

## **BAB III LANDASAN TEORI**

### **3.1 Tinjauan Umum**

Pada penelitian ini sebagian besar berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia 2851 tentang Desain Bangunan Penahan Sedimen dan referensi lain mengenai perencanaan bangunan *sand pocket*.

*Sand Pocket* merupakan salah satu bangunan pengendali sedimen yang dibangun pada posisi tengah antara bangunan penahan sedimen *sabo dam* ataupun paling hilir dari semua jenis bangunan pengendali sedimen. *Sand pocket* pada umumnya berupa tanggul yang dibangun melintang sungai serta pada bagian kanan dan kiri *sand pocket* diberi penahan, *sand pocket* juga dilengkapi dengan pelimpah untuk melewatkan air.

*Sand pocket* memiliki fungsi utama yaitu untuk menampung sedimen yang berada pada daerah hilir sungai, serta digunakan juga untuk mengurangi kecepatan aliran banjir lahar dingin yang terjadi. Sedangkan fungsi *sand pocket* pada hilir adalah untuk mengurangi pendangkalan pada sungai, mengurangi gerusan pada dasar sungai bagian hilir, mengurangi kecepatan aliran lahar dingin. Apabila tampungan sedimen yang berada di *sand pocket* sudah penuh maka sedimen tersebut harus dikeruk dan membuangnya keluar dari *sand pocket* (JICA, 2011).

Selain fungsi utama sebagai bangunan penahan sedimen dalam jumlah besar, keuntungan dari *sand pocket* ini adalah dapat memberikan nilai tambah dibanding bangunan pengendali sedimen lainnya dalam hal ini material hasil pengendapan pada kantong pasir dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambang galian golongan C yang merupakan komponen utama dalam pembangunan infrastruktur.

Sedimen adalah hasil dari proses erupsi gunung berapi dan erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya yang mengendap di bagian bawah kaki gunung, di daerah genangan banjir, saluran air, sungai, waduk (Chay Asdak, 2004). Selain itu, sedimentasi juga dapat diartikan sebagai proses

mengendapnya material fragmental oleh air sebagai akibat dari adanya erosi. (Soemarto,1987).

Lahar adalah aliran material vulkanik yang biasanya berupa campuran batu, pasir dan kerikil akibat adanya aliran air yang terjadi di lereng gunung berapi.

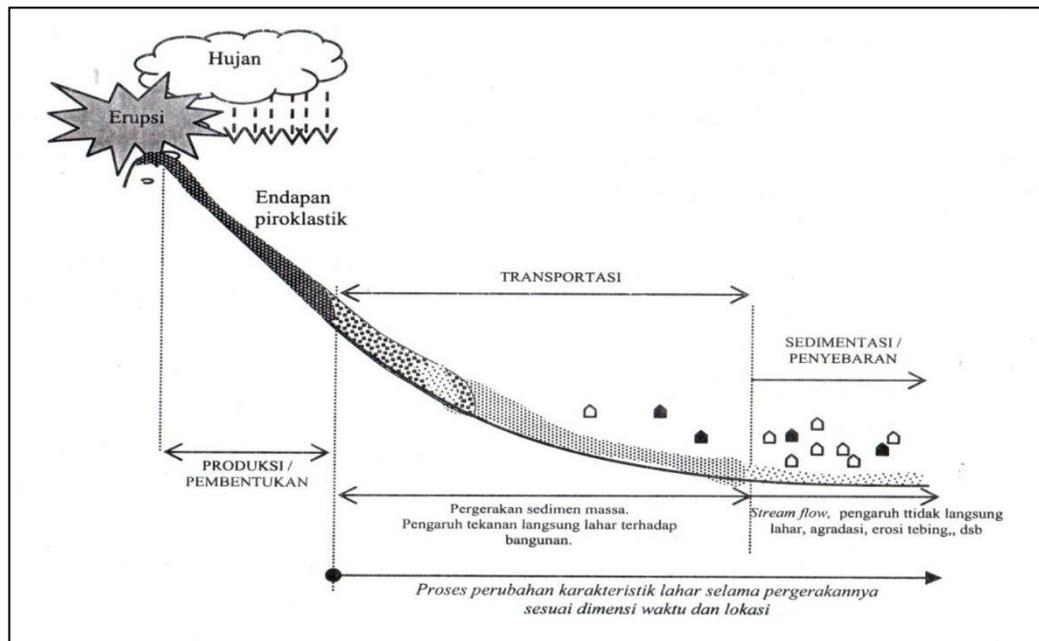
Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air

Debris adalah aliran material campuran pasir, kerikil, dan batu serta pohon-pohon yang tumbang dalam volume yang sangat besar. Kecepatan aliran debris mencapai 20-40 km/jam, sehingga memiliki daya rusak yang besar. Aliran debris bukan transpor butir sedimen individual seperti transpor sedimen di sungai, melainkan transpor material sedimen secara kolektif, yang lebih banyak diakibatkan oleh gaya berat (gravitasi) kumpulan material pasir, kerikil, dan batu.

### **3.2 Aliran Debris dan Sedimentasi**

Aliran debris dan sedimentasi merupakan dua kejadian yang saling berkaitan. Aliran lahar dingin merupakan salah satu jenis aliran debris di daerah vulkanik (gunung berapi) yang terbentuk dari campuran air dan sedimen. Aliran debris didefinisikan sebagai gerakan secara gravitasi dari campuran sedimen dan air, bentuknya hampir menyerupai bubur dimana volume sedimen lebih besar dari volume air.

Aliran debris mengalir ke bagian hilir dengan kecepatan tinggi dan menerjang semua objek yang dilewatinya, seperti bangunan infrastruktur di sungai dan pemukiman penduduk disekitarnya. Aliran lahar dingin dapat terjadi karena dipicu adanya jumlah material sedimen yang sangat besar, intensitas hujan yang tinggi, dan kemiringan dasar sungai yang curam. Ilustrasi proses terbentuknya aliran lahar di wilayah vulkanik dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 1.1 Ilustrasi Proses Terbentuknya Aliran Debris**

(Sumber: H. Kusumosubroto, 2013)

### 3.2.1 Proses Terjadinya Sedimentasi

Proses sedimentasi yaitu proses terkumpulnya butir-butir tanah yang terjadi karena kecepatan aliran air yang mengangkut bahan sedimen mencapai kecepatan pengendapan (*Settling Velocity*). Proses sedimentasi dapat terjadi pada lahan-lahan pertanian maupun di sepanjang dasar sungai, dasar waduk, muara, dan sebagainya. Beberapa akibat yang ditimbulkan oleh sedimentasi seperti:

1. Di sungai, pengendapan sedimen di dasar sungai yang menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian mengakibatkan meningginya muka air sehingga bisa berakibat banjir.
2. Disaluran, akan terjadi pengendapan sedimen saluran. Tentu akan diperlukan biaya yang cukup besar untuk pengerukan sedimen tersebut dan pada keadaan tertentu pelaksanaan pengerukan dapat berakibat berhentinya operasi saluran tersebut.
3. Di waduk, pengendapan sedimen dapat berakibat mengurangi daya tampung air yang berakibat berkurangnya umur rencana waduk.
4. Di bendung / pintu-pintu air, mengakibatkan pintu air sulit untuk dioperasikan, mengganggu aliran air yang melewati bendung/pintu air, serta bahaya

penggerusan pada bagian hilir bangunan bendung yang dapat mengakibatkan terangkutnya material alas sungai.

### **3.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Sedimentasi**

Proses terjadinya sedimentasi merupakan bagian dari proses erosi tanah. Timbulnya bahan sedimen adalah sebagai akibat dari erosi tanah yang terjadi. Proses erosi dan sedimentasi di Indonesia yang lebih berperan adalah faktor air, sedangkan faktor angin relatif kecil.

Menurut Langbein (*Kironoto, 2003*) beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya sedimen yaitu:

1. Iklim
2. Tanah
3. Topografi
4. Tanaman
5. Karakteristik hidrolisika sungai
6. Erupsi gunung berapi

## **3.3 Metode Analisis Hidrologi**

Sebelum merencanakan *sand pocket*, langkah pertama yang dilakukan adalah merencanakan debit banjir rancangan yang akan digunakan. Data-data hidrologi yang diperoleh dianalisis untuk memperoleh besarnya debit banjir rancangan dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas bangunan sungai. Berikut ini adalah metode-metode analisis hidrologi yang akan digunakan.

### **3.3.1 Metode Perhitungan Curah Hujan Wilayah**

Metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan daerah aliran dari catatan hujan lokal pada stasiun pengukur curah hujan yaitu metode perhitungan rata-rata (Bambang Triatmodjo, 2008).

Metode perhitungan rata-rata aritmatik (*arithmetic mean*) adalah cara yang paling sederhana dalam menghitung curah hujan pada suatu daerah. Metode ini

biasanya digunakan untuk daerah yang datar, dengan pos curah hujan yang cukup banyak dan dengan anggapan bahwa curah hujan didaerah tersebut bersifat seragam (*uniform distribution*).

Rumusnya adalah:

$$R_{ave} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 \dots R_n}{n} \quad (3.1)$$

Dengan:

$R_{ave}$  = curah hujan rata-rata (mm)

$n$  = jumlah stasiun pengukuran hujan

$R_1 \dots R_n$  = besar curah hujan masing-masing stasiun (mm)

### 3.3.2 Analisis Frekuensi Hujan Rancangan

Suatu kenyataan bahwa tidak semua varian dari suatu variable hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, akan tetapi kemungkinan ada nilai varian yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya. Besarnya derajat dari suatu sebaran varian disekitar nilai rata-ratanya disebut variasi atau dispersi. Cara mengukur besarnya disperse disebut pengukuran disperse. Rumus yang digunakan (Bambang Triatmodjo, 2008).

#### 1. Harga Rata-Rata ( $\bar{X}$ )

Rumusnya adalah:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n X_i}{n} \quad (3.2)$$

Dengan:

$\bar{X}$  = Curah Hujan Rata-Rata (mm)

$X_i$  = Curah Hujan di Stasiun Hujan Ke I (mm)

$n$  = Jumlah Data

#### 2. Standar Deviasi ( $S_x$ )

Rumusnya adalah:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

Dengan:

$S_x$  = Standar Deviasi

$\bar{X}$  = Curah Hujan Rata-Rata (mm)

$X_i$  = Curah Hujan di Stasiun Hujan ke I (mm)

$n$  = Jumlah Data

### 3. Koefisien Skewness ( $C_s$ )

Rumusnya adalah:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_x^3} \quad (3.4)$$

Dengan:

$C_s$  = Koefisien Skewness

$\bar{X}$  = Curah Hujan Rata-Rata (mm)

$X_i$  = Curah Hujan di Stasiun Hujan ke I (mm)

$n$  = Jumlah Data

$S_x$  = Standar Deviasi

### 4. Koefisien *Kurtosis* ( $C_k$ )

Rumusnya adalah:

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_x^4} \quad (3.5)$$

Dengan:

$C_k$  = Koefisien *Kurtosis*

$\bar{X}$  = Curah Hujan Rata-Rata (mm)

$X_i$  = Curah Hujan di Stasiun Hujan ke I (mm)

$n$  = Jumlah Data

$S_x$  = Standar Deviasi

### 5. Koefisien Variasi ( $C_v$ )

Rumus adalah:

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{X}} \quad (3.6)$$

Dengan:

$C_v$  = Koefisien Variasi

$\bar{X}$  = Curah Hujan Rata-Rata (mm)

$S_x$  = Standar Deviasi

Beberapa bentuk jenis distribusi yang dipakai dalam analisis frekuensi untuk hidrologi diantaranya:

### 1. Distribusi Log normal

Distribusi log normal digunakan apabila nilai-nilai dari variable random tidak mengikuti distribusi normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi distribusi normal. Dalam hal ini, fungsi densitas probabilitas (PDF) diperoleh dengan melakukan transformasi, yang dalam hal ini digunakan persamaan tranformasi berikut:

$$y = \ln X \quad (3.7)$$

Dengan:

$X$  = Nilai maksimum curah hujan (mm)

Sifat-sifat distribusi lognormal adalah sebagai berikut:

Koefisien kemencengan :  $C_s = 3 C_v + C_v^3$

Koefisien kurtosis :  $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$

Menentukan curah nilai ( $y$ ) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$z = \frac{y - \bar{X}_y}{S_y}$$

Dengan:

$z$  = Nilai probabilitas kumulatif

$\bar{X}_y$  = Nilai rerata dari fungsi  $y = \ln X$  (mm)

$S_y$  = Standar deviasi dari fungsi  $y = \ln X$

Setelah didapatkan nilai ( $y$ ) selanjutnya dilakukan analisis besarnya curah hujan kala ulang tahun dengan menggunakan persamaan berikut:

$$y = \ln X_t$$

Dengan:

$X_t$  = besarnya curah hujan dengan periode  $t$  (mm)

### 2. Distribusi Gumbel

Distribusi gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, seperti untuk analisis frekuensi banjir. Persamaan yang dipakai dalam distribusi gumbel adalah:

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0,5772 + \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \quad (3.8)$$

Dengan:

$K_T$  = Faktor Frekuensi

$T$  = Kala ulang

Distribusi gumbel mempunyai sifat:

Koefisien kemelencengan :  $C_s=1,14$

Koefisien kurtosis :  $C_k=5,4$

Untuk menentukan curah hujan kala ulang tahun maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$X_t = (\bar{X} + K_T \times S_x)$$

Dengan:

$X_t$  = besarnya curah hujan dengan periode t (mm)

$\bar{X}$  = Curah Hujan Rata-Rata (mm)

$S_x$  = Standar Deviasi

$K_T$  = Faktor Frekuensi

### 3. Distribusi Log Pearson III

Digunakan apabila parameter statistik  $C_s$  dan  $C_k$  mempunyai nilai selain dari parameter statistik untuk distribusi yang lain (normal, log normal, dan gumbels).

$$X_t = (\bar{X}_y + K_T \times S_y) \quad (3.9)$$

Dengan:

$X_t$  = nilai logaritmik besarnya curah hujan dengan periode t (mm)

$\bar{X}_y$  = Nilai rerata dari fungsi  $y = \ln X$  (mm)

$S_y$  = Standar deviasi dari fungsi  $y = \ln X$

$K_T$  = Faktor frekuensi, yang merupakan fungsi dari probabilitas dan nilai  $C_s$ , yang disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 1.1 Nilai  $K_T$  Distribusi Pearson III (Kemencengan Positif)

skew coefficient (Cs)	Return period in years						
	2	5	10	25	50	100	200
	Exceedence probability (%)						
	50	20	10	4	2	1	0.5
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.904
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

(sumber: Bambang Triatmojo,2008)

Tabel 1.2 Nilai  $K_T$  distribusi Pearson III (kemencengan negatif)

skew coefficient (Cs)	Return period in years						
	2	5	10	25	50	100	200
	Exceedence probability (%)						
	50	20	10	4	2	1	0.5
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

(sumber: Bambang Triatmojo,2008)

### 3.3.3 Uji Kecocokan / Sebaran *Chi Kuadrat*

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sample data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat

menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter.

Rumusnya adalah:

$$X_2C_r = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{Ef_i - Of_i}{Of_i} \right]^2 \quad (3.10)$$

Dengan:

$X_2C_r$  = Harga *Chi Kuadrat*

$Ef_i$  = Banyaknya frekuensi yang diharapkan pada data ke  $i$

$Of_i$  = Frekuensi yang terbaca dikelas yang sama pada data ke  $i$

$n$  = Jumlah data

### 3.3.4 Prosedur Perhitungan Uji *Chi Kuadrat*

Prosedur perhitungan uji chi kuadrat adalah sebagai berikut.

1. Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil
2. Menghitung jumlah kelas yang ada ( $K$ ) =  $1 + 3,322 \log n$
3. Dalam pembagian kelas disarankan agar setiap kelas terdapat minimal tiga buah pengamatan.
4. Hitung nilai  $E_f = \left[ \frac{\sum n}{\sum k} \right]$
5. Hitung banyaknya  $O_f$  untuk masing-masing kelas.
6. Hitung nilai  $X_2C_r$  untuk setiap kelas kemudian hitun total  $X_2C_r$  dari tabel untuk derajat nyata tertentu yang sering diambil sebesar 5% dengan parameter derajat kebebasan.

Rumus derajat kebebasan adalah:

$$DK = K - (R + 1) \quad (3.11)$$

Dengan:

$DK$  = Derajat Kebebasan

$K$  = Banyaknya Kelas

$R$  = banyaknya keterikatan untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2

Tabel 1.3 Nilai Chi Kuadrat Kritis

DK	Distribusi $\chi^2$											
	0.99	0.95	0.9	0.8	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.01	0.001
1	0.000	0.004	0.016	0.064	0.148	0.455	1.074	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	0.020	0.103	0.211	0.446	0.713	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	0.115	0.352	0.584	1.005	1.424	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	0.297	0.711	1.064	1.649	2.195	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
5	0.554	1.145	1.610	2.343	3.000	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	15.086	20.517
6	0.872	1.635	2.204	3.070	3.828	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	16.812	22.457
7	1.239	2.167	2.833	3.822	4.671	6.346	8.383	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	1.646	2.733	3.890	4.594	5.527	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	20.090	26.425
9	2.088	3.325	4.168	5.380	6.393	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	21.666	27.877
10	2.558	3.940	6.179	6.179	7.267	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	3.053	4.575	5.578	6.989	8.148	10.341	12.899	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	3.571	5.226	6.304	7.807	9.034	11.340	14.011	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	4.107	5.892	7.042	8.634	9.926	12.340	15.119	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	4.660	6.571	7.790	9.467	10.821	13.339	16.222	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	5.229	7.261	8.547	10.307	11.721	14.339	17.322	19.311	22.307	24.996	30.578	37.697
16	5.812	7.962	9.312	11.152	12.624	15.338	18.418	20.465	23.542	26.296	32.000	39.252
17	6.408	8.672	10.085	12.002	13.531	16.338	19.511	21.615	24.769	27.587	33.409	40.790
18	7.015	9.390	10.865	12.857	14.440	17.338	20.601	22.760	25.989	28.869	34.805	42.312
19	7.633	10.117	11.651	13.716	15.352	18.338	21.689	23.900	27.204	30.144	36.191	43.820
20	8.260	10.851	12.443	14.578	16.266	19.377	22.775	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315
21	8.897	11.501	13.240	15.445	17.182	20.377	23.858	26.171	29.615	32.671	38.932	46.797
22	9.542	12.338	14.041	16.314	18.101	21.337	24.939	27.301	30.813	33.924	40.289	48.268
23	10.196	13.091	14.848	17.187	19.021	22.337	26.018	28.429	32.007	35.172	41.638	49.728
24	10.856	13.848	15.659	18.062	19.943	23.337	27.096	29.553	33.196	36.415	42.980	51.179
25	11.524	14.611	16.473	18.940	20.867	24.337	28.172	30.675	34.382	37.652	44.314	52.620
26	12.198	15.379	17.292	19.820	21.792	25.336	29.246	31.795	35.563	38.886	45.642	54.052
27	12.879	16.151	18.114	20.703	22.719	26.336	30.319	32.912	36.741	40.113	46.963	55.476
28	13.565	16.928	18.939	21.588	23.647	27.336	31.391	34.027	37.916	41.337	48.278	56.893
29	14.256	17.708	19.768	22.475	24.577	28.336	32.461	35.139	39.087	42.557	49.588	58.302
30	14.953	18.493	20.599	23.364	25.508	29.336	33.530	36.250	40.258	43.773	50.892	59.703

(sumber: Bambang Triatmojo,2008)

### 3.3.5 Metode Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Analisis debit banjir rencana dihitung menggunakan rumus rasional. Beberapa hal yang menjadi faktor penggunaan metode rasional adalah sebagai berikut:

1. Digunakan untuk DAS kecil agar periode ulang banjir sama dengan periode ulang hujan, dalam mendesain suatu bangunan salah satu hal yang diperhatikan adalah kala ulang rencana dari bangunan tersebut. Dibawah ini tersaji tabel yang menunjukkan kala ulang banjir rancangan untuk bangunan air berikut ini.

**Tabel 1.4 Kala Ulang Banjir Rancangan Untuk Bangunan Sungai**

<b>Jenis Bangunan Kala Ulang Banjir Rancangan</b>	<b>Tahun</b>
Bendung sungai besar sekali	100
Bendung sungai sedang	50
Bendung sungai kecil	25
Tanggul sungai besar sekali	25
Tanggul sungai kecil	10
Jembatan jalan penting	25
Jembatan jalan tidak penting	10

2. Hanya mencari debit puncaknya saja.

Perhitungan metode rasional (Bambang Triatmojo, 2008) menggunakan persamaan yang tersaji dibawah ini.

1. Debit Rasional (Q)

$$Q = \frac{1}{3,6} C \times I \times A \quad (3.12)$$

Dengan:

$Q$  = debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/det)

$C$  = koefisien pengaliran

$I$  = intensitas hujan selama t jam (mm/jam)

$A$  = luas DAS (km<sup>2</sup>)

2. Menghitung intensitas hujan dengan menggunakan metode mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \quad (3.13)$$

Dengan:

$R_{24}$  = curah hujan harian (mm)

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

3. Menghitung waktu konsentrasi menggunakan persamaan Kirpich

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S}\right)^{0,385} \quad (3.14)$$

Dengan:

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

$L$  = panjang sungai yang ditinjau (km)

$S$  = slope

Dimana untuk menentukan besarnya koefisien pengaliran (C) disajikan pada Tabel 3.5.

**Tabel 1.5 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)

### 3.3.6 Perencanaan Debit Banjir Rancangan untuk *Sand Pocket*

Untuk perencanaan bangunan *sand pocket*, debit banjir yang digunakan alat gabungan antara massa air dan massa sedimen (Joko Cahyono,2012). Perhitungan debit banjirnya menggunakan persamaan 3.15 sebagai berikut:

$$Q_d = \alpha \times Q \quad (3.15)$$

Dengan:

$Q_d$  = Debit maksimum aliran debris (m<sup>3</sup>/det)

$Q$  = Debit puncak limpasan hujan (m<sup>3</sup>/det)

$\alpha$  = Konsentrasi Kandungan Sedimen

Dengan:

$$\alpha = \frac{C^*}{C^* - C_d} \quad (3.16)$$

$$C_d = \frac{\tan \theta}{[(\rho_s/\rho_w) - 1](\tan \phi - \tan \theta)} \quad (3.17)$$

Dengan:

$C^* = 0,6$  (untuk aliran *debris*)

$\rho_w$  = berat volume air ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$\rho_s$  = berat volume sedimen ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$\tan \theta$  = kemiringan dasar sungai

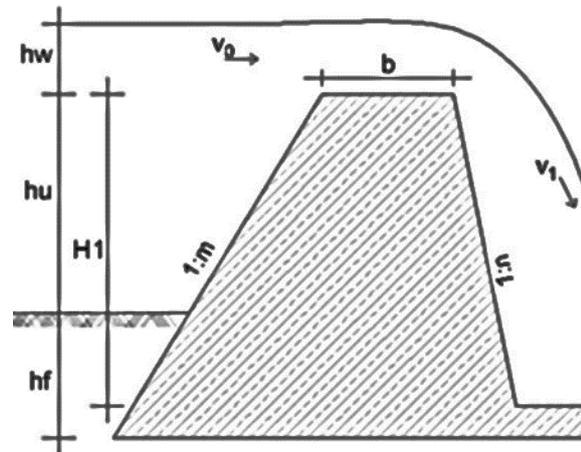
$\tan \phi$  = koefisien gesekan dalam sedimen

### 3.4 Perencanaan *Sand Pocket*

Penentuan lokasi *sand pocket* harus pada sungai yang tidak berkelok-kelok, agar dalam perencanaan *sand pocket* lebih mudah dan dapat menampung lebih banyak sedimen.

#### 3.4.1. Tinggi Efektif *Main Dam*

Tinggi efektif *main dam* direncanakan dengan tinggi tertentu agar *sand pocket* penahan memiliki daya tampung yang cukup besar. Dalam penentuan tinggi *main dam* ditentukan oleh ketinggian tebing pada sisi kanan dan kiri sungai serta kondisi tanah pada tebing tersebut. Ketinggian *main dam* juga direncanakan dengan berada dibawah ketinggian tebing sungai agar pada saat terjadi limpasan air, air tidak meluap ke kiri dan kanan sungai.



**Gambar 1.2 Tinggi Efektif Main Dam**

Dengan:

$$h_u = \text{Tinggi Main Dam (m)}$$

### 3.4.2. Perencanaan Lebar Peluap Main Dam

Untuk menghitung lebar peluap *main dam* digunakan persamaan 3.18 (SNI Desain Pengendali Sedimen, 2016) sebagai berikut.

$$B_1 = a \cdot \sqrt{Q_d} \quad (3.18)$$

Dengan:

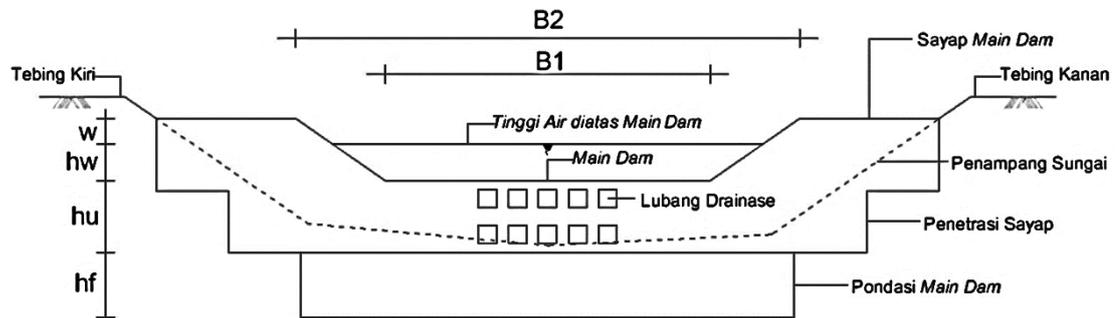
$$B_1 = \text{Lebar Peluap (m)}$$

$$Q_d = \text{Debit Banjir Rencana (m}^3/\text{det)}$$

$$a = \text{Koefisien Limpasan}$$

**Tabel 1.6 Tabel Koefisien Limpasan (a)**

Luas Daerah Aliran Sungai	Koefisien Limpasan (a)
$A \leq 1 \text{ km}^2$	2-3
$1 \text{ km}^2 \leq A \leq 10 \text{ km}^2$	3-4
$10 \text{ km}^2 \leq A \leq 100 \text{ km}^2$	3-5
$A \geq 100 \text{ km}^2$	3-6



**Gambar 1.3 Lebar Peluap Main Dam**

### 3.4.3. Tinggi Limpasan di Atas Peluap

Debit yang mengalir diatas peluap dihitung berdasarkan persamaan 3.19 (SNI Desain Pengendali Sedimen,2016) sebagai berikut:

$$Q_d = \left(\frac{2}{15}\right) \cdot C_d \cdot \sqrt{2g} (3B_1 + 2(B_1 + 2 \cdot m \cdot h_w)) h_w^{\frac{3}{2}} \quad (3.19)$$

Dengan:

- $Q_d$  = Debit Banjir Rancangan ( $m^3/det$ )
- $C_d$  = Koefisien Debit (0,60 – 0,66)
- $g$  = Percepatan Gravitasi ( $9,81 m/det^2$ )
- $B_1$  = Lebar Peluap (m)
- $B_2$  = Lebar Muka Air Diatas Peluap (m) =  $(B_1 + 2m h_w)$
- $h_w$  = Tinggi Air Diatas Peluap (m)

### 3.4.4. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan diperhitungkan berdasarkan debit banjir rencana. Tinggi jagaan diperhitungkan untuk menghindari meluapnya aliran air ke samping. Tinggi jagaan dapat ditentukan berdasarkan debit banjir rencana sesuai dengan Tabel 3.7 berikut ini.

**Tabel 1.7 Tinggi Jagaan**

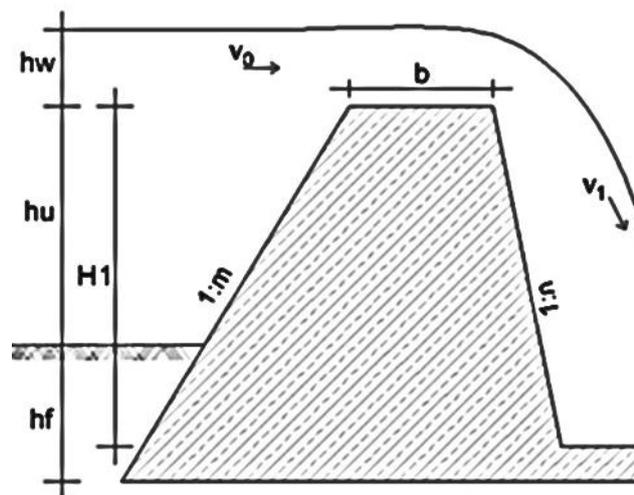
Debit Rencana ( $m^3/detik$ )	Tinggi Jagaan (m)
$Q \leq 200$	0,60
$200 \leq Q \leq 500$	0,80
$Q \geq 500$	1,00

### 3.4.5. Tebal Mercu Peluap *Main Dam*

Tebal mercu peluap harus diperhitungkan terhadap segi stabilitas dan kemungkinan kerusakan akibat hidraulik aliran *debris*. Mercu berbentuk ambang lebar. Sebagai pedoman penentuan lebar mercu peluap digunakan Tabel 3.8.

**Tabel 1.8 Tebal Mercu Peluap *Main Dam***

Tebal Mercu	$b = 1,5 - 2,5 \text{ m}$	$b = 3,0 - 4,0 \text{ m}$
Material	Pasir dan kerikil atau kerikil dan batu	Batu-batu besar
Hidrologis	Kandungan sedimen sedikit sampai sedimen yang banyak	<i>Debris flow</i> kecil sampai <i>debris flow</i> yang besar



**Gambar 1.4 Tebal Mercu Peluap *Main Dam***

### 3.4.6. Kedalaman Pondasi *Main Dam*

Pada perhitungan kedalaman pondasi *main dam* rumus yang digunakan persamaan 3.20 (SNI Desain Pengendali Sedimen,2016) sebagai berikut ini.

$$h_f = \left(\frac{1}{3} s. d. \frac{1}{4}\right) (h_w + h_u) \quad (3.20)$$

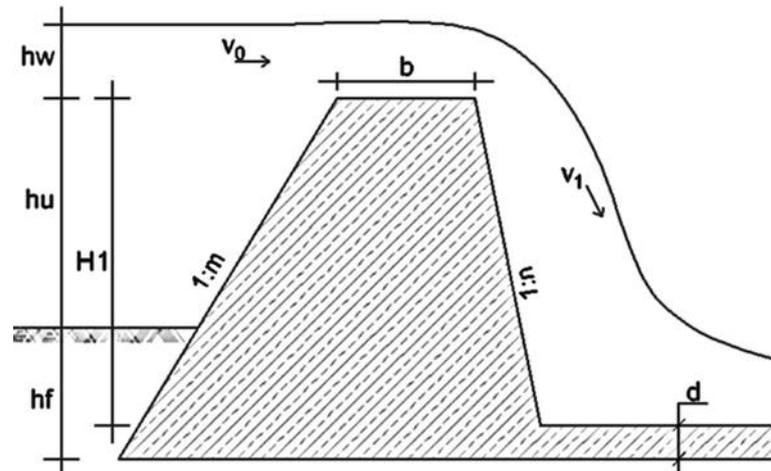
Dengan:

$h_w$  = Tinggi Air Di Atas Peluap (m)

$h_u$  = Tinggi Efektif *Main Dam* (m)

$h_f$  = Kedalaman Pondasi *Main Dam* (m)

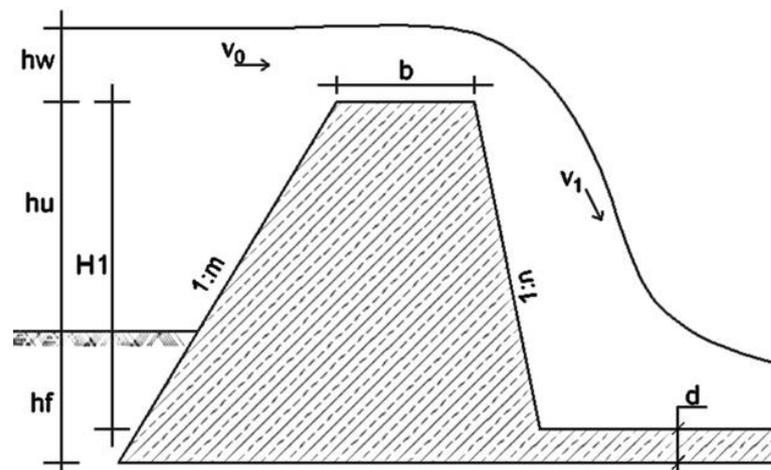
Sketsa kedalaman pondasi *main dam* dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



**Gambar 1.5 Kedalaman Pondasi *Main Dam***

### 3.4.7. Kemiringan Tubuh *Main Dam*

Kemiringan tubuh *main dam* baik kemiringan bagian hulu maupun bagian hilir tubuh *main dam* sangat berpengaruh terhadap kestabilan bangunan. Biasanya pada pekerjaan *sabo dam* kemiringan bagian hilir lebih kecil dari pada bagian hulunya. Hal ini berfungsi untuk menghindari batu-batuan yang melimpas dari peluap *main dam* yang dapat menyebabkan abrasi pada bagian hilir *main dam*.



**Gambar 1.6 Kemiringan Tubuh *Main Dam***

### 1. Kemiringan hilir

Kemiringan tubuh *main dam* bagian hilir didasarkan kecepatan kritis air dan material yang melewati peluap yang diteruskan jatuh bebas secara gravitasi ke lantai terjun.

### 2. Kemiringan hulu

Kemiringan hulu *main dam* dimana  $H < 15$  m dihitung dengan rumus berikut ini.

$$(1 + \alpha) m^2 + [2 \cdot (n + \beta) + (4\alpha + \gamma) + 2\alpha\beta]m - (1 - 3\alpha) + \alpha\beta(4n + \beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) = 0 \quad (3.21)$$

Dengan:

$$\alpha = h_w/h_d$$

$$\beta = b/h_p$$

$$h_d = h_p + h_m$$

$$\gamma = \gamma_c / \gamma_w$$

$$n = \text{Kemiringan Di Hilir Tubuh Main Dam}$$

$$m = \text{Kemiringan Di Hulu Tubuh Main Dam}$$

$$\gamma_c = \text{Berat Isi Beton (ton/cm}^3\text{)}$$

### 3.4.8. Perencanaan 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.

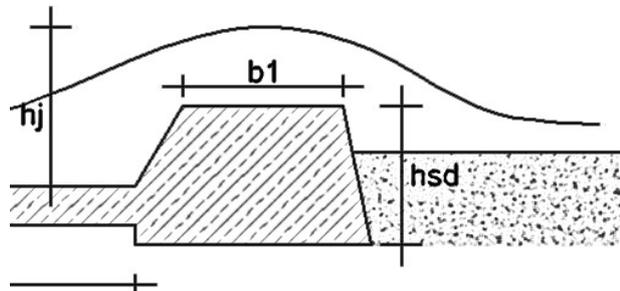
### 3. Penetrasi Sayap

Sayap harus direncanakan masuk ke dalam tebing karena tanah pada bagian tebing sungai mudah tergerus oleh air

## 3.5 Perencanaan *Sub Dam* dan Lantai Terjun *Sand Pocket*

### 3.5.1. Lebar *Sub Dam*

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



**Gambar 1.7 Lebar *Sub Dam***

### 3.5.2. Tebal Kolam Olak

Tebal kolam olak dihitung dengan persamaan berikut:

$$d = c (0,6 h_u + 3 h_w - 1) \quad (3.22)$$

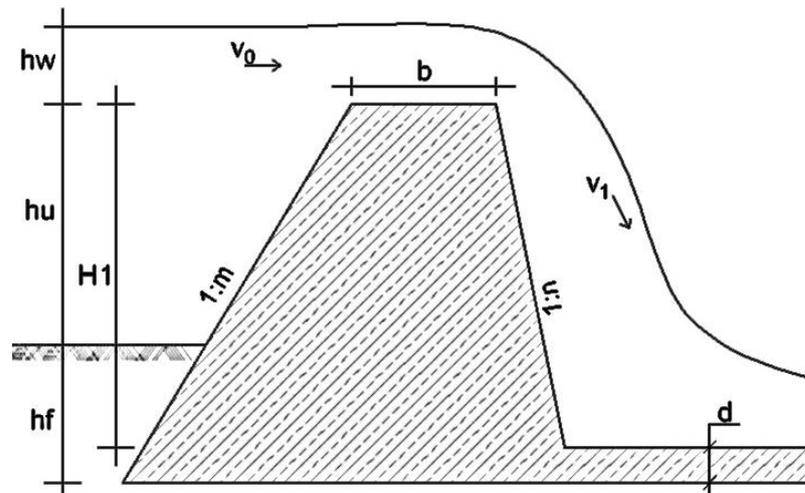
Dengan:

$d$  = Tebal Lantai Terjun (m)

$c$  = Koefisien Untuk Pelindung Air. (0,1 Apabila Menggunakan *Sub Dam*,  
0,2 Apabila Tanpa *Sub Dam*)

$h_u$  = Tinggi *Main Dam* (m)

$h_w$  = Tinggi Air Diatas Mercu *Main Dam* (m)



**Gambar 1.8 Tebal Kolam Olak**

### 3.5.3. Tinggi Sub Dam

Tinggi *sub dam* direncanakan menggunakan persamaan 3.31 (SNI Desain Pengendali Sedimen, 2016) sebagai berikut:

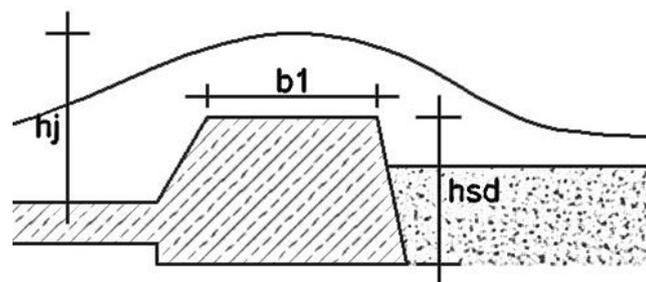
$$h_{sd} = \left(\frac{1}{3} s/d \frac{1}{4}\right) x (h_u + h_f) \quad (3.23)$$

Dengan:

$h_{sd}$  = Tinggi *Sub Dam* (m)

$h_u$  = Tinggi *Main Dam* (m)

$h_f$  = Kedalaman Pondasi *Main Dam* (m)



**Gambar 1.9 Tinggi Sub Dam**

### 3.5.4. 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:

$$L_1 = (1,5 \sim 2,0) \times ((h_u + h_f + h_w) - d) \quad (3.24)$$

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

Rumus percobaan hidraulik:

$$L_1 > I_w + X + b_2 \quad (3.25)$$

Dengan:

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

$$X = \beta \times h_j$$

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

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

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

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

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

Dengan:

$L_1$  = Jarak Antara *Main Dam* Dan *Sub Dam* (m)

$H_1$  = Beda Tinggi Antara Mercu *Main Dam* dan Lantai Terjun (m)

$V_0$  = Kecepatan Awal Aliran (m/det)

$V_1$  = Kecepatan Aliran Saat Berada di Terjunan (m/det)

$h_u$  = Tinggi Efektif *Main Dam* (m)

$h_f$  = Kedalaman Pondasi *Main Dam* (m)

$d$  = Tebal Lantai Terjun (m)

$I_w$  = Tinggi Tejunan (m)

$h_w$  = Tinggi Muka Air di Atas Mercu *Main dam* (m)

$\beta$  = Koefisien (4,50 - 5,0)

$h_j$  = ketinggian muka air di atas mercu *sub dam* sampai permukaan lantai Terjun (m)

$F_r$  = Angka Froude Dari Aliran Jet Pada Titik Jatuh

$h_1$  = Tinggi Muka Air Bagian Hilir *Main Dam* (m)

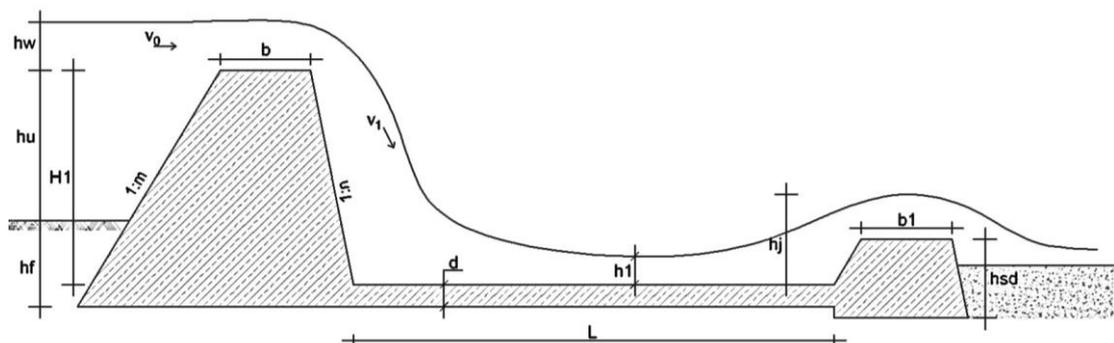
$q_1$  = Debit Permeter Peluap ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{m}$ )

$Q_d$  = Debit Banjir Rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$B_2$  = Lebar Peluap *Main Dam* (m)

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

$b_2$  = Tebal Mercu *Sub Dam* (m)



**Gambar 1.10 Panjang Kolam Olak**

### 3.5.5. Kemiringan Tubuh *Sub Dam*

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

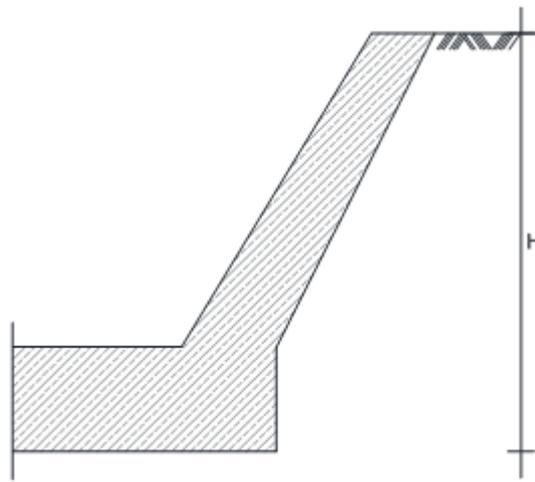
## 3.6 Perencanaan Bangunan Pelengkap

### 3.6.1 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 1.11 Tembok Tepi**

### 3.6.2 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 3.34 (SNI Desain Pengendali Sedimen,2016) sebagai berikut:

$$Q_d = C \cdot A_d \cdot \sqrt{2gh_o} \quad (3.26)$$

Dengan:

$Q_d$  = Debit Desain ( $m^3/det$ )

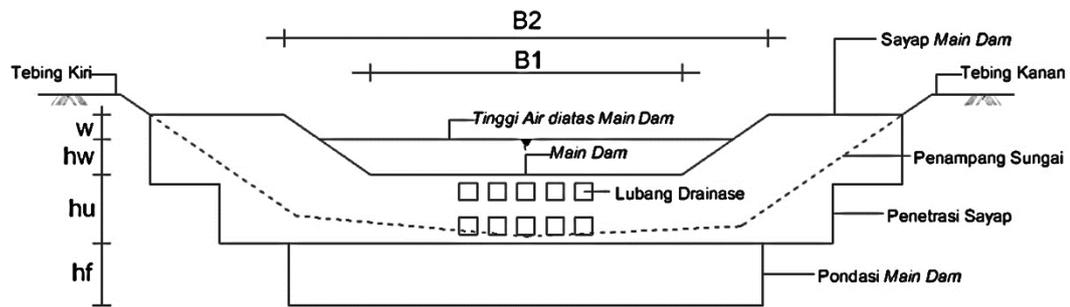
$C$  = Koefisien Debit

$A_d$  = Luas Lubang Drainase ( $m^2$ )

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $9,8 m/det^2$ )

$h_o$  = Tinggi Air Di Hulu *Main Dam* Sampai Titik Tengah Lubang Drainase

(m)



Gambar 1.12 Lubang Drainase

### 3.7 Perhitungan Stabilitas *Sand Pocket*

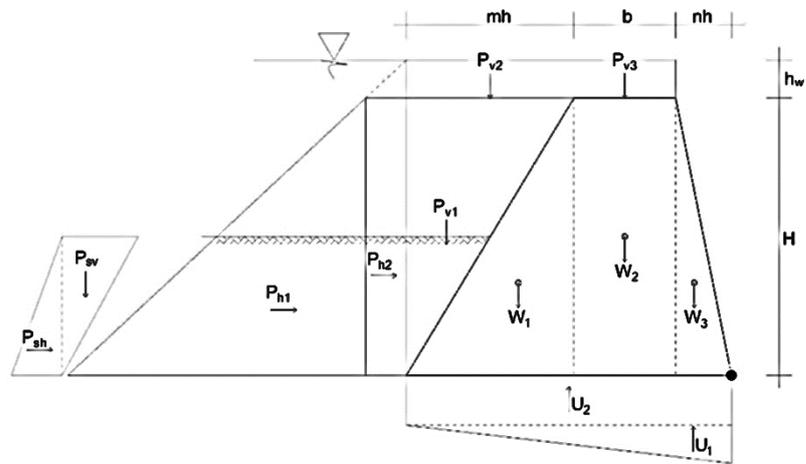
Gaya-gaya yang bekerja pada *sand pocket* adalah sebagai berikut.

1. Tekanan air statik
2. Berat sendiri *sand pocket*
3. Tekanan sedimen

Akibat pengaruh gaya –gaya di atas maka tubuh *sand pocket* harus aman terhadap beberapa kondisi berikut.

1. Stabil terhadap gaya pengguling
2. Stabil terhadap gaya geser
3. Stabil terhadap daya dukung tanah fondasi

Dimana angka keamanan harus melebihi dari yang diisyaratkan.



**Gambar 1.13 Gaya –Gaya yang Bekerja Pada Sand Pocket**

Gaya-gaya yang bekerja pada bending penahan tinggi < 15 m disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 1.9 Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Peluap Tinggi < 15m**

Beban	Notasi	Gaya	V	H	Lengan	Momen
Berat sendiri	$W_1$	$1/2 \cdot \gamma_c \cdot m \cdot H^2$	+		$2/3 \cdot mH$	+
	$W_2$	$\gamma_c \cdot b \cdot H$	+		$mH + 1/2 \cdot b$	+
	$W_3$	$1/2 \cdot \gamma_c \cdot n \cdot H^2$	+		$mH + b + 1/3 \cdot nH$	+
Tekanan air statik	$P_{v1}$	$1/2 \cdot \gamma_w \cdot m \cdot H^2$	+		$1/3 \cdot mH$	+
	$P_{v2}$	$\gamma_w \cdot m \cdot H \cdot h_w$	+		$1/2 \cdot mH$	+
	$P_{v3}$	$\gamma_w \cdot b \cdot h_w$	+		$mH + 1/3 \cdot b$	+
	$P_{h1}$	$1/2 \cdot \gamma_w \cdot H^2$		+	$1/3 \cdot h$	-
	$P_{h2}$	$\gamma_w \cdot H \cdot h_w$		+	$1/2 \cdot h$	-

### 3.7.1 Stabilitas Terhadap Guling

Stabilitas terhadap guling digunakan persamaan berikut.

$$FK_{guling} = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} > 1,5 \quad (3.27)$$

Dengan:

$$\sum M_{VA} = \text{Momen Penahan (T/m)}$$

$$\Sigma M_{HA} = \text{Momen Pengguling (T/m)}$$

### 3.7.2 Stabilitas Terhadap Geser

Stabilitas terhadap geser digunakan persamaan berikut.

$$FK_{geser} = \frac{f \times \Sigma V + \tau_o \times b'}{\Sigma H} > 1,5 \quad (3.28)$$

Dengan:

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

Dengan:

$f$  = Nilai koefisien geser tanah dasar didapat dari tabel 3.11

$\Sigma V$  = Jumlah gaya vertikal (T/m)

$\Sigma H$  = Jumlah gaya horizontal (T/m)

$\tau_o$  = Tegangan geser *sand pocket* pada tanah dasar (T/m<sup>2</sup>/m)

$b'$  = Lebar dasar fondasi *sand pocket* (m)

$\sigma$  = Tekanan tanah normal (T/m<sup>2</sup>)

$c$  = kohesi tanah

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

**Tabel 1.10 Nilai Koefisien Geser Tanah Dasar**

Jenis tanah dasar		Koefisien geser
Batuan ( <i>base rock</i> )	Keras dengan sedikit retakan	0,7
	Keras dengan banyak retakan	0,7
	Lunak	0,7
Lapisan kerikil	Padat dan kompak	0,6
	Kurang padat / tidak kompak	0,6
Lapisan berpasir	Padat dan kompak	0,6
	Kurang padat / kompak	0,6
Lapisan lempung	Sangat keras	0,5
	Keras	0,45

### 3.7.3 Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Fondasi

Stabilitas terhadap daya dukung tanah fondasi digunakan persamaan berikut.

$$\sigma_{12} = \frac{\Sigma V}{b'} \times \left[ 1 + \frac{6 \times e}{b'} \right] \quad (3.29)$$

Dengan:

$\sigma_1$  = Tekanan tanah normal maksimum (T/m<sup>2</sup>)

$\sigma_2$  = Tekanan tanah normal minimum (T/m<sup>2</sup>)

$\Sigma V$  = Jumlah gaya vertikal (T/m)

$b'$  = Lebar dasar fondasi *sand pocket* (m)

$e$  = Eksentrisitas resultan gaya yang bekerja (m)

### 3.8 Perhitungan Stabilitas Tembok Tepi

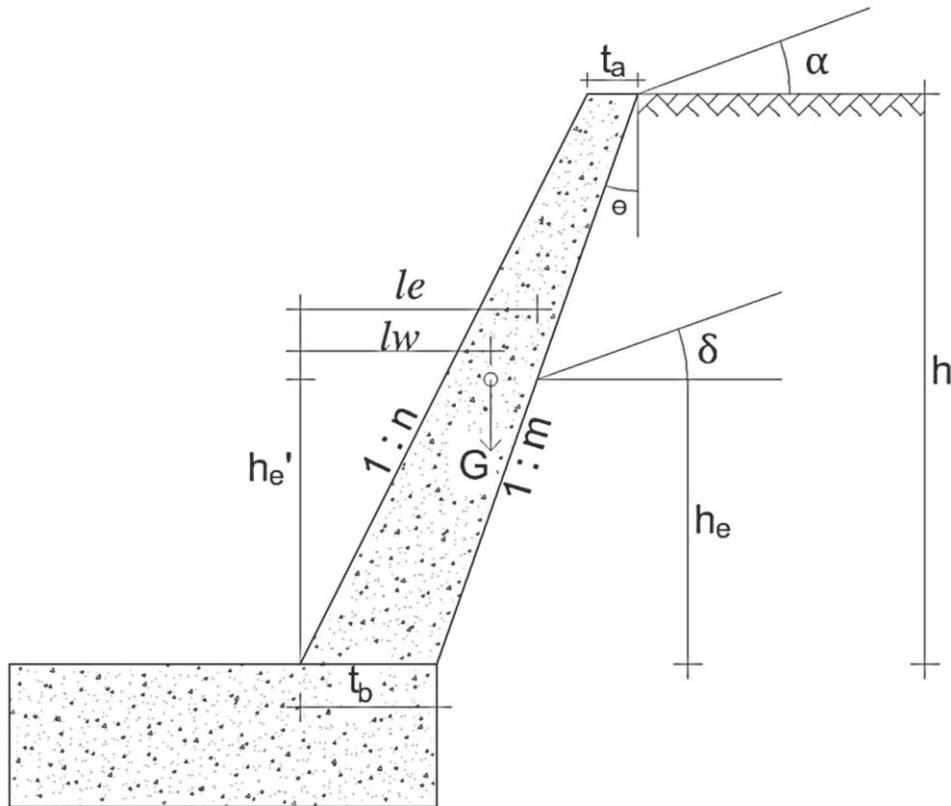
Gaya-gaya yang bekerja pada tembok tepi adalah sebagai berikut.

1. Tekanan tanah aktif
2. Berat sendiri tembok tepi

Akibat pengaruh gaya – gaya di atas maka tubuh tembok tepi harus aman terhadap beberapa kondisi berikut.

1. Stabil terhadap gaya pengguling
2. Stabil terhadap gaya geser
3. Stabil terhadap daya dukung tanah fondasi

Dimana angka keamanan harus melebihi dari yang diisyaratkan.



**Gambar 1.14 Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Tembok Tepi**

### 3.8.1 Stabilitas Terhadap Guling

Stabilitas terhadap guling digunakan persamaan berikut.

$$FK_{guling} = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} > 1,5 \quad (3.30)$$

Dengan:

$$\sum M_{VA} = \text{Momen Penahan (T/m)}$$

$$\sum M_{HA} = \text{Momen Pengguling (T/m)}$$

### 3.8.2 Stabilitas Terhadap Geser

Stabilitas terhadap geser digunakan persamaan berikut.

$$FK_{geser} = \frac{f \times \sum V + \tau_o \times t_b}{\sum H} > 1,5 \quad (3.31)$$

Dengan:

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

Dengan:

- $f$  = Nilai koefisien geser tanah dasar
- $\Sigma V$  = Jumlah gaya vertikal (T/m)
- $\Sigma H$  = Jumlah gaya horizontal (T/m)
- $\tau_o$  = Tegangan geser tembok tepi pada tanah dasar (T/m<sup>2</sup>/m)
- $t_b$  = Lebar bawah tembok tepi(m)
- $\sigma$  = Tekanan tanah normal (T/m<sup>2</sup>)
- $c$  = kohesi tanah
- $\varphi$  = Sudut geser dalam tanah (°)

### 3.8.3 Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Fondasi

Stabilitas terhadap daya dukung tanah fondasi digunakan persamaan berikut.

$$\sigma_{12} = \frac{\Sigma V}{t_b} \times \left[ 1 + \frac{6 \times e}{t_b} \right] \quad (3.32)$$

Dengan:

- $\sigma_1$  = Tekanan tanah normal maksimum (T/m<sup>2</sup>)
- $\sigma_2$  = Tekanan tanah normal minimum (T/m<sup>2</sup>)
- $\Sigma V$  = Jumlah gaya vertikal (T/m)
- $t_b$  = Lebar bawah tembok tepi (m)
- $e$  = Eksentrisitas resultan gaya yang bekerja (m)

### 3.9 Perhitungan Daya Tampung *Sand Pocket*

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* dengan persamaan berikut:

$$V_s = A_p \times L_2 \quad (3.33)$$

Dengan:

$V_s$  = Volume Tampung *Sand Pocket* (m<sup>3</sup>)

$A_p$  = Luas Penampang (m)

$L_2$  = Panjang Sedimentasi (m)

Dengan:

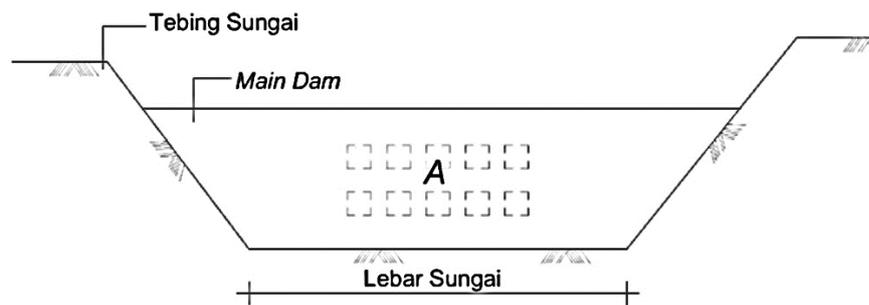
$$L_2 = \frac{h_u}{(I_o - I_1)}$$

$$I_1 = 0,5 \times I_1$$

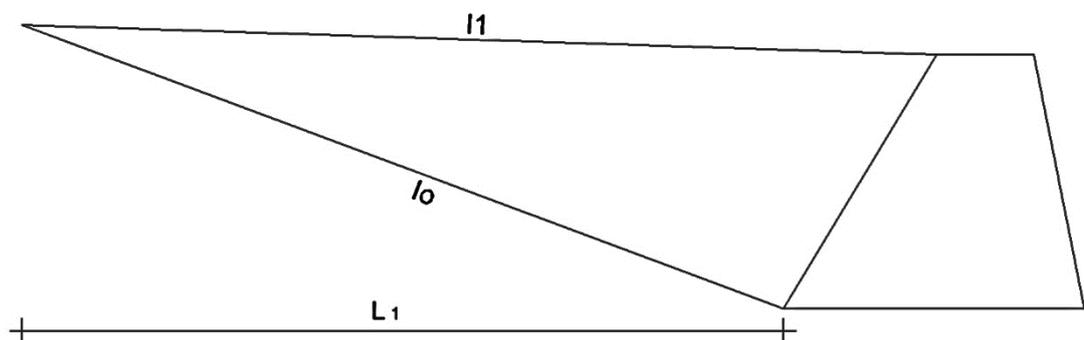
Dengan:

$I_o$  = Kemiringan Stabil Dasar Sungai

$I_1$  = Kemiringan Stabil Rencana Sedimen



**Gambar 1.15 Penampang Melintang Sungai**



**Gambar 1.16 Penampang Memanjang Sungai**