

PERENCANAAN TUBUH BENDUNGAN AIR PADANG GUCI KABUPATEN KAUR PROVINSI BENGKULU

Bagus Prasetya¹⁾, Besperi²⁾, Muhammad Fauzi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNIB, Jl.W. R. Supratman,
Kandang Limun, Bengkulu 38371

^{2),3)} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Bengkulu
E-mail: besperint@yahoo.co.id

Abstrak

Kecamatan Padang Guci Hulu memiliki potensi untuk pemenuhan kebutuhan air yang cukup besar. Hal ini ditunjang dengan letak geografis Kecamatan Padang Guci Hulu yang berada di daerah tropis dimana terdapat curah hujan yang tinggi. Namun pada umumnya permasalahan yang timbul di Kecamatan Padang Guci Hulu saat musim kemarau adalah ketersediaan air baku dan air irigasi yang sangat terbatas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendesain konstruksi tubuh bendungan yang kuat dan aman terhadap kontrol stabilitasnya. Perencanaan tubuh bendungan menggunakan debit banjir rencana dari *hidrograf* sintetik gamma I dengan periode ulang 1000 tahun sebesar 224,66 meter³/detik. Bendungan ini direncanakan setinggi 31,3 meter, dengan elevasi dasar bendungan + 405 meter, elevasi puncak + 436,30 meter, tinggi jagaan 2,8 meter, lebar puncak bendungan 8,5 meter, kemiringan hulu 1 : 3, kemiringan hilir 1 : 2,25. Desain tubuh bendungan Air Padang Guci ini telah memenuhi syarat terhadap kontrol stabilitasnya.

Kata kunci : Kebutuhan Air, Tubuh Bendungan, Stabilitas Bendungan

Abstract

Padang Guci Hulu Subdistrict has potential to meet the needs of sizeable water supply. It is supported by geographical location of Padang Guci Hulu Subdistrict which is in the tropical region where there are high enough rainfall. However in general the problem arising in Padang Guci Hulu Subdistrict during dry season is the availability of raw water and irrigation water that very limited. The purpose of this research is to design a strong and safe dam body construction against its stability control. Planning dam body uses design flood from synthetic hydrograph gamma I with a return period 1000 years of 224,66 meter³/second. This dam is planned as high as 31,3 meter, with dam base elevation of + 405 meter, peak elevation + 436,30 meter, high surveillance 2,8 meter, the width of the dam crest 8,5 meter, upstream sloop 1 : 3, downstream sloop 1 : 2,25. The body design of the Air Padang Guci Dam has qualified for its stability control.

Keywords : Water supply, Dam body, Stability of dam

PENDAHULUAN

Kecamatan Padang Guci Hulu memiliki potensi untuk pemenuhan kebutuhan air yang cukup besar. Hal ini ditunjang dengan letak geografis Kecamatan Padang Guci Hulu yang berada di daerah tropis dimana terdapat curah hujan yang tinggi. Pada musim kemarau, sungai di daerah Padang Guci Hulu memiliki debit sungai yang kecil dan pada saat musim penghujan sungai mengalirkan air yang cukup besar. Tetapi sebagian besar air yang ada di sungai tersebut dibiarkan mengalir begitu saja ke laut tanpa adanya pemeliharaan, pengelolaan atau pemanfaatan yang berarti.

Pada umumnya permasalahan yang timbul di Kecamatan Padang Guci Hulu saat musim kemarau adalah ketersediaan air baku dan air irigasi yang sangat terbatas, selain itu produksi air bersih dalam kuantitas maupun kualitasnya pun semakin berkurang. Manajemen air yang baik sangat diperlukan agar kebutuhan air baku dan air irigasi di daerah Padang Guci Hulu dapat terpenuhi. Peningkatan pelayanan penyediaan air memerlukan sumber daya yang besar.

Pasokan air baku untuk wilayah Kaur dan Bengkulu Selatan untuk saat ini dirasakan masih kurang, apalagi melihat proyeksi kebutuhan air baku untuk waktu yang akan datang. Oleh karena itu upaya yang dilakukan oleh peneliti adalah mengkaji dan menganalisis cara meningkatkan keandalan pasokan air baku dan air irigasi tersebut. Salah satu cara meningkatkan keandalan penyediaan air adalah dengan membuat bendungan. Bendungan yang akan dibangun harus memiliki konstruksi yang kuat dan mampu menahan muatan-muatan serta gaya-gaya yang bekerja padanya dalam keadaan apapun juga. Konstruksi bendungan juga harus aman terhadap kontrol stabilitasnya.

Pengertian Bendungan

Bendungan atau *dam* adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi

waduk, danau, atau tempat rekreasi (Soedibyo, 1993).

Tipe Bendungan

Tipe bendungan dapat dikelompokkan menjadi 4 keadaan (Nisa dan Romulus, 2008), yaitu :

1. Tipe bendungan berdasarkan tujuan pembangunannya.
2. Tipe bendungan berdasarkan penggunaannya.
3. Tipe Bendungan berdasarkan jalan airnya.
4. Tipe bendungan berdasarkan material pembentuknya.

Pemilihan Lokasi Bendungan

Lokasi perencanaan adalah lokasi as bendungan atau tempat kedudukan bendungan. Aturan umum untuk pemilihan kedudukan suatu bendungan adalah (Rahmat, 2011) :

1. Harus ada tempat yang cocok untuk kedudukan bendungan.
2. Harga pembebasan lahan untuk bendungan (termasuk jalan umum, jalan kereta api, kuburan dan perumahan yang harus dipindahkan) tidak boleh terlalu mahal.
3. Bendungan yang dalam lebih baik dari pada yang dangkal.
4. Daerah anak sungai yang luar biasa produktifnya dalam menghasilkan sedimen sedapat mungkin harus dihindarkan.
5. Mutu air yang ditampung haruslah memenuhi tujuan pemanfaatannya.
6. Tebing dan lereng-lereng bukit yang berdekatan haruslah stabil.
7. Lokasi bendungan terletak di dekat jalan.
8. Lokasinya terletak di daerah yang memerlukan air sehingga jaringan distribusinya tidak begitu panjang dan tidak banyak kehilangan energi.

Desain Kriteria Bendungan Tipe Urugan

Berikut disajikan garis-garis besar desain kriteria (design criteria) bagi perencanaan teknis bendungan tipe urugan (*file type embankment dam*) sebagai berikut:

1. Klasifikasi Tipe Bendungan
2. Pemilihan Tipe Bendungan
Pemilihan tipe bendungan urugan harus ditinjau dari beberapa faktor, yaitu :
 - a) Tinggi bendungan
 - b) Kualitas dan kuantitas bahan yang tersedia dilokasi
 - c) Kondisi topografi dan geologi
 - d) Calon lokasi dam
 - e) Meteorologi
 - f) Hidrologi
 - g) Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
3. Bahan Material Tanah
Bahan tanah untuk bendungan yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu kepadatan air.
4. Bahan Batuan
Menurut pengalaman pembangunan dam di dunia bahan batuan yang baik adalah : granit, basalt, andesit, batu pasir dari premesozoic, dan batu kapur yang tua.

Volume Tampungan Bendungan

Hasil perhitungan volume tampungan bendungan tiap elevasi kemudian diakumulasi dan dibuat grafik hubungan antara elevasi kontur dengan luas area dan grafik hubungan antara elevasi kontur dengan volume bendungan (Suripin dan Wahyuni, 2014).

Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Penelusuran banjir ada dua, untuk mengetahui perubahan *inflow* dan *outflow* pada bendungan dan *inflow* pada satu titik dengan suatu titik di tempat lain pada sungai (Rifai dan Kurniawan, 2008).

Perencanaan Tubuh Bendungan

Tinggi Bendungan

Tinggi bendungan adalah perbedaan antara elevasi permukaan pondasi dan elevasi mercu bendungan (Loebis,1984).

Lebar Mercu Bendungan

Lebar mercu bendungan yang memadai diperlukan agar puncak bendungan dapat tahan terhadap hempasan ombak dan dapat tahan terhadap aliran filtrasi yang melalui puncak tubuh bendungan. (Sosrodarsono dan Takeda ,1989).

Panjang Bendungan

Panjang bendungan adalah seluruh panjang mercu bendungan yang bersangkutan, termasuk bagian yang digali pada tebing-tebing sungai di kedua ujung mercu tersebut. (Sosrodarsono dan Takeda, 1989).

Kemiringan Lereng (*slope gradient*)

Kemiringan rata-rata lereng bendungan (lereng hulu dan lereng hilir) adalah perbandingan antara panjang garis vertikal yang melalui tumit masing-masing lereng tersebut.

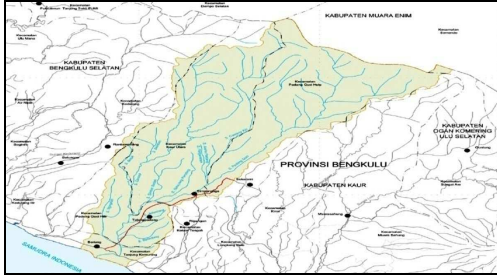
Stabilitas Bendungan

Merupakan perhitungan konstruksi untuk menentukan ukuran (dimensi) bendungan agar mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang bekerja padanya dalam keadaan apapun juga.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Ruang lingkup wilayah penelitian dibatasi pada kawasan Kecamatan Padang Guci Hulu Kabupaten Kaur.



Sumber : (BWS Sumatera VII, 2015)

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data

Adapun data-data pada penelitian ini dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Data Primer

Adapun data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah dimensi sungai Air Padang Guci Kabupaten Kaur Provinsi Bengkulu.

2. Data Sekunder

Data- data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Peta lokasi penelitian.
- Peta Topografi.
- Q 1000.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- Studi Pustaka
- Survey Lapangan

Tabel 1. Perhitungan Volume Bendungan Terhadap Elevasi dan Luas Permukaan

Elevasi (m)	Luas Genangan (m ²)	Volume (m ³)	Vol. Kumulatif (m ³)
405	69.060,18	0	0
410	126.121,31	487.953,74	487.953,74
415	219.643,16	1.352.364,93	1.840.318,67
420	305.945,77	2.666.337,26	4.506.655,93
425	448.756,04	4.553.091,79	9.059.747,72
430	592.375,59	5.155.920,84	16.215.668,56
435	717.326,98	6.393.409,50	30.570.400,80
440	852.495,02	14.354.732,24	44.925.133,04
445	1,045.531,70	19.099.799,02	64.024.932,06
450	1.237.913,22	24.808.411,31	88.833.343,37

3. Pengolahan Data

- Tata Letak Bendungan
- Perencanaan Tubuh Bendungan
- Stabilitas Bendungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Hubungan Elevasi Terhadap Volume Bendungan

Cari luas permukaan waduk yang dibatasi garis kontur, kemudian dicari volume yang dibatasi oleh 2 garis kontur yang berurutan dengan menggunakan rumus pendekatan volume sebagai berikut :

$$V_x = \frac{1}{3} \cdot Z_x \cdot (F_y + F_x + \sqrt{F_y \cdot F_x})$$

dimana :

V_x = Volume pada kontur x

Z = Beda tinggi antar kontur

F_y = Luas pada kontur y

F_x = Luas pada kontur x

Hasil dari perhitungan tersebut diatas, kemudian dibuat grafik hubungan antara elevasi, volume bendungan. Tabel 1 Perhitungan Volume Bendungan Terhadap Elevasi dan Luas Permukaan.



Sumber : BWSS VII, 2015

Gambar 2. Grafik hubungan elevasi, volume waduk, dan luas genangan. Ditambah kan penceritaannya.

Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Data-data yang digunakan untuk perhitungan adalah sebagai berikut:

- 1) *Hidrograf inflow* yang digunakan adalah *hidrograf* sintetik gamma I dengan periode ulang 1000 tahun.
- 2) Grafik hubungan antara elevasi, volume dan luas area permukaan waduk digunakan Gambar 4.1.
- 3) Digunakan pelimpah ambang lebar dengan elevasi dan volume sebagai berikut:

Elevasi = + 435 m

Luas waduk = 72,5 m²

Rumus pengaliran *spillway*:

$$Q = C_d \cdot L_{\text{eff}} \cdot H^{1,5}$$

Untuk menentukan koefisien debit limpasan, harus melakukan perhitungan coba-coba nilai koefisien debit. Dengan

mengansumsikan koefisien $C_d = 2$ sehingga L_{eff} dan H_d dapat dihitung sebagai berikut :

$$L_{\text{eff}} = L - 2 \cdot (n \cdot K_p + K_a) \cdot H_d$$

$$L_{\text{eff}} = L - 2 \cdot (0,02 + 0,12) \cdot H_d$$

$$L_{\text{eff}} = 38,04 - 0,28 \cdot H_d$$

Untuk nilai $C_d = 2$, maka :

$$Q_{1000} = C_d \cdot L_{\text{eff}} \cdot H_d^{1,5}$$

$$224,6 = 2 \cdot (38,04 - 0,28 \cdot H_d) \cdot H_d^{1,5}$$

Dengan cara *trial and error* maka didapatkan nilai $H_d = 2,0795$ m. Selanjutnya nilai C_d dicek dengan menggunakan persamaan Iwasaki sebagai berikut :

$$C_d = 2,20 - 0,0416 \cdot \left(\frac{H_d}{L}\right)^{0,99}$$

$$C_d = 2,20 - 0,0416 \cdot \left(\frac{2,0795}{38,04}\right)^{0,99}$$

$$C_d = 2,1972$$

Perhitungan penelusuran banjir dilakukan dengan menggunakan tabel dengan metode langkah demi langkah (*step by step method*) sebagai berikut :

Elevasi *spillway* = + 435 m

$g = 9,81$

$L = 38,04$ m

Tabel 2. Penelusuran Banjir Bendungan Air Padang Guci

jam ke	t (d)	Q inflow (m ³ /d)	Qi rata2 (m ³ /d)	Vol Qir*t (m ³)	asumsi elevasi (m)	Q outflow (m)	Qo rata2 (m ³ /d)	Vol Qor*t (m ³)	Storage Normal (m ³)	Storage banjir (m ³)	Storage komulatif (m ³)
0		1,69			435,00	0			6,4E+07		63891517
	3600		14,003	50412,4			2,1762265	7834		42578	
1		26,32			435,15	4,35			6,4E+07		63769152
	3600		54,149	194936			8,3315246	29993		164943	
2		81,98			435,30	12,31			6,4E+07		63349035
	3600		178,15	641335			15,631999	56275		585060	
3		154,32			435,40	18,95			6,4E+07		62925001
	3600		305,06	1098217			24,756275	89123		1009094	
4		205,80			435,55	30,56			6,4E+07		63063522
	3600		280,23	1008828			38,404173	1E+05		870573	
5		224,66			435,73	46,25			6,4E+07		63434318

	3600		193,94	698168			55,108466	2E+05		499777	
6		163,21			435,90	63,97			6,4E+07		63691947
	3600		136,71	492146			69,443818	2E+05		242148	
7		110,20			436,00	74,92			6,4E+07		63929406
	3600		94,287	339432			92,984141	3E+05		4689,1	
8		78,37			436,30	111,05			6,4E+07		64075184
	3600		67,122	241639			106,31339	4E+05		-141089	
9		55,87			436,23	101,58			6,4E+07		64064375
	3600		47,926	172534			84,114936	3E+05		-130280	
10		39,98			435,93	66,65			6,4E+07		64031420
	3600		34,361	123701			61,39611	2E+05		-97325	
11		28,74			435,83	56,14			6,4E+07		64016626
	3600		24,776	89192,7			47,701135	2E+05		-82531	
12		20,81			435,65	39,26			6,4E+07		63998757
	3600		18,002	64807,7			35,963879	1E+05		-64662	
13		15,20			435,58	32,67			6,4E+07		63996617
	3600		13,216	47576,1			30,582828	1E+05		-62522	
14		11,23			435,53	28,50			6,4E+07		63994143
	3600		9,8332	35399,4			26,513022	95447		-60048	
15		8,43			435,48	24,53			6,4E+07		63992157
	3600		7,443	26794,7			23,571312	84857		-58062	
16		6,45			435,45	22,62			6,4E+07		63988206
	3600		5,7539	20714,2			20,784706	74825		-54111	
17		5,05			435,40	18,95			6,4E+07		63979717
	3600		4,5604	16417,4			17,233263	62040		-45622	
18		4,07			435,35	15,51			6,4E+07		63973623
	3600		3,717	13381,1			14,697086	52910		-39528	
19		3,37			435,33	13,88			6,4E+07		63967293
	3600		3,121	11235,5			12,342669	44434		-33198	
20		2,87			435,28	10,80			6,4E+07		63958216
	3600		2,6998	9719,35			9,4001285	33840		-24121	
21		2,53			435,23	8,00			6,4E+07		63951902
	3600		2,4022	8647,94			7,3485032	26455		-17807	
22		2,28			435,20	6,70			6,4E+07		63946100
	3600		2,1919	7890,83			5,5267464	19896		-12005	
23		2,10			435,15	4,35			6,4E+07		63940533
	3600		2,0433	7355,82			3,8317381	13794		-6438,4	
24		1,98			435,13	3,31			6,4E+07		63935847
	3600		1,9383	6977,75			2,4249238	8730		-1752	
25		1,89			435,08	1,54			6,4E+07		63933454
	3600		0,9474	3410,6			0,7694123	2770		640,72	

Tinggi Bendungan

Berdasarkan hasil perhitungan *flood routing* didapat elevasi muka air normal (MAN) adalah + 435 m, elevasi muka air banjir

(MAB) yang terjadi + 436,30 m, sedangkan elevasi dasar kolam + 405 m, maka tinggi bendungan $((+436,3 - (+405)) = 31,3$ m.

Tinggi Puncak

1. Penentuan tinggi jagaan
Tinggi jagaan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$H_f \geq \Delta h + \left(h_w \text{ atau } \frac{h_e}{2} \right) + h_a + h_i$$

$$H_f \geq h_w + \frac{h_e}{2} + h_a + h_i$$

2. Tinggi kenaikan permukaan air yang disebabkan oleh banjir abnormal (Δh) dihitung berdasarkan:

$$\Delta h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha Q_0}{Q} \cdot \frac{h}{1 + \frac{\Delta h}{QT}}$$

Untuk perhitungan digunakan data-data sebagai berikut :

$$Q_0 = 78,37 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q = 111,05 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\alpha = 0,2 \text{ (direncanakan pelimpah terbuka)}$$

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

$$A = 0,0725 \text{ km}^2$$

$$T = 2 \text{ jam}$$

$$\Delta h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha Q_0}{Q} \cdot \frac{h}{1 + \frac{\Delta h}{QT}}$$

$$\Delta h = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,2 \cdot 78,37}{111,05} \cdot \frac{3}{1 + \frac{0,0725 \cdot 3}{111,05 \cdot 2}}$$

$$\Delta h = 0,282 \text{ m}$$

3. Tinggi ombak yang disebabkan oleh angin (h_w)

Panjang lintasan ombak yang dipakai adalah Feff sebesar 464 m. Sedangkan kecepatan angin di atas permukaan air waduk diambil dari data di stasiun BMG Bengkulu yaitu 20 m/det. Perhitungan tinggi ombak (h_w) ini menggunakan grafik metode SMB yang dikombinasikan dengan metode Saville. Dengan kemiringan hulu 1:3 tinggi jangkauan ombak (h_w) yang didapat adalah 0,23 m.

4. Tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa (h_e)

Digunakan data-data pada tabel berikut :

Tabel 3. Koefisien gempa

Zone	Koefisien (Z)	Keterangan
A	1,90-2,00	Bengkulu
B	1,60-1,90	
C	1,20-1,60	
D	0,80-1,20	
E	0,40-0,80	
F	0,20-0,40	

sumber : BWSS VII, 2014

Tabel 4. Percepatan dasar gempa

Periode (tahun)	Ulang	Percepatan dasar gempa (Ac) (cm/dt ²)
10		98,42
20		119,62
50		151,72
100		181,21
200		215,81
500		271,35
1000		322,35
5000		482,80
10000		564,54

Tabel 5. Faktor koreksi

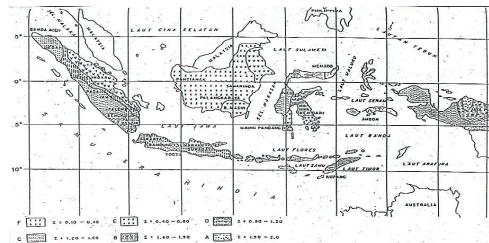
Tipe Batuan	Faktor (V)
Rock Foundation	0,9
Diluvium (Rock Fill Dam)	1,0
Aluvium	1,1
Soft Aluvium	1,2

sumber : BWSS VII, 2014

Dari data pada tabel-tabel di atas, maka dapat ditentukan harga yang akan digunakan yaitu:

1. Koefisien gempa (z) = 2
2. Percepatan dasar gempa (A_c) = 181,21 cm/dt²
3. Faktor koreksi (V) = 0,9
4. Percepatan gravitasi (g) = 981 cm/dt²

Pembagian zona gempa di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 3. Zona Gempa Indonesia

Perhitungan intensitas seismis horisontal, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$e = z.A.c.\frac{v}{g}$$

$$e = 2.181,21 \cdot \frac{0,9}{981}$$

$$e = 0,332$$

Besarnya tinggi ombak yang diakibatkan oleh gempa (h_e) dihitung menggunakan :

$$h_e = \frac{e.z}{r} \cdot \sqrt{g \cdot h_o}$$

Jadi tinggi puncak ombak di atas permukaan air rata-rata $\frac{h_e}{2} = 0,925$ m.

- Kenaikan permukaan air bendungan yang disebabkan oleh ketidaknormalan operasi pintu bangunan (h_a) diambil = 0,5 m (Sosrodarsono, 1989).
- Angka tambahan tinggi jagaan yang didasarkan pada tipe bendungan (h_i). Berdasarkan data perhitungan diatas dimana :

Δh	0,282 m
H_w	0,23 m
$\frac{h_e}{2}$	0,925 m
H_a	0,5 m
H_i	1 m

Maka tinggi jagaan dapat ditentukan , yang hasilnya adalah sebagai berikut :

$$H_f = 0,282 + 0,23 + 0,5 + 1$$

$$= 2,012 \text{ m}$$

$$H_f = 0,282 + 0,925 + 0,5 + 1$$

$$= 2,707 \text{ m}$$

$$H_f = 0,23 + 0,925 + 0,5 + 1$$

$$= 2,655 \text{ m}$$

Dari ketiga alternatif tinggi jagaan tersebut diambil tinggi jagaan 2,6 m.

Tinggi puncak bendungan = tinggi bendungan + tinggi jagaan = 31,3 + 2,6 = 33,9 m. Jadi elevasi puncak bendungan = + 405 + 33,9 m = + 439 m.

Lebar Mercu Bendungan

Lebar mercu bendungan minimum dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$B = 3,6 H^{1/3} - 3,0$$

di mana :

$$H = \text{Tinggi Bendungan (31,3 m)}$$

$$\text{maka, } B = 3,6 (31,3)^{1/3} - 3,0$$

$$= 8,345 \text{ m}$$

Karena digunakan bendungan urugan tipe homogen, maka untuk memberikan rasa aman terhadap kestabilan terhadap longsornya lapisan kedap air lebar bedungan diambil 8,5 m.

Perhitungan Stabilitas Bendungan

Stabilitas Bendungan Terhadap Aliran Filtrasi

Baik bendungan maupun pondasinya diharuskan mampu menahan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh adanya air filtrasi. Garis depresi didapat dengan persamaan parabola bentuk dasar seperti pada Gambar di bawah ini.

Untuk perhitungan selanjutnya maka digunakan persamaan berikut (Soedibyo, 1993):

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2 \cdot y_0}$$

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d$$

Untuk zone inti kedap air garis depresi digambarkan sebagai kurva dengan persamaan berikut (Soedibyo, 1993) :

$$y = \sqrt{2 \cdot y_0 \cdot x + y_0^2}$$

- Formasi garis depresi tubuh bendungan kondisi tanpa menggunakan chimney

Diketahui :

$$h : 31,3 \text{ m}$$

$$l_1 : 93,93 \text{ m}$$

$$l_2 : 93,11 \text{ m}$$

$$\alpha : 23,96^\circ$$

$$d : 0,3 \cdot l_1 + l_2 = (0,3 \times 93,93) + 93,11$$

$$= 121,29 \text{ m}$$

maka :

$$\begin{aligned}
 y_0 &= \sqrt{h^2 + d^2} - d \\
 &= \sqrt{31,3^2 + 121,29^2} - 121,29 \\
 &= 3,97 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Parabola bentuk dasar dapat diperoleh dengan persamaan : $y = \sqrt{2 \cdot y_0 \cdot x + y_0^2}$

$$= \sqrt{2 \cdot 3,97 \cdot x + 3,97^2}$$

Dan diperoleh koordinat parabola sebagai berikut :

x	y
	0
0	3,97
10	9,75
20	13,21
30	15,94
40	18,26
50	20,32
60	22,18
70	23,91
80	25,51
90	27,03
100	28,46
110	29,82
120	31,12
121,29	31,29

maka :

$$\begin{aligned}
 y &= \sqrt{2 \cdot y_0 \cdot x + y_0^2} \\
 x &= (y^2 - y_0^2) / 2 \cdot y_0 \\
 x &= (0^2 - 15,76) / 7,94 \\
 &= 1,98 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk α kurang dari 300, harga

$$a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \alpha}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin \alpha}\right)^2}$$

maka dapat ditentukan nilai :

$$\begin{aligned}
 a + \Delta a &= \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} \\
 &= \frac{3,97}{1 - \cos 23,96} = 46,16
 \end{aligned}$$

$$a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \alpha}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin \alpha}\right)^2}$$

$$a = \frac{121,29}{\cos 23,96} - \sqrt{\left(\frac{121,29}{\cos 23,96}\right)^2 - \left(\frac{31,3}{\sin 23,96}\right)^2}$$

$$a = 24,69 \text{ m}$$

sehingga didapat nilai :

$$a = 24,69 \rightarrow \text{jarak A - C}$$

$$\Delta a = 46,16 - 24,69 = 21,47 \rightarrow \text{jarak C0-C}$$

dari hasil perhitungan didapat garis depresi aliran yang keluar melalui lereng hilir bendungan sehingga tidak aman terhadap bangunan untuk itu perlu digunakan drainase kaki maupun drainase alas.

2. Formasi garis depresi tubuh bendungan kondisi dengan menggunakan drainase kaki

$$h : 31,3 \text{ m}$$

$$l_1 : 93,93 \text{ m}$$

$$l_2 : 74,90 \text{ m}$$

$$\alpha : 135^\circ$$

$$d : 0,3 \cdot l_1 + l_2 = (0,3 \times 93,93) + 74,90 = 103,079 \text{ m}$$

$$\text{maka : } y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d$$

$$= \sqrt{31,3^2 + 103,079^2} - 103,079$$

$$= 4,65 \text{ m}$$

Parabola bentuk dasar dapat diperoleh dengan persamaan :

$$y = \sqrt{2 \cdot y_0 \cdot x + y_0^2} = \sqrt{2 \cdot 4,65 \cdot x + 4,65^2}$$

Dan diperoleh koordinat parabola sebagai berikut :

x	y
	0
0	4,65
10	10,71
20	14,41
30	17,34
40	19,84
50	22,06
60	24,08
70	25,93
80	27,67
90	29,30
100	30,85
110	32,32
111,709	32,57

Untuk $\alpha = 135^\circ$, berdasarkan grafik pada Gambar 2.12 didapat nilai: $C = \frac{a}{a + \Delta a} = 0,15$

maka dapat ditentukan nilai :

$$a + \Delta a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} = \frac{4,65}{1 - \cos 135} = 2,72$$

$$C = \frac{a}{a + \Delta a}$$

$$0,15 = \frac{a}{2,72}$$

$$\Delta a = 0,15 \cdot 2,72 = 0,408$$

$$a = 2,72 - 0,408 = 2,31 \text{ m}$$

3. Jaringan *Trayektori* aliran filtrasi (*seepage flow-net*)

Kapasitas aliran filtrasi asumsi $K_h = K_v$
 Dengan menggunakan rumus jaringan trayektori aliran sebagai berikut :

$$Q_f = \frac{N_f}{N_e} \cdot k \cdot H \cdot L$$

Dari data yang ada di dapat :

$$N_f = 8 \text{ (asumsi)}$$

$$N_e = 14 \text{ (asumsi)}$$

$$k = 5 \times 10^{-6} \text{ cm/det} = 5 \times 10^{-8} \text{ m/det}$$

(asumsi)

$$H = 31,3 \text{ m}$$

$$L = 187,04 \text{ m}$$

Maka debit aliran filtrasi adalah sebagai berikut :

$$Q_f = \frac{N_f}{N_e} \cdot k \cdot H \cdot L$$

$$= \frac{8}{14} \cdot 5 \times 10^{-8} \cdot 31,3 \cdot 187,04$$

$$= 1,678 \times 10^{-5} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24$$

$$= 1,450 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Syarat Q lebih kecil dari 2% Q_{inflow} rata-rata waduk

Stabilitas Bendungan Terhadap Longsor Dengan Aplikasi Perhitungan Stabilitas Lereng

Data-data yang diperlukan dalam analisis kestabilan lereng dengan bantuan aplikasi perhitungan stabilitas lereng adalah berat jenis tanah, koefisien geser tanah (C), sudut geser dalam tanah (ϕ), tekanan air pori dan koefisien beban gempa (seismik)

Data Teknis

Tinggi bendungan = 31,3 m

Lebar Mercur bendungan = 8,5 m

Kemiringan Hulu = 1 : 3

Kemiringan Hilir = 1 : 2,25

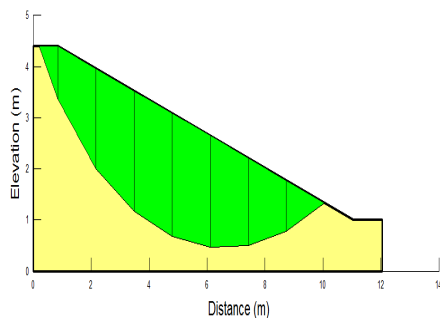
Elevasi Air Waduk = + 436,3 m (MAB)

Tinggi Air = 31,3 m

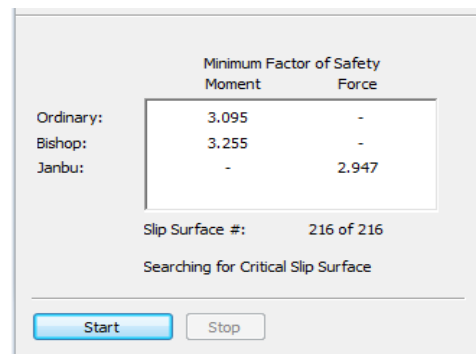
Tabel 6. Kondisi perencanaan teknis material urugan sebagai dasar perhitungan

Zone tubuh bendungan	Kekuatan geser		γ timbunan dalam beberapa kondisi		Intensitas beban seismis horisontal (e)
	C (Kpa)	θ	Basah	Jenuh	
Zone kedap air	11,56	23°	1,713	1,756	0,322

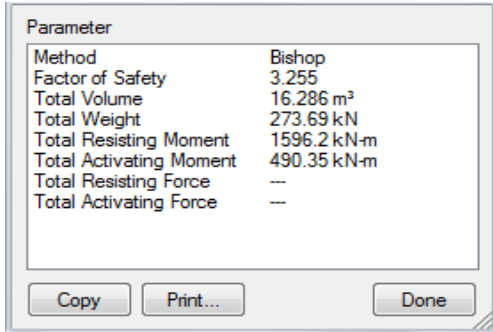
1. Baru dibangun hulu



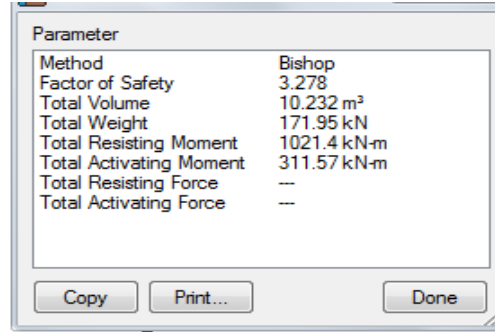
Gambar 4. Bidang luncur (Baru dibangun hulu) dengan menggunakan aplikasi perhitungan stabilitas lereng.



Gambar 5. Tampilan Safety Factor (Baru dibangun hulu) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng.



Gambar 6. Parameter hasil dari contour (Baru dibangun hulu) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

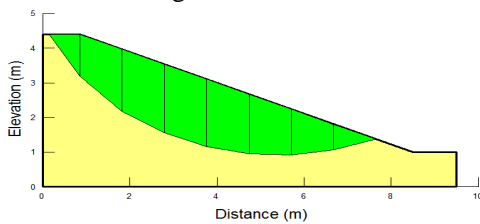


Gambar 9. Parameter hasil dari contour (Baru dibangun hilir) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

Dari hasil analisis perhitungan stabilitas longsor didapatkan nilai Fs sebagai berikut :
 $F_s = 3,225 \approx 1,2$ (Aman)

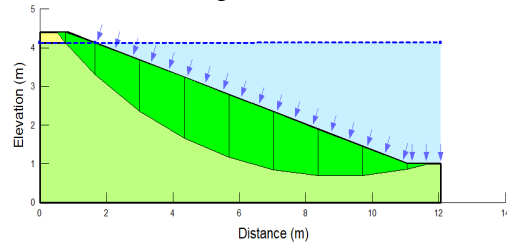
Dari hasil analisis perhitungan stabilitas longsor didapatkan nilai Fs sebagai berikut :
 $F_s = 3,278 \approx 1,2$ (Aman)

2. Baru dibangun Hilir

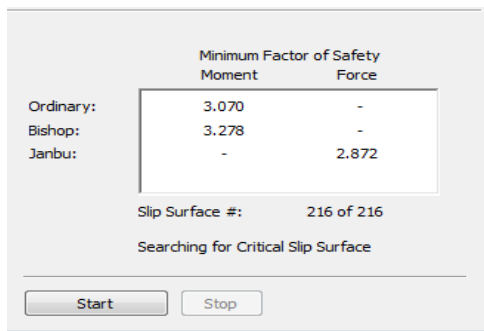


Gambar 7. Bidang lurur (Baru dibangun hilir) dengan menggunakan aplikasi perhitungan stabilitas lereng

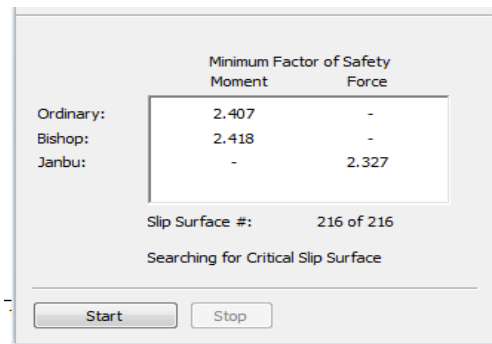
3. Hulu terisi air penuh



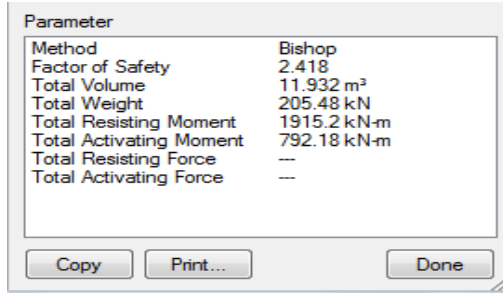
Gambar 10. Bidang lurur (Hulu terisi air penuh) dengan menggunakan aplikasi perhitungan stabilitas lereng



Gambar 8. Tampilan Safety Factor (Baru dibangun hilir) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng



Gambar 11. Tampilan Safety Factor (Hulu terisi air penuh) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

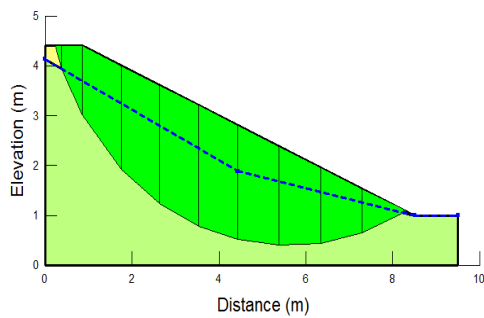


Gambar 12. Parameter hasil dari contour (Hulu terisi air penuh) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

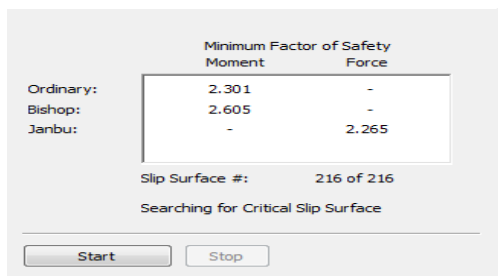
Dari hasil analisis perhitungan stabilitas longsor didapatkan nilai Fs sebagai berikut :

$$F_s = 2,418 \geq 1,2 \text{ (Aman)}$$

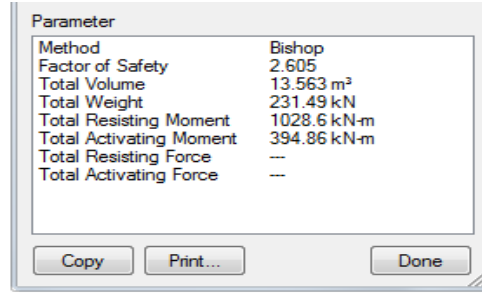
4. Hilir terisi air penuh



Gambar 13. Bidang luncur (Hilir terisi air penuh) dengan menggunakan aplikasi perhitungan stabilitas lereng



Gambar 14. Tampilan Safety Factor (Hilir terisi air penuh) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

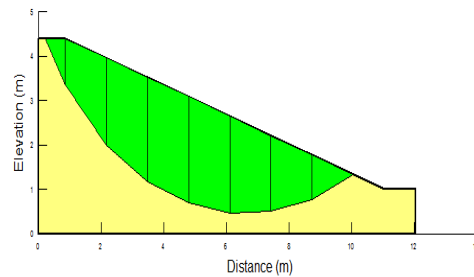


Gambar 15. Parameter hasil dari contour (Hilir terisi air penuh) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

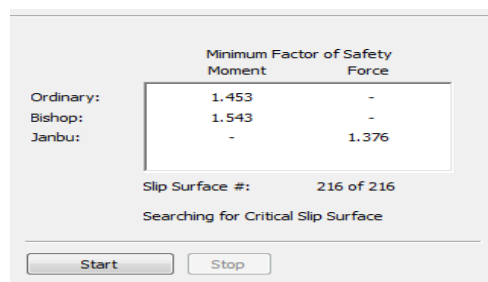
Dari hasil analisis perhitungan stabilitas longsor didapatkan nilai Fs sebagai berikut :

$$F_s = 2,605 \geq 1,2 \text{ (Aman)}$$

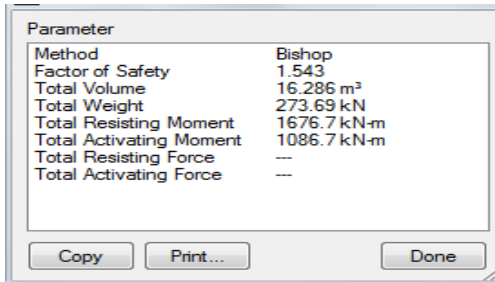
5. Hulu belum terisi air dengan beban gempa



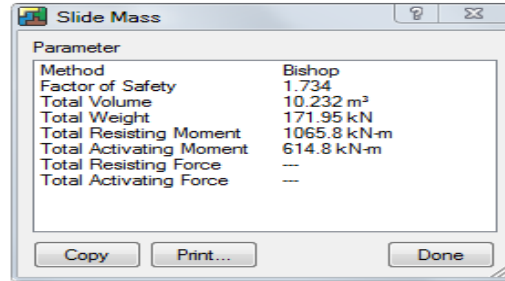
Gambar 16. Bidang luncur (Hulu belum terisi air dengan beban gempa) dengan menggunakan aplikasi perhitungan stabilitas lereng



Gambar 17. Tampilan Safety Factor (Hulu belum terisi air dengan beban gempa) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng



Gambar 18. Parameter hasil dari contour (Hulu belum terisi air dengan beban gempa) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

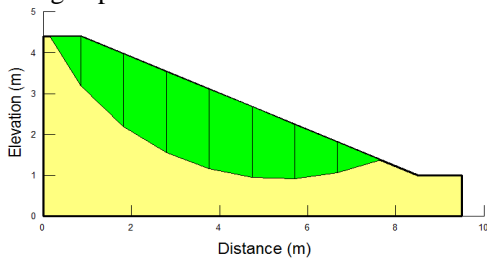


Gambar 21. Parameter hasil dari contour (Hilir belum terisi air dengan beban gempa) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

Dari hasil analisis perhitungan stabilitas longsor didapatkan nilai F_s sebagai berikut :

$$F_s = 1,543 \geq 1,2 \text{ (Aman)}$$

6. Hilir belum terisi air dengan beban gempa

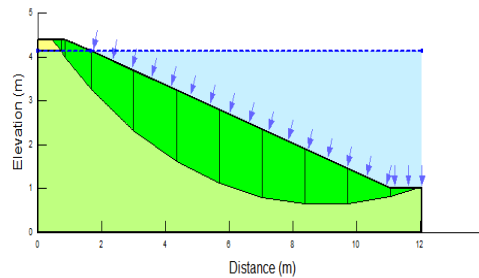


Gambar 19. Bidang luncur (Hilir belum terisi air dengan beban gempa) dengan menggunakan aplikasi perhitungan stabilitas lereng

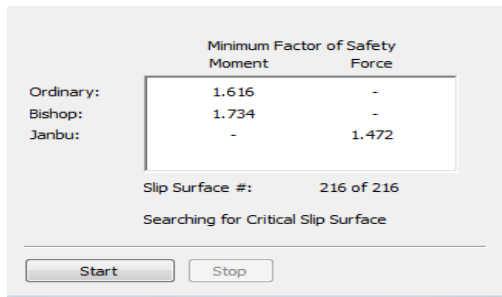
Dari hasil analisis perhitungan stabilitas longsor didapatkan nilai F_s sebagai berikut :

$$F_s = 1,734 \geq 1,2 \text{ (Aman)}$$

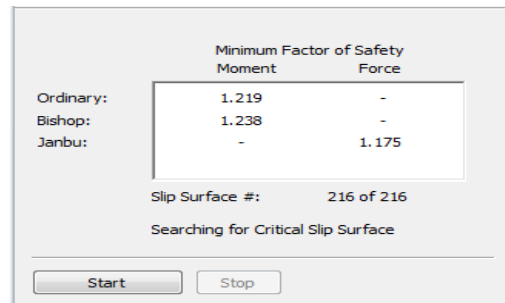
7. Hulu terisi air penuh dengan beban gempa



Gambar 22. Bidang luncur (Hulu terisi air penuh dengan beban gempa) dengan menggunakan aplikasi perhitungan stabilitas lereng



Gambar 20. Tampilan Safety Factor (Hilir belum terisi air dengan beban gempa) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng



Gambar 23. Tampilan Safety Factor (Hulu terisi air penuh dengan beban gempa) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

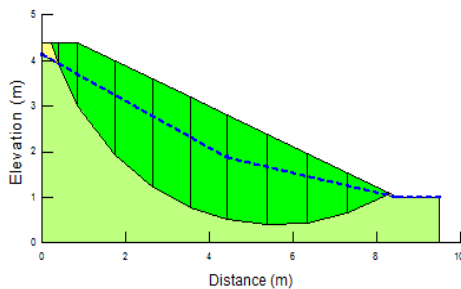
Parameter	
Method	Bishop
Factor of Safety	1.238
Total Volume	12.41 m ³
Total Weight	213.69 kN
Total Resisting Moment	2057.4 kN-m
Total Activating Moment	1662 kN-m
Total Resisting Force	---
Total Activating Force	---

Gambar 24. Parameter hasil dari contour (Hulu terisi air penuh dengan beban gempa) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

Dari hasil analisis perhitungan stabilitas longsor didapatkan nilai Fs sebagai berikut :

$$Fs = 1,238 \geq 1,2 \text{ (Aman)}$$

8. Hilir terisi air penuh dengan beban gempa



Gambar 25. Bidang luncur (Hulu terisi air penuh dengan beban gempa) dengan menggunakan aplikasi perhitungan stabilitas lereng

	Minimum Factor of Safety	Moment	Force
Ordinary:	1.233	-	-
Bishop:	1.412	-	-
Janbu:	-	-	1.176

Slip Surface #: 216 of 216
Searching for Critical Slip Surface

Gambar 26. Tampilan Safety Factor (Hilir terisi air penuh dengan beban gempa) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

Parameter	
Method	Bishop
Factor of Safety	1.412
Total Volume	13.563 m ³
Total Weight	231.49 kN
Total Resisting Moment	1095.7 kN-m
Total Activating Moment	776.11 kN-m
Total Resisting Force	---
Total Activating Force	---

Gambar 26. Parameter hasil dari contour (Hilir terisi air penuh dengan beban gempa) pada aplikasi perhitungan stabilitas lereng

Dari hasil analisis perhitungan stabilitas longsor didapatkan nilai Fs sebagai berikut

$$Fs = 1,412 \geq 1,2 \text{ (Aman)}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hal-hal yang dapat disimpulkan dari Perencanaan Tubuh Bendungan Air Padang Guci Kabupaten Kaur Provinsi Bengkulu adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan didapatkan dimensi tubuh bendungan sebagai berikut:
Elevasi mercu bendungan = +439 m
Tinggi jagaan bendungan = 2 m
Tinggi bendungan = 34 m
Lebar mercu bendungan = 8,5 m
2. Kontrol stabilitas bendungan pada geser dan rembesan aman dan sesuai dengan syarat yang ditentukan

Saran

Adapun saran-saran yang dapat disampaikan penulis dalam Perencanaan Tubuh Bendungan Air Padang Guci Kabupaten Kaur Provinsi Bengkulu adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan harus memperhitungkan lokasi bendungan dan kesulitan yang mungkin timbul untuk mendapatkan hasil yang optimal.
2. Untuk mendapatkan perhitungan desain yang akurat, maka pemakaian metode perhitungan harus tepat dengan kondisi yang ada. Disamping itu data yang digunakan dalam perhitungan juga harus dianalisis secara teliti dengan

menggunakan berbagai macam teori yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- BWS Sumatera VII, 2015. **Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan**. BWS Sumatera VII, Bengkulu
- Loebis, J., 1984. **Banjir Rencana Untuk Bangunan Air**. Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Nisa, A dan Romulus, C., 2008. **Perencanaan Detail Bendungan UNDIP sebagai Pengendali Banjir pada Banjir Kanal Timur**. F. Teknik Sipil UNDIP, Semarang.
- Rahmat, 2011. **Studi Perencanaan Embung Ronggomulyo Kabupaten Rembang**. F. Teknik Sipil UNDIP, Semarang.
- Rifai, M., dan Kurniawan, D., 2008. **Perencanaan Embung Pusporenggo Kabupaten Boyolali Jawa Tengah**. F. Teknik Sipil UNDIP, Semarang.
- Soedibyo, 1993. **Teknik Bendungan**. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K., 1989. **Bendungan Type Urugan**. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suripin dan Wahyuni, S.E., 2014. **Perencanaan Bendungan Semar Kabupaten Rembang**. F. Teknik Sipil UNDIP, Semarang.

