

ANALISA DESAIN BENDUNG D.I KAWASAN SAWAH LAWEH TARUSAN (3.273 HA) KABUPATEN PESISIR SELATAN PROVINSI SUMATERA BARAT

Syofyan. Z¹⁾, Frizaldi²⁾

¹⁾Dosen Teknik Sipil

²⁾Mahasiswa Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Padang

Diterima 10-12-2016; revisi 11-01-2017; disetujui 19-01-2017; publish 01-02-2017

ABSTRAK

Bendung adalah bangunan melintang sungai yang berfungsi untuk meninggikan muka air agar bisa diambil dan dialirkan ke saluran lewat bangunan pengambilan. Analisa perencanaan bendung dilakukan perhitungan-perhitungan seperti analisa hidrologi, perhitungan hidrolis bendung, perhitungan dimensi bendung dan perhitungan stabilitas bendung. Data-data pendukung seperti peta topografi berskala 1:50.000 dan data curah hujan. Daerah Irigasi Sawah Laweh Tarusan yang secara administratif berlokasi dinagari Barung-barung Balantai Kecamatan XI Koto Tarusan Kabupaten Pesisir Selatan. Berdasarkan kondisi umum daerah irigasi Sawah Laweh Tarusan mempunyai luas areal 3,273 Ha, Daerah Irigasi Sawah Laweh Tarusan menggunakan pompa untuk mengaliri air ke jaringan irigasi yang dibangun sejak tahun 1982. Pada saat ini pompa tidak berfungsi lagi, disebabkan biaya operasi dan perawatannya sangat tinggi sehingga biaya dan hasil yang dicapai tidak seimbang lagi. maka perlu alternatif lain sebagai pengganti pompa yaitu dengan membangun bendung permanen sehingga areal irigasi Sawah Laweh Tarusan bisa diairi dengan sistem grafitasi. Hasil analisa, didapat debit banjir rencana (Q50) = 986,98 m³/dt, dari perhitungan hidroulis bendung didapatkan tinggi mercu 2,25 m, lebar total bendung 75 m, lebar efektif bendung 72,71 m, tinggi muka air banjir diatas mercu bendung 3,5 m, Perhitungan gaya-gaya yang bekerja terhadap tubuh bendung dilakukan kontrol terhadap stabilitasnya, dari hasil perhitungan stabilitas tubuh bendung aman terhadap Geser, Guling, Eksentrisitas dan Daya Dukung Tanah baik kondisi muka air normal maupun kondisi muka air banjir.

KATA KUNCI : Analisa bendung, debit rencana, dan stabilitas bendung.

1. PENDAHULUAN

Daerah Irigasi Kawasan Sawah Laweh Tarusan yang terletak dikabupaten Pesisir Selatan merupakan salah satu Daerah irigasi yang memanfaatkan sungai Batang Tarusan sebagai sumber airnya dan merupakan daerah irigasi yang sangat potensial dan sangat dibutuhkan oleh masyarakat setempat guna menjamin ketersediaan air untuk water availability (keperluan pertanian khususnya padi sawah). Dilihat dari topogرافي Daerah Aliran Sungai (DAS), Sungai Batang Tarusan airnya bersumber dari anak sungai yang mengalir sungai tersebut, disamping itu dari data debit Sungai Batang Tarusan yang dikeluarkan oleh Dinas PU Pengairan Sumatera Barat, debit yang tersedia sepanjang tahun relatif konstan baik pada musim kemarau maupun pada musim hujan. Dengan demikian seiring dengan program pemerintah untuk meningkatkan hasil produksi pangan, maka pembangunan Bendung Kawasan Sawah Laweh Tarusan sangat tepat dan layak untuk dilaksanakan dan diharapkan memberikan kontribusi terhadap penyediaan pangan Nasional secara umum khususnya Sumatera Barat. Secara administrasi Daerah Irigasi Kawasan Sawah Laweh Tarusan yang berlokasi di Barung-Barung Barantai Tarusan, Kecamatan Koto XI Tausan Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat, dan secara geografis terletak pada 1° 1' 38'' LS sampai dengan 100° 29' 47'' BT dengan elevasi ± 60 m dari muka laut. Jarak tempuh ke daerah irigasi Kawasan Sawah Laweh Tarusan ± 55 km dari kota Padang, ibu kota Provinsi Sumatera Barat dan dapat melewati jalan darat dalam waktu 1,5 jam dengan kondisi jalan yang cukup baik. Daerah Irigasi Kawasan Sawah Laweh Tarusan dengan luas 3.273 Ha yang terdapat dibagian kanan Bendung yang meliputi 1 Kecamatan dan 6 nagari .Sumber Data: Google Earth .



Gambar 1. Lokasi Bendung D.I Kawasan Sawah Laweh Tarusan

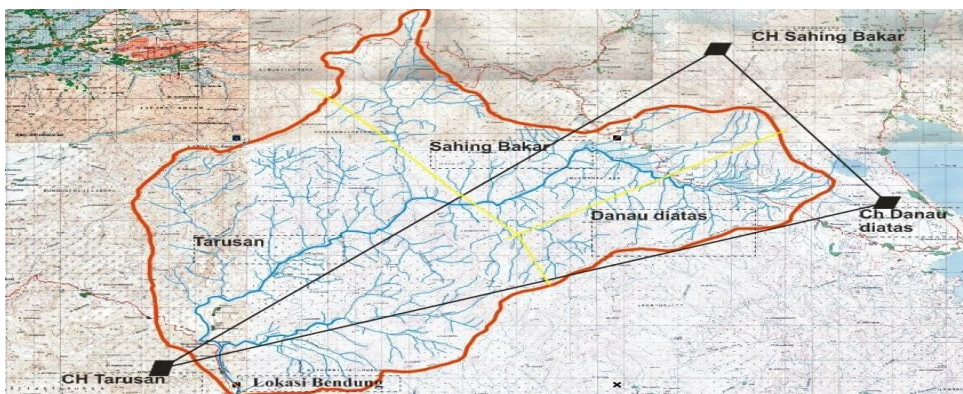
2. METODOLOGI

Metodologi perencanaan digunakan untuk menentukan langkah-langkah yang akan dilakukan pada D.I Kawasan Sawah Laweh Tarusan. Data- data yang digunakan dalam perencanaan seagai berikut:

- a. Data Mekanika Tanah dan Geologi terdiri dari permukaan tanah asli lapisan penutup tanah Kerikil bercampur bolder yang berwarna yang kedalamannya 200 cm.
- b. Data Kondisi sungai Batang Tarusan mempunyai lebar penampang rata – rata 70 m dan kemiringan rata –rata 0,0061218, pada daerah proyek mempunyai lebar rata–rata 74 m. luas areal yang akan dialiri 3.273 Ha.
- c. Data - data sekunder dari Dinas PSDA Sumbar : Data Hidrologi, Data Peta Topografi, Data Klimatologi

Tahapan analisis dilakukan untuk perhitungan berdasarkan data-datayang diperoleh dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Menghitung Curah Hujan Rata-rata tiap tahunnya dari data curah hujan yang diambil 15 tahun kebelakang.
- b. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta menentukan luas daerah pengaruh stasiun-stasiun penakar hujan.
- c. Menganalisis curah hujan rencana dan Menganalisis debit banjir rencana.
- d. Perencanaan Hidrolis Bendung serta Perhitungan Stabilitas Bendung.



Sumber data : Dinas PSDA Sumbar

Gambar 2. DAS Dan Ch area

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Curah Hujan rencana

Analisa curah hujan rencana dengan periode ulang dan metoda yang digunakan :

- a. Perhitungan Sebaran Normal dan Gumbel
- b. Perhitungan Log Normal dan Log Person III

Tabel 1. Data curah rerata

No	Tahun	Ch (mm)
1	1999	123,37
2	2000	98,61
3	2001	106,55
4	2002	208,29
5	2003	166,07
6	2004	190,43
7	2005	115,82
8	2006	113,55
9	2007	206,97
10	2008	138,10
11	2009	113,05
12	2010	156,85
13	2011	115,47
14	2012	143,01
15	2013	128,77

Selanjutnya hasil Analisa hujan rencana yang dipergunakan untuk perhitungan debit banjir dengan metoda Log person didapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Hasil Analisa Hujan Rencana metoda Log Person

T tahun	I / T (%)	Kt	K.Sd	Log Rt (mm)	Rt (mm)
2	50	0,058	0,0061	2,145	139,631
5	20	0,82	0,0865	2,225	168,036
10	10	1,313	0,1386	2,277	189,423
25	4	1,865	0,1968	2,336	216,615
50	2	2,237	0,2361	2,375	237,109
100	1	2,581	0,2724	2,411	257,783

3.2 Analisa Debit Banjir rencana

Didalam perhitungan debit banjir rencana periode ulang, metoda yang digunakan adalah Metoda Hasper dan metoda Rasional. Hasil perhitungan debit banjir rencanadapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Debit Banjir Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Metoda	
	Harper (m ³ / dt)	Metoda Rasional (m ³ / dt)
2	9,164	581,22
5	22,911	699,46
10	45,822	788,48
25	114,556	901,67
50	229,111	986,98
100	458,222	1073,03

Debit yang digunakan untuk perencanaan bendung adalah $Q_{50} = 986,98 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

3.3 Perhitungan Hidrolis Bendung

3.3.1 Menentukan Elevasi Mercu Bendung

Elevasi puncak mercu ditentukan berdasarkan elevasi sawah tertinggi yang akan diairi dan ditambah dengan berbagai kehilangan tekanan air pda jaringan tersebut.maka didapat.

Elevasi puncak mercu	=	+ 30,75 m
Jadi tinggi bendung :		
1. Elevasi mercu bendung	=	+ 30,75 m
2. Elevasi dasar sungai rata – rata	=	+ 28,50 m
<hr/>		
Tinggi mercu	=	2,25 m

3.3.2 Lebar efektif bending

Lebar efektif bendung (Bef) adalah lebar bendung yang hanya dapat nya dapat dilalui oleh aliran, untuk menghitung lebar efektif bendung dapat dipakai persamaan:

$$B_{\text{eff}} = B_{\text{tot}} - 2 (n * k_p + k_a) H_1 - n * T_p - 0.2 * B_p \dots\dots\dots 1$$

dengan:

- B Eff = Lebar Efektif bendung
- B tot = lebar bendung, m
- n = jumlah pilar
- Kp = koefisien kontraksi pilar
- Ka = koefisien kontraksi pangkal bendung
- H1 = tinggi energi, m
- Tp = tebal pilar, m
- Bp = Lebar penguras, m

$$= 75.00 - 2 (2 * 0,01 + 0,10) H_1 - 1 * 1,00 - 0,20 * 2,5$$

$$= 75.00 - 0,22 * H_1 - 1,00 - 0,51 = 72.71 \text{ m}$$

3.3.3 Menentukan tinggi air banjir diatas mercu

Dihitung dengan rumus :

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2/3} \cdot g \cdot B_{\text{ef}} \cdot H_1^{2/3} \dots\dots\dots 2$$

Cd = Koefisien debit (Cd = C0, C1, C2 dari grafik) = 1,3

g = 9,81

Untuk Menentukan tinggi air banjir diatas mercu dapat pada tabel berikut :

Tabel 4. Nilai Q yang mendekati untuk mendapatkan H1

H1	Cd	(Cd) ^{0,667}	(2/3 x 9,8) ^{0,5}	(25,21 - 0,24 x H1)	H13/2	Q
0,500	1,33	0,887	2,556	22,380	0,354	7,950
0,800	1,33	0,887	2,556	22,308	0,716	25,661
1,000	1,33	0,887	2,556	22,260	1,000	44,731
1,500	1,33	0,887	2,556	22,140	1,837	122,601
2,000	1,33	0,887	2,556	22,020	2,828	250,311
3,502	1,33	0,887	2,556	21,660	6,554	998,912

3.3.4 Elevasi muka air dihilu bendung (M.A.B)

dengan data : H₁= 3,502 m
 Q = 986,98 m³/dt
 Maka elevasi muka air dihilu bendung (M.A.B) adalah :
 elevasi mercu + (H₁ - V₀² / 2g)
 = 30,75 + 3,229= 33,979 m

Tinggi elevasi tanggul yang diperlukan adalah :
 = 33,979 + 1,00= 34,979 m

3.3.5 Back Water

Panjang penampang (back water) dapat dihitung dengan rumus :

$$L = \frac{2 \cdot h}{I} \dots\dots\dots 3$$

$$= \frac{2 \times 3,502}{0,006} = 1167,33 \text{ m}$$

3.3.6 Kolam olah (peredam energi)

Karena banjir diperkirakan akan mengangkut sedimen halus (pasir), maka peredam energi rencana akan dipakai yaitu type USBR.Data yang diperlukan adalah :

- a. Data Debit Banjir = 986,98 m³/dtk
- b. Lebar efektif = 72,71 m
- c. Tinggi muka air diatas mercu (h) = 3,502 m
- d. Debit satuan $q = \frac{Q}{B_{\text{eff}}}$ $q = \frac{986,98}{72,71} = 13,57 \text{ m}^3/\text{dtk}/\text{m}$
- e. Elevasi MAB = 33,979 m
- f. Elevasi Sungai = 24,50 m
- g. Tinggi jatuh (Z) 33,979 - 24,50 = 9,75 m
- h. Tinggi muka air dikaki bendung

$$y_1 = \frac{Q_{\text{rencana}}}{V \cdot B_{\text{eff}}}$$

Dimana : V = Kecepatan Aliran dikaki bendung
 $V = \sqrt{2 \cdot g \cdot (Z - 0,5 \cdot h)}$
 $V = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (9,75 - 0,5 \cdot 3,502)}$
 V = 12,32 m /dtk

Jadi tinggi muka air dikaki bendung adalah :

$$y_1 = \frac{986,98}{12,32 \times 72,71} \quad y_1 = 1,11 \text{ m}$$

- i. Kontrol terhadap tinggi air dikolam olakan (y₂)

$$y_2 = 0,5 \cdot y_1 \cdot \sqrt{1 + 8 \cdot F_1^2} - 1$$

F = Bilangan froude, besarnya bilangan froude adalah :

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y_1}} = \frac{12,32}{\sqrt{9,81 \times 1,11}} = 4,75 < \text{dari } 4,5$$

Berdasarkan data - data diatas, maka untuk Bendung D.I kawasan Sawah Laweh Tarusan direncanakan kolam alakan type USBR III.

Jadi :

$$y_2 = 0,5 \cdot y_1 \cdot \sqrt{1 + 8 \cdot F^2} - 1$$

$$y_2 = 0,5 \cdot 1,11 \cdot \sqrt{1 + 8 \cdot 4,75^2} - 1$$

$y_2 = 7,46 \text{ m}$
 Panjang Kolam Olakan (L)
 $L = 2,7 \times y_2$
 $L = 2,7 \times 7,46 = 21,142 \text{ m}$
 Direncanakan panjang kolam olakan = 22 m

3.3.7 Perhitungan panjang lantai muka

$L_w = C (\text{jenis tanah dibawah bendung pasir kasar } (5,0) \times Z$
 $= 5,0 \times 3,879 = 19,39 \text{ m}$

Kontrol Panjang Lantai muka dengan metoda gradian hidrolis

$L_w = 49,10 > Z \cdot C$
 $= 49,10 > 3,879 \times 5$
 $= 49,10 > 19,39$

Kontrol terhadap pembesian

- a. Kondisi muka air banjir M.A.B
 $\Delta H = 33,979 - 30,10 = 3,879 \text{ m}$
 $L_w = L_{\text{vertikal}} + 1/3 \times L_{\text{horizontal}} \geq C \times \Delta H$
 Dimana harga C = 5,0 (jenis tanah Pasir kasar 5,0)
 Panjang $L_w = 49,10$
 $L_w = 49,10 > 19,39$
- b. Kondisi muka air normal M.A.N
 $\Delta H = 33,979 - 25,50 = 8,479 \text{ m}$
 $L_w = L_{\text{vertikal}} + 1/3 \times L_{\text{horizontal}} \geq C \times \Delta H$
 Panjang $L_w = 49,10$
 $L_w = 49,10 > 19,39$

3.3.8 Perhitungan Stabilitas Bendung

a. Pada Kondisi Muka Air Normal

Perhitungan stabilitas bendung pada saat debit normal dimana tinggi muka air hanya mencapai elevasi puncak mercu bendung dan pada waktu itu di asumsikan kolam olakan dalam keadaan kering.

b. Gaya-gaya yang bekerja pada tubuh bendung

Tabel 5. Rekapitulasi gaya-gaya pada kondisi air normal

No	Uraian	Gaya (ton)		Momen (t.m)		Arah gaya
		V	H	MV	MH	
a	Berat sendiri bendung	115,39		578,11		+
b	Gaya gempa		15,61			+
c	Tekanan hidrostatis		3,125		39,22	+
d	Tekanan lumpur		1,434		18,00	+
e	Tekanan akibat tanah aktif		4,651		39,10	+
	Tekanan akibat tanah pasif		-9,423		-81,98	-
f	Tekanan uplift pressure 70 %	50,45	40,00	120,68	164,57	+
Total		165,84	55,40	698,79	178,90	

3.3.9 Pemeriksaan Stabilitas Bendung

a. Pada Kondisi Air Normal (MAN)

Kontrol Terhadap :

- Guling : $\rightarrow S_F = \frac{\square MV}{\square MH} > 1,5$
 $S_F = \frac{698,79}{178,90} > 1,5$
 $S_F = 3,86 > 1,5$ Oke memenuhi
- Geser : $\rightarrow SF = \frac{F \cdot \square V}{\square H} \rightarrow F = \text{tg } 30^\circ = 0,58$
 $SF = \frac{0,58 \times 165,84}{55,40} > 1,5$
 $SF = 1,74 > 1,5$ Oke memenuhi

- Eksentrasi : $a = \frac{\square MV - \square MH}{\square V} = \frac{698,79 - 178,90}{165,84} = 3,14$
 $e = 1/2 B - a < \frac{B}{6}$
 $e = 1/2 \times 10,6 - 3,14 < \frac{10,6}{6}$
 $e = 4,25 - 2,61 = 1,76 \text{ m}$
 Check :
 $e \leq B/6$
 $1,64 \leq 1,76$ Oke memenuhi

b. Tegangan yang terjadi :

Dari hasil penyelidikan tanah, tegangan yang diizinkan $\sigma = 12,98 \text{ t/m}^2$

$$\sigma_{12} = \frac{\square V}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = 165,84 \left(1 \pm \frac{6 \times 1,64}{10,6} \right)$$

$\sigma_1 = 11,77 \text{ T/m}^2 < 12,98 \text{ t/m}^2$ OK
 $\sigma_2 = 4,19 \text{ T/m}^2 < 12,98 \text{ t/m}^2$ OK

3.3.10 Analisa Stabilitas Pada Kondisi Muka Air Banjir

Tabel 6. Rekapitulasi gaya-gaya pada kondisi air banjir

No	Jenis gaya	Gaya	Momen	Arah gaya
		(ton)	(t.m)	
Vertikal				
1	Berat sendiri bendung	-115,39	-578,11	-
2	Tekanan uplift pressure	9,08	132,19	+
3	Tekanan hidrostatis	18,84	82,45	-
Total		-87,47	-363,47	-
Horizontal				
1	Akibat gaya gempa	15,61	0,00	+
2	Tekanan lumpur	1,43	18,00	+
3	Tekanan hidrostatis	-17,46	137,11	-
4	Tekanan uplift pressure	12,60	58,50	+
5	Tekanan akibat tanah aktif	4,65	39,10	+
6	Tekanan akibat tanah pasif	9,42	-81,98	-
Total		26,26	170,72	+

Kesimpulan :

1. Total Gaya arah Vertikal ($\sum GV$) = 87,47 ton
2. Total Gaya arah Horizontal ($\sum GH$) = 26,26 ton
3. Total Momen arah Vertikal ($\sum MV$) = 363,47 ton.m
4. Total Momen arah Horizontal ($\sum MH$) = 170,72 ton.m

3.3.11 Pemeriksaan Stabilitas Bendung

Pada Kondisi Air Normal (MAB)

Kontrol Terhadap :

- c. Guling : $\rightarrow S_F = \frac{\square MV}{\square MH} > 1,5$
 $S_F = \frac{363,47}{170,72} > 1,5$
 $S_F = 2,13 > 1,5$ Oke memenuhi
- d. Geser : $\rightarrow SF = \frac{F \cdot \square V}{\square H} \rightarrow F = \text{tg } 30^\circ = 0,58$
 $SF = \frac{0,58 \times 87,47}{26,26} > 1,5$
 $SF = 1,94 > 1,5$ Oke memenuhi
- e. Eksentrisasi : $a = \frac{\square MV - \square MH}{\square V} = \frac{363,47 - 170,72}{87,47} = 2,21$
 $e = 1/2 B - a < \frac{B}{6}$
 $e = 1/2 \times 10,6 - 2,21 < \frac{10,6}{6}$
 $e = 5,3 - 2,21 = 1,77 \text{ m}$
 Check :
 $e \leq B/6$
 $1,56 \leq 1,77$ Oke memenuhi

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan analisa didapat kesimpulan sebagai berikut :

- a. Luas daerah aliran sungai Batang Tarusan 286,4 km²
- b. Debit banjir rencana $Q_{50 \text{ thn}}$ (MAB) 986,98 m³/dtk
- c. Berdasarkan keadaan sungai dengan daya angkut sedimen halus berupa pasir, kerikil dan angka $Fr > 4,5$ maka dipilihlah bendung tipe USBR III.
- d. Tinggi muka banjir diatas mercu 3,5 dielevasi + 33.979
- e. Lebar efektif bendung 72,71m
- f. Lebar total bendung 75m
- g. Tinggi mercu 2,25 m
- h. Panjang back water 1167,33
- i. Bendung dilengkapi dengan pintu penguras pada sisi kanan bendung dengan lebar 2 x 2,5 m
- j. Hasil pemeriksaan stabilitas konstruksi telah memenuhi syarat, yaitu aman terhadap bahaya guling, geser dan amblas baik pada waktu kondisi air normal atau kondisi air banjir.

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, 2010. Standar Perencanaan Irigasi Bangunan KP-02, Revisi, Bandung.

Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, 2010. Standar Perencanaan Irigasi Bangunan KP-04, Revisi, Bandung.

Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, 2010. Standar Perencanaan Irigasi Bangunan KP-06, Revisi, Bandung.

Mawardi, Erman. Memed, Moch. 2006. Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi Teknis. Bandung: Alfabet.

Soedidyo. 2003. Teknik Bendungan. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sosrodarsono, Suyono. Takeda, Kensaku. 2003. Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: Pradnya Paramita.

Triamodjo, Bambang. 2013. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.

Wilson.E.M. 1993. Hidrologi Teknik Edisi Keempat. Bandung: ITB.

Soewarno, 2014. Aplikasi Metoda Statistik Untuk Analisa Data Hidrologi Ppenerbit Grahara Ilmu.Yogyakarta.