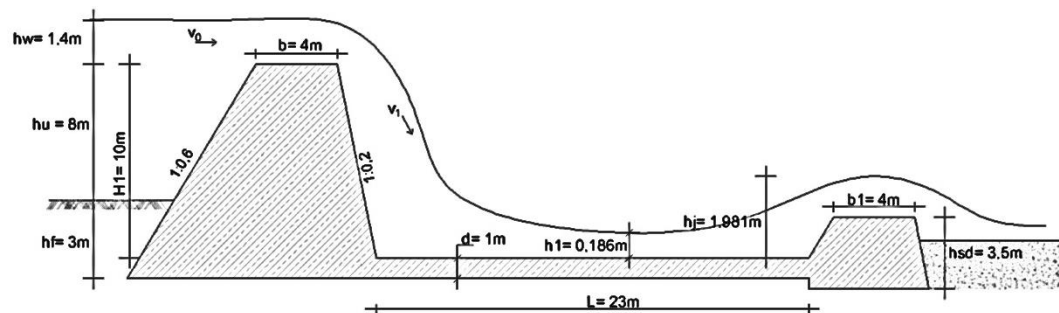
Tinggi *sub dam* direncanakan menggunakan persamaan yang disajikan sebagai berikut.

$$h_{sd} = \left(\frac{1}{3} s/d \frac{1}{4}\right) x (h_u + h_f)$$

$$h_{sd} = \left(\frac{1}{3} s/d \frac{1}{4}\right) x (8 + 3)$$

$$h_{sd} = 2,75 \text{ m s/d } 3,6667 \text{ m}$$

Tinggi *sub dam* diambil 3,5m.



Gambar 4.14 Tinggi Sub Dam

5.7.4 Panjang Lantai Terjun

Panjang lantai terjun dibatasi oleh jarak antara *main dam* dan *sub dam*, dimana rumus perhitungannya menggunakan rumus empiris dan rumus percobaan hidraulik sebagai berikut.

Rumus empiris:

$$L = (1,5 \sim 2,0) x ((h_u + h_f + h_w) - d)$$

Apabila tinggi bendung utama < 15 m koefisien yang dipakai 2,0

$$L = (2,0) x ((8 + 3 + 1,4) - 1)$$

$$L = 22,8 \approx 23 \text{ m}$$

Rumus percobaan hidraulik:

$$L > I_w + X + b_2$$

Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$V_1 = \sqrt{2g(H_1 + h_w)}$$

$$V_1 = \sqrt{2 \times 9,81 \times (10 + 1,4)}$$

$$V_1 = 14,9555 \text{ m/det}$$

$$q_1 = \frac{Q_d}{B_2}$$

$$q_1 = \frac{144,8903}{52}$$

$$q_1 = 2,7864 \text{ m}^3/\text{det}/\text{m}$$

$$V_0 = \frac{q_1}{h_w}$$

$$V_0 = \frac{2,7864}{1,4}$$

$$V_0 = 1,9902 \text{ m}/\text{det}$$

$$h_1 = \frac{q_1}{V_1}$$

$$h_1 = \frac{2,7864}{14,9555}$$

$$h_1 = 0,1863 \text{ m}$$

$$F_r = \frac{V_1}{\sqrt{2gh_1}}$$

$$F_r = \frac{14,9555}{\sqrt{2 \times 9,81 \times 0,1863}}$$

$$F_r = 7,8223$$

$$h_j = \frac{h_1}{2} \times \left(\sqrt{1 + 8F_r^2} - 1 \right)$$

$$h_j = \frac{0,1863}{2} \times \left(\sqrt{1 + 8(7,8223)^2} - 1 \right)$$

$$h_j = 1,9699 \text{ m}$$

$$X = \beta x h_j$$

$$X = 4 \times 1,9699$$

$$X = 7,8799 \text{ m}$$

$$I_w = \frac{V_0 \left(H_1 + \frac{1}{2} h_w \right)^{1/2}}{g}$$

$$I_w = \frac{1,9902 \times \left(10 + \left(\frac{1}{2} \times 1,4 \right) \right)^{1/2}}{9,81}$$

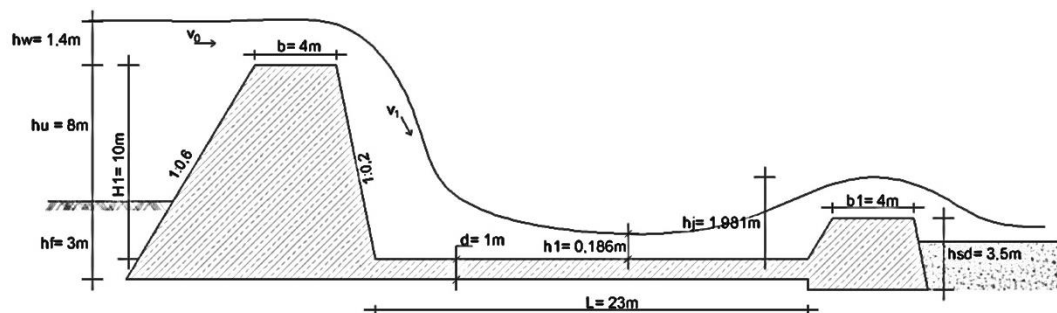
$$I_w = 0,6455 \text{ m}$$

$$L > I_w + X + b_2$$

$$L > 0,6455 + 7,8799 + 4$$

$$L > 12,5255 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas nilai L diambil 23 m.



Gambar 4.15 Panjang Kolam Olak

5.7.5 Kemiringan Tubuh Sub Dam

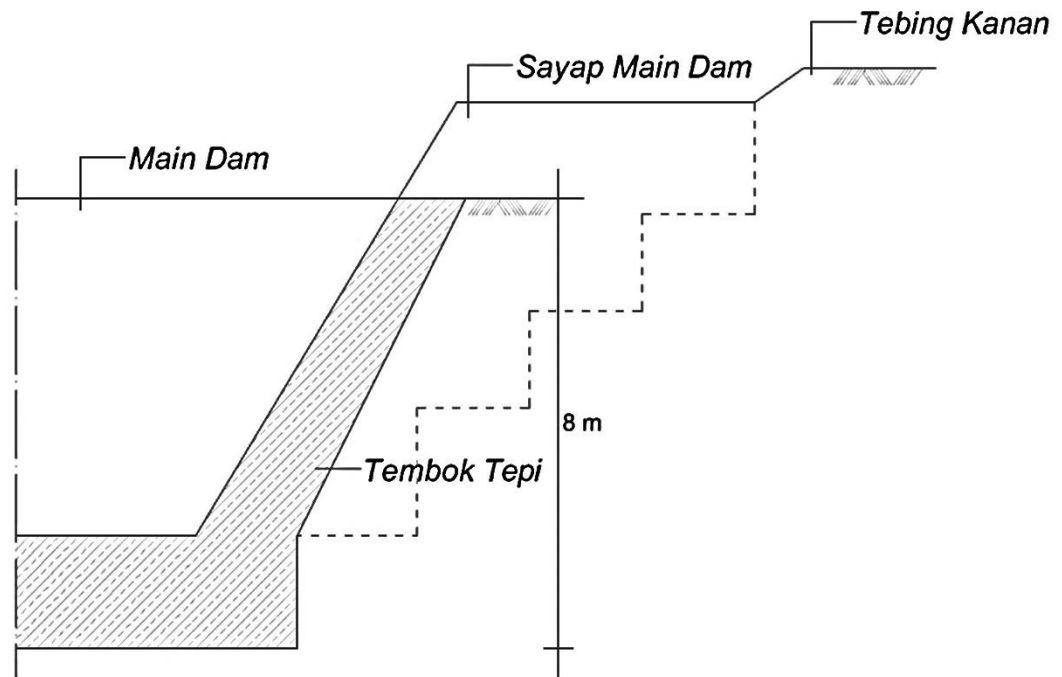
Perhitungan kemiringan tubuh *sub dam* sama dengan perhitungan kemiringan pada *main dam*.

1.8 Perencanaan Bangunan Pelengkap

5.8.1 Konstruksi Tembok Tepi

Tembok tepi berfungsi untuk mencegah erosi dan longsor antara *main dam* dan *sub dam* yang disebabkan oleh jatuhnya air yang melewati mercu *main dam*. Parameter yang harus diperhatikan dalam perencanaan tembok tepi adalah sebagai berikut.

1. Elevasi pondasi tembok tepi direncanakan sama dengan elevasi lantai terjun, tetapi harus terletak diluar titik jatuh air dari mercu *main dam*.
2. Kemiringan tembok tepi V:H = 1:0,5
3. Ketinggian tembok tepi harus direncanakan sama dengan sayap *sub dam*.



Gambar 4.16 Tembok Tepi

5.8.2 Perencanaan Lubang Drainase

Lubang drainase pada *main dam* direncanakan berukuran 1,5 sampai 2 kali diameter butiran sedimen terbesar. Untuk memenuhi kebutuhan air dihilir *main dam* maka dibuat lubang drainase pada *main dam*. Adapun untuk perhitungan dimensi lubang drainase digunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q = C.A.\sqrt{2gh_o}$$

$$101,3361 = 0,75xAx\sqrt{2x9,81x4}$$

$$101,3361 = 6,6442 x A$$

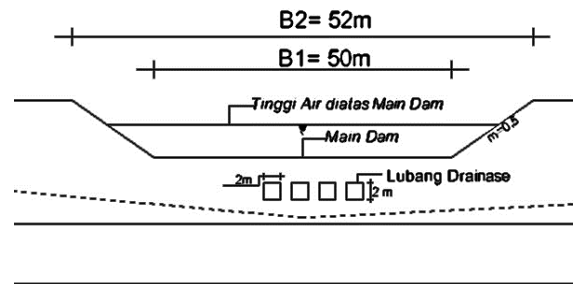
$$A = 15,251 \text{ m}^2$$

Lubang direncanakan berbentuk persegi dengan lebar dan tinggi 2m

$$A = n \times b \times d$$

$$15,251 = n \times 2 \times 2$$

$$n = 3,81275 \approx 4 \text{ buah}$$



Gambar 4.17 Lubang Drainase

1.9 Perhitungan Stabilitas *Main Dam* Pada *Sand Pocket*

Dihitung stabilitas *main dam* saja karena apabila bangunan *main dam* sudah stabil menahan gaya-gaya yang bekerja maka bangunan pendukung stabilitas *sand pocket* seperti kolam olak dan *sub dam* tidak diperhitungkan.

Gaya-gaya yang bekerja pada *main dam sand pocket* adalah sebagai berikut.

1. Berat sendiri

Diketahui nilai dari berat isi beton adalah $2,4 \text{ t/m}^3$

$$W_1 = \frac{1}{2} \times \gamma_c \times m \times H^2$$

$$W_1 = \frac{1}{2} \times 2,4 \times 0,6 \times 11^2$$

$$W_1 = 87,12 \text{ T/m}$$

$$W_2 = b \times \gamma_c \times H$$

$$W_2 = 4 \times 2,4 \times 11$$

$$W_2 = 105,6 \text{ T/m}$$

$$W_3 = \frac{1}{2} \times \gamma_c \times n \times H^2$$

$$W_3 = \frac{1}{2} \times 2,4 \times 0,2 \times 11^2$$

$$W_3 = 29,04 \text{ T/m}$$

2. Tekanan air statik

Diketahui nilai dari berat isi air adalah 1 T/m^3 adalah sebagai berikut.

$$P_V = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times m \times H^2$$

$$P_V = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,6 \times 11^2$$

$$P_V = 36,3 \text{ T/m}$$

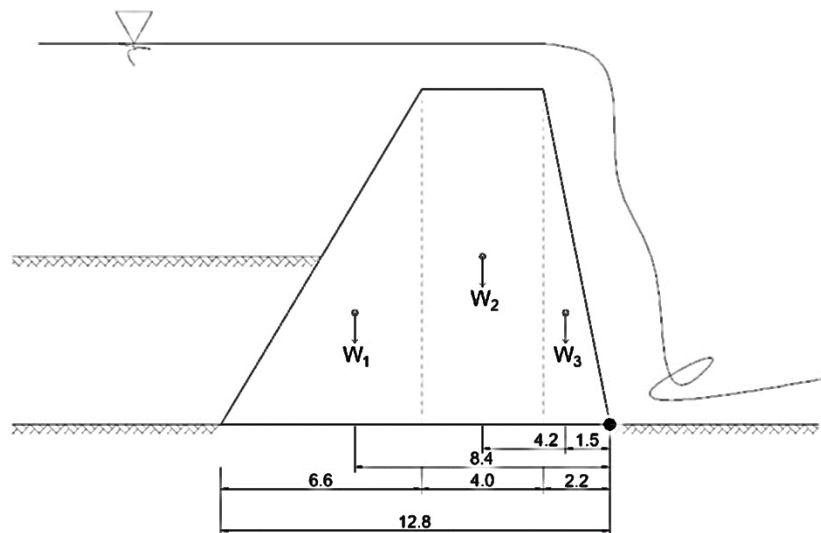
$$P_H = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times H^2$$

$$P_H = \frac{1}{2} \times 1 \times 11^2$$

$$P_H = 60,5 \text{ T/m}$$

3. Panjang lengan dari gaya yang bekerja terhadap titik tinjau adalah sebagai berikut.

a. Panjang lengan berat sendiri



Gambar 4.18 Panjang Lengan Gaya-Gaya Yang Bekerja Terhadap Titik Tinjau

b. Panjang lengan berat tekanan air statik

$$L_{pV} = \frac{1}{3} \times m \times H$$

$$L_{pV} = \frac{1}{3} \times 1 \times 11$$

$$L_{PV} = 2,2 \text{ m}$$

$$L_{PH} = \frac{1}{3} \times H$$

$$L_{PH} = \frac{1}{3} \times 11$$

$$L_{PH} = 3,667 \text{ m}$$

Perhitungan momen dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8 Perhitungan Momen Pada Main Dam Sand Pocket

Beban	Notasi	Gaya Vertikal (T/m)	Gaya Horizontal (T/m)	Lengan (m)	Momen Penahan(Tm/m)	Momen Pengguling (Tm/m)
Berat sendiri	W1	87,120		8,400	731,808	
	W2	105,600		4,200	443,520	
	W3	29,040		1,500	43,560	
Tekanan air statik	Pv	36,300		2,200	79,860	
	Ph		60,500	3,667		221,833
Jumlah Σ		258,060	60,500		1298,748	221,833

5.9.1 Stabilitas Terhadap Penggulingan

$$FK_{guling} = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} > 1,5$$

$$FK_{guling} = \frac{1298,748}{221,833} > 1,5$$

$$FK_{guling} = 5,85 > 1,5 \text{ OK}$$

Didapat hasil dari perhitungan stabilitas guling adalah sebesar $5,85 > 1,5$ maka stabilitas terhadap guling dinyatakan OK.

5.9.2 Stabilitas Terhadap Geser

Diketahui nilai kohesi tanah adalah 0, sudut geser dalam adalah 37° , berat isi sedimen $1,25 \text{ T/m}^3$, dan tinggi edapan tetap sedimen (h_s) adalah 4 m.

$$FK_{geser} = \frac{f \times \sum V + \tau_o \times b'}{\sum H} > 1,5$$

Dengan:

$$\tau_o = c + \sigma \times \tan \varphi$$

$$\sigma = \gamma_w \times (H - h_s) + (\gamma_s - \gamma_w) \times h_s$$

$$\sigma = 1 \times (11 - 4) + (1,25 - 1) \times 4$$

$$\sigma = 6,5 \text{ T/m}^2$$

$$\tau_o = c + \sigma \times \tan \varphi$$

$$\tau_o = 0 + 6,5 \times \tan 37$$

$$\tau_o = 4,898 \text{ T/m}^2$$

$$FK_{geser} = \frac{0,7 \times 258,06 + 4,898 \times 12,8}{60,5} > 1,5$$

$$FK_{geser} = 4,022 > 1,5 \text{ OK}$$

Didapat hasil dari perhitungan stabilitas geser adalah sebesar $4,022 > 1,5$ maka stabilitas terhadap geser dinyatakan OK.

5.9.3 Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Fondasi

1. Menghitung eksentrisitas resultan gaya

$$e = \frac{b'}{2} - x$$

Dengan:

$$x = \frac{\sum M}{\sum V}$$

$$x = \frac{1298,7480 - 221,8333}{258,06}$$

$$x = 4,1731 \text{ m}$$

$$e = \frac{b'}{2} - x$$

$$e = \frac{12,8}{2} - 4,1731$$

$$e = 2,226 \text{ m}$$

2. Tekanan tanah normal maksimum

$$\sigma_1 = \frac{\sum V}{b'} \times \left[1 + \frac{6 \times e}{b'} \right]$$

$$\sigma_1 = \frac{258,06}{12,8} \times \left[1 + \frac{6 \times 2,226}{12,8} \right]$$

$$\sigma_1 = 41,206 \text{ T/m}^2 < 100 \text{ T/m}^2 \text{ OK}$$

Didapat hasil dari perhitungan tekanan tanah normal maksimum adalah sebesar $41,206 \text{ T/m}^2 < 100 \text{ T/m}^2$ maka tekanan tanah normal maksimum dinyatakan OK.

3. Tekanan tanah normal minimum

$$\sigma_1 = \frac{\sum V}{b'} \times \left[1 - \frac{6 \times e}{b'} \right]$$

$$\sigma_1 = \frac{258,06}{12,8} \times \left[1 - \frac{6 \times 2,226}{12,8} \right]$$

$$\sigma_1 = -0,884 \text{ T/m}^2 < 100 \text{ T/m}^2 \text{ OK}$$

Didapat hasil dari perhitungan tekanan tanah normal minimum adalah sebesar $-0,884 \text{ T/m}^2 < 100 \text{ T/m}^2$ maka tekanan tanah normal minimum dinyatakan OK.

1.10 Perhitungan Stabilitas Tembok Tepi

Tinggi tembok tepi adalah 8 m, karena $h > 3\text{m}$ maka tembok tepi dibuat 2 trap dengan pembagian masing masing trap adalah 4 m. Dengan asumsi desain trap 1 dan 2 sama maka dalam perhitungan stabilitas tembok tepi cukup dihitung satu trap saja. Parameter perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\varphi = 37^\circ$$

$$\delta = \frac{2}{3} \times 37^\circ = 24,667^\circ$$

$$t_a = 0,35 \text{ m}$$

$$t_b = 0,95 \text{ m}$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$m = 0,35$$

$$n = 0,5$$

$$\theta = 0,5$$

Gaya-gaya yang bekerja adalah sebagai berikut.

1. Berat sendiri

$$W_G = \frac{h}{2} \times (t_a + t_b) \times \gamma_c$$

$$W_G = \frac{4}{2} \times (0,35 + 0,95) \times 2,4$$

$$W_G = 6,24 \text{ T/m}$$

2. Berat tanah

$$W_s = \frac{1}{2} \times m \times \gamma_s \times h^2$$

$$W_s = \frac{1}{2} \times 0,5 \times 1,25 \times 4^2$$

$$W_s = 3,5 \text{ T/m}$$

3. Tekanan tanah aktif

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_s \times h^2$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos^2\theta \times \cos(\theta + \delta) \times \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \times \sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \times \cos(\theta - \alpha)}} \right\}^2}$$

$$K_a$$

$$= \frac{\cos^2(37 - (-19))}{\cos^2(-19) \times \cos(-19 + 24,667) \times \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(37 + 24,667) \times \sin(37 - 0)}{\cos(-19 + 24,667) \times \cos(-19 - 0)}} \right\}^2}$$

$$K_a = 0,2649$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_s \times h^2$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times 0,2649 \times 1,25 \times 4^2$$

$$P_a = 2,6492 \text{ T/m}$$

$$P_{aV} = P_a \times \sin \delta$$

$$P_{aV} = 2,6492 \times \sin 24,667$$

$$P_{aV} = 1,3551 \text{ T/m}$$

$$P_{aH} = P_a \times \cos \delta$$

$$P_{aH} = 2,6492 \times \cos 24,667$$

$$P_{aH} = 2,3366 \text{ T/m}$$

4. Panjang lengan gaya-gaya yang bekerja terhadap titik tinjau adalah sebagai berikut.

- a. Panjang lengan berat sendiri

$$L_w = \left\{ \frac{t_b^2 + t_b \times t_a + t_a^2}{3(t_b + t_a)} \right\} + \frac{n \times h}{3} \times \left\{ \frac{t_b + 2 \times t_a}{t_b + t_a} \right\}$$

$$L_w = \left\{ \frac{0,95^2 + 0,95 \times 0,35 + 0,35^2}{3(0,95 + 0,35)} \right\} + \frac{0,5 \times 4}{3} \times \left\{ \frac{0,95 + 2 \times 0,35}{0,95 + 0,35} \right\}$$

$$L_w = 1,1942 \text{ m}$$

- b. Panjang lengan berat tanah

$$L_s = \frac{h}{3}$$

$$L_s = \frac{4}{3}$$

$$L_s = 1,3333 \text{ m}$$

- c. Panjang lengan tekanan tanah aktif

$$L_e = t_b + \frac{1}{3} \times m \times h$$

$$L_e = 0,95 + \frac{1}{3} \times 0,35 \times 4$$

$$L_e = 1,4167 \text{ m}$$

$$h_e = \frac{h}{3}$$

$$h_e = \frac{4}{3}$$

$$h_e = 1,3333 \text{ m}$$

Perhitungan momen dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.9 Perhitungan Momen Pada Tembok Tepi

Beban	Notasi	Gaya vertikal (t/m)	Gaya horizontal (t/m)	Lengan (m)	Momen penahan (tm/m)	Momen pengguling (tm/m)
Berat sendiri	Wg	6,240		1,194	7,452	
Berat tanah	Ws	3,500		1,333	4,667	
Tekanan tanah aktif	Pav	1,355		1,417	1,920	
	Pah		2,367	1,333		3,156
jumlah Σ		11,095	2,367		14,038	3,156

4.10.1 Stabilitas Terhadap Guling

$$FK_{guling} = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} > 1,5$$

$$FK_{guling} = \frac{14,038}{3,156} > 1,5$$

$$FK_{guling} = 4,448 > 1,5$$

Didapat hasil dari perhitungan stabilitas guling adalah sebesar $4,448 > 1,5$ maka stabilitas terhadap guling dinyatakan OK.

4.10.2 Stabilitas Terhadap Geser

$$FK_{geser} = \frac{f \times \sum V + \tau_o \times t_b}{\sum H} > 1,5$$

$$\tau_o = c + \sigma \times \tan \varphi$$

$$\sigma = (\gamma_s - \gamma_w) \times h$$

$$\sigma = (1,25 - 1) \times 4$$

$$\sigma = 1 \text{ T/m}^2$$

$$\tau_o = c + \sigma \times \tan \varphi$$

$$\tau_o = 0 + 1 \times \tan 37$$

$$\tau_o = 1,7535 \text{ T/m}^2$$

$$FK_{geser} = \frac{f \times \sum V + \tau_o \times t_b}{\sum H} > 1,5$$

$$FK_{geser} = \frac{0,7 \times 11,095 + 1,7535 \times 0,95}{2,367}$$

$$FK_{geser} = 3,985 > 1,5 \text{ OK}$$

Didapat hasil dari perhitungan stabilitas geser adalah sebesar $3,985 > 1,5$ maka stabilitas terhadap geser dinyatakan OK.

4.10.3 Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Fondasi

1. Menghitung eksentrisitas resultan gaya

$$e = \frac{t_b}{2} - x$$

Dengan:

$$x = \frac{\sum M}{\sum V}$$

$$x = \frac{14,038 - 3,156}{11,095}$$

$$x = 0,9808 \text{ m}$$

$$e = \frac{t_b}{2} - x$$

$$e = \frac{0,95}{2} - 0,9808$$

$$e = -0,50587 \text{ m}$$

2. Menghitung tekanan tanah normal maksimum

$$\sigma_1 = \frac{\sum V}{t_b} \times \left[1 + \frac{6 \times e}{t_b} \right]$$

$$\sigma_1 = \frac{11,095}{0,95} \times \left[1 + \frac{6 \times -0,50587}{0,95} \right]$$

$$\sigma_1 = -25,6352 \text{ T/m}^2 < 100 \text{ T/m}^2$$

Didapat hasil dari perhitungan tekanan tanah normal maksimum adalah sebesar $-25,6352 \text{ T/m}^2 < 100 \text{ T/m}^2$ maka tekanan tanah normal maksimum dinyatakan OK.

3. Menghitung tekanan tanah normal minimum

$$\sigma_2 = \frac{\sum V}{t_b} \times \left[1 - \frac{6 \times e}{t_b} \right]$$

$$\sigma_2 = \frac{11,095}{0,95} \times \left[1 - \frac{6 \times -0,50587}{0,95} \right]$$

$$\sigma_2 = 48,9933 \text{ T/m}^2 < 100 \text{ T/m}^2$$

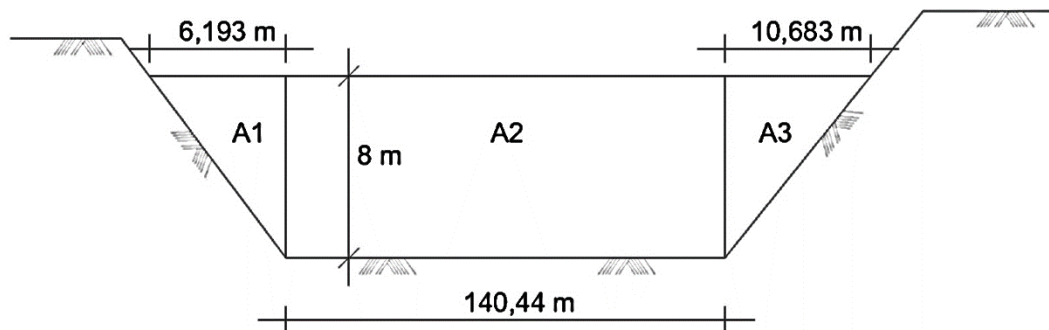
Didapat hasil dari perhitungan tekanan tanah normal minimum adalah sebesar $48,9933 \text{ T/m}^2 < 100 \text{ T/m}^2$ maka tekanan tanah normal minimum dinyatakan OK.

1.11 Perhitungan Daya Tampung

Dalam perhitungan daya tampung *sand pocket* digunakan parameter-parameter sebagai berikut:

1. Kemiringan sungai asli
2. Kemiringan dasar sungai stabil
3. Tinggi efektif *main dam*
4. Sketsa potongan melintang dan memanjang sungai

Dari parameter-parameter tersebut dapat ditentukan besarnya volume sedimen yang dapat ditampung oleh *sand pocket*.



Gambar 4.19 Dimensi Penampang Melintang Sungai dan Sand Pocket

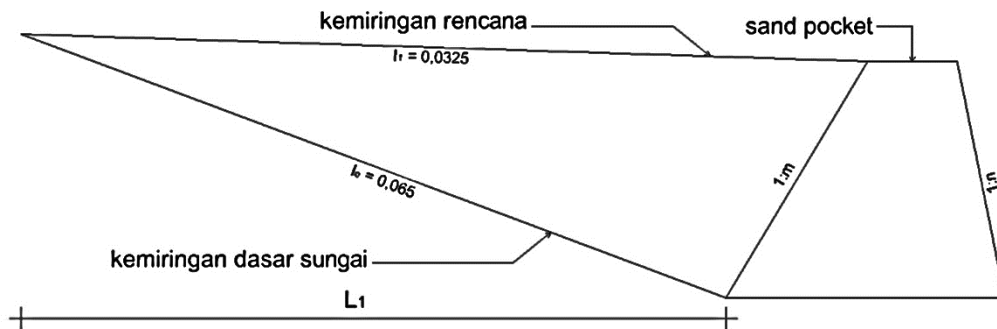
Menghitung luas penampang tampungan sedimen

$$A_1 = \frac{1}{2} \times 8 \times 6,1935 = 24,774 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 8 \times 140,44 = 1123,52 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \frac{1}{2} \times 8 \times 10,6833 = 42,733 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total penampang (A)} = 1191,027 \text{ m}^2$$



Gambar 4.20 Penampang Memanjang Sungai

Mencari panjang L menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L_1 = \frac{h_u}{(I_o - I_1)}$$

$$L_1 = \frac{8}{(0,065 - 0,0325)}$$

$$L_1 = 246,154 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas besarnya tampungan *sand pocket* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

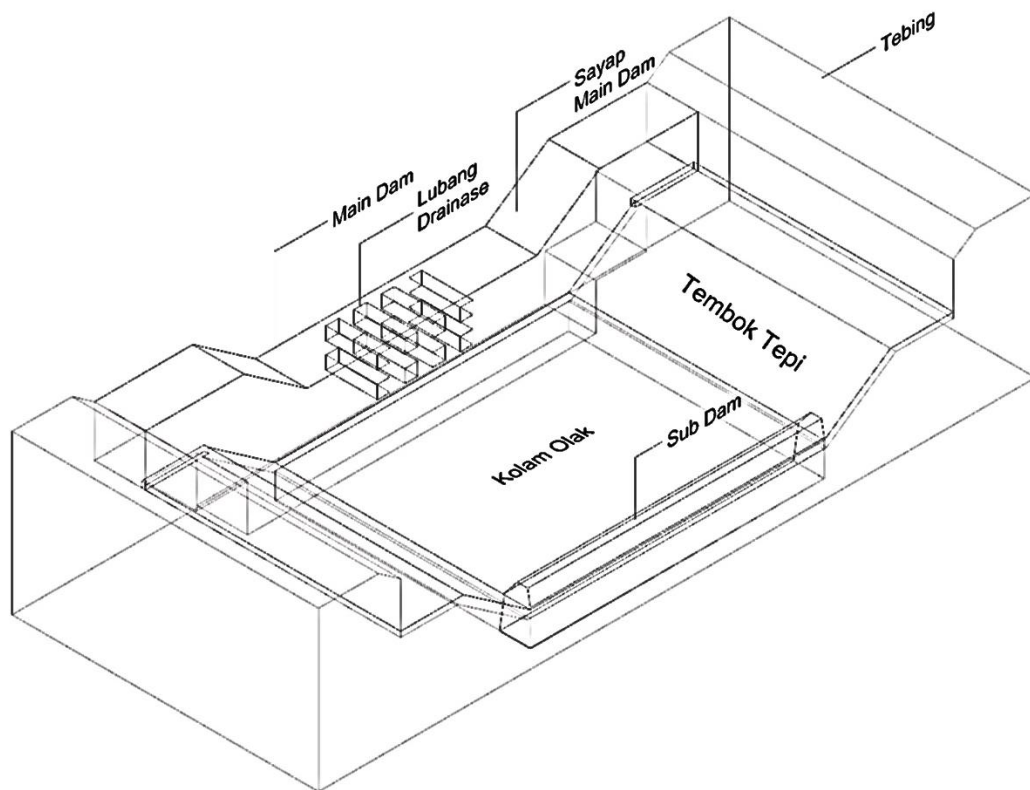
$$V_s = A \times L_1$$

$$V_s = 1191,027 \times 246,154$$

$$V_s = 293.176,0602 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan dapat diketahui besarnya sedimen yang mampu ditampung oleh sand pocket yaitu sebesar 293.176,0602 m³.

Sketsa sand pocket dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut.



Gambar 4.21 Sketsa *Sand Pocket*