

**EVALUASI STABILITAS BENDUNG D.I BELUTU
KECAMATAN TEBING TINGGI KABUPATEN SERDANG
BEDAGAI
(STUDY KASUS)**

Fadly Rais Sitorus¹, H.Edy Hermanto²

^{1,2}Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Medan Area

ABSTRAK

Daerah Irigasi Sei Belutu berada di Kecamatan Sei Baman Kabupaten Serdang Bedagai Luas potensial daerah irigasi Sei Belutu ± 5082 Ha yang tersebar di 7 desa yaitu Desa Sei Belutu, Desa Bakaran Batu, Desa Baman, Desa Sukadamai, Desa Gempolan, Desa pengalangan dan Desa Kampung Pon. Irigasi ini sangat berpengaruh terhadap perekonomian daerah di desa tersebut. Untuk mengairi areal tersebut maka perlu dibangun sebuah bendung yang aman. Skripsi ini menganalisis stabilitas bendung terhadap Guling dan Geser. Kombinasi yang dianalisis terhadap banjir normal, maksimum dan terhadap lumpur. Langkah awal dalam penulisan skripsi ini adalah analisis hidrologi curah hujan dari stasiun sampali dengan Jumlah data maksimum 10 Tahun dari tahun 2004-20013, dari perhitungan debit banjir rencana Q100 sebesar 175,4215 m³/dtk.

Berdasarkan dari hasil analisis dan perhitungan stabilitas bendung D.I Belutu aman terhadap Guling dan Geser.

Kata Kunci: Debit banjir, Stabilitas Guling, Stabilitas Geser.

ABSTRACT

The irrigation area of Sei Belutu is located in Sei Baman sub-district Serdang Bedagai regency. The potential area of Sei Belutu irrigation area is ± 5082 Ha which is distributed in 7 villages such as Sei Belutu, Bakaran Batu, Baman, Sukadamai, Gempolan, Pengalangan village and Kampung Pon village. The irrigation has the potential impact for the economy of the people in surrounding area. To suffice the needs of water in the areal, safe and good weir should be built in the area. The thesis is intended to analyze the stability of weir to rolling and overtuning force. The combination of force is analyzed to normal flood, maximum and also mud. The first step to do in this thesis is the analysis of rain fall hidrology from Sampali station with the maximum data for 10 years from 2004-20013, from calculation of flood rate prediction for 175,4215 m³/second. Based on the analysis and weir stability calculation in irrigation area of Belutu, it is considered safe to rolling and overtuning force.

Key words: Flood rate, Rolling and Overtuning force.

1. PENDAHULUAN

Bendung adalah suatu bangunan yang dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton, yang terletak melintang pada sebuah sungai yang tentu saja bangunan ini dapat digunakan pula untuk kepentingan lain selain irigasi, seperti untuk keperluan air minum, pembangkit listrik atau untuk pengendali banjir. Bendung ada dua bagian, yaitu bendung tetap dan bendung tidak tetap (sementara). Stabilitas bendung adalah gambaran yang mendefinisikan bahwa bendung tersebut dalam keadaan sempurna dan dapat dimanfaatkan sebagai suatu bendung, yaitu ditinjau dari ketahanan bendung menerima gaya-gaya *internal* dan *external* yang dialaminya seperti, gaya guling, pergeseran, keruntuhan dan gaya *external* yang diakibatkan oleh gempa.

Dalam hal ini akan dilakukan perhitungan stabilitas bendung D.I Belutu yang berada di Desa Sei Bambi Kecamatan Tebing Tinggi Kabupaten Serdang Bedagai. Bendung Sei Belutu ini dibangun untuk memenuhi kebutuhan air di daerah pertanian di Desa Sei Bambi.

2. PERMASALAHAN

Adapun didalam penulisan skripsi ini mengadakan pembatasan yang berkisar mengenai stabilitas bendung yang antara lain dapat penulis kemukakan sebagai berikut:

1. Apakah perencanaan bendung D.I Belutu tersebut aman ?
2. Mengapa perlu dilakukannya perhitungan ulang kembali pada Konstruksi Bendung D.I Belutu ?

3. Bagaimanakah langkah perhitungan stabilitas bendung D.I Belutu yang aman ?

4. Apasajakah Metode yg dipakai untuk perhitungan data Curah Hujan Pada Perencanaan Stabilitas Bendung D.I Belutu ?

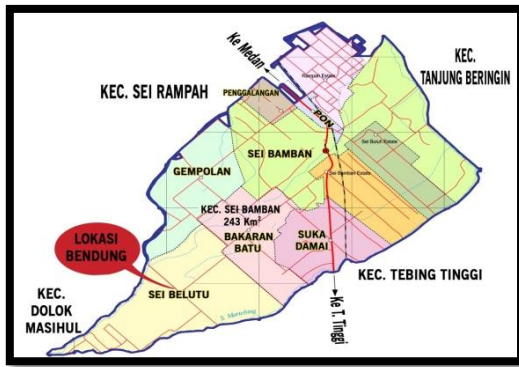
3. MAKSUD DAN TUJUAN

Adapun yang menjadi maksud dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui apakah evaluasi stabilitas bendung D.I Belutu sudah aman atau tidak. Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui apakah stabilitas bendung D.I. Belutu sudah aman terhadap gaya gempa, gaya hidrostatis, gaya terhadap tekanan tanah aktif dan pasif, dan lain sebagainya.

4. METODE PENELITIAN

Kondisi Umum

Daerah Irigasi Sei Belutu berada di Kecamatan Sei Bambi Kabupaten Serdang Bedagai, wilayah Kecamatan Sei Bambi terletak di antara Kec. Tebing tinggi (kanan) dan Kec. Sei Rampah (kiri), jika di lihat dari Peta Lokasi di Kabupaten Serdang Bedagai. Luas potensial daerah irigasi Sei Belutu ± 5082 Ha yang tersebar di 7 desa di Kecamatan Sei Bambi diantaranya, Desa Sei Belutu, Desa Bakaran Batu, Desa Bambi, Desa Suka Damai Desa Gempolan, Desa Pengalangan, dan Desa Kampung Pon (Lihat Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Kec. Sei Bamban

(sumber: www.deliserdangkab.go.id.2016)

Menghitung Curah Hujan Maksimum

Analisis frekuensi didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan atau debit di masa yang akan datang. Data yang diperlukan untuk menunjang aplikasi teori kemungkinan ini minimum 10 kejadian dengan harga tertinggi dalam tahunan, dengan kata lain diperlukan panjang data minimum 10 Tahun. Berdasarkan teori kemungkinan, koefisien *reduced mean* untuk data 10 tahun mencapai 0,50 atau 50 % penyimpangan dari harga rata-rata seluruh kejadian. Ada beberapa metode yang dipakai diantaranya; metode Gumbel, Weduwen, dan Haspers. adapun penggunaan rumus dari ke 3 metode tersebut sebagai berikut:

Metode Gumbel:

$X_T = \bar{X} + S_{xK}$ Dimana $K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$ (koefisien frekuensi)

Maka:

$$R_T = \bar{R} + S_x \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dimana:

$\sum x_i$ = data curah hujan yang sudah digolongkan dari yang terbesar

n = jumlah Tahun Pengamatan (10 Tahun)

1). menentukan nilai S_x :

$$S_x = \sqrt{\left(\frac{\sum (x - \bar{R})^2}{n-1}\right)}$$

Dimana:

$\sum (x - \bar{R})^2$ = data curah hujan yang sudah digolongkan dari yang terbesar

$n-1$ = jumlah Tahun Pengamatan - 1 Tahun

Tabel 1. reduced variat (fungsi Y_t)

No	Tr (Tahun)	Yt
1	2	0,3665
2	5	1,4999
3	25	3,1985
4	100	4,6001
5	1000	6,9073

Tr = Periode ulang Tahunan

$$Y_t = \text{Ln} \cdot \left(-\text{Ln} \frac{Tr-1}{Tr} \right)$$

$$= \text{Ln} \cdot \left(-\text{Ln} \frac{2-1}{2} \right)$$

$$= 0,3665 \text{ mm}$$

Maka :

Tabel 2. Hasil data Curah hujan Periode Ulang T (tahun)

T (ahun)	Yt (dari Tabel)	R _T (mm)
2	0,3665	102,6706
5	1,4999	139,4226
25	3,1985	194,5006
100	4,6001	239,9488
1000	6,9073	314,7581

$$R_T = \bar{R} + S_x \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

$$= 105,676 + 30,791 \frac{0,3665 - 0,4592}{0,9496}$$

$$= 102,67 \text{ mm}$$

Dimana:

$$\bar{R} = 105,676 \text{ mm}$$

$$S_x = 30,791 \text{ mm}$$

$$Y_t = 0,3665 \text{ (Tabel 1)}$$

$$Y_n = 0,4592 \text{ (Tabel 3)}$$

$$S_n = 0,9496 \text{ (dari Tabel 4)}$$

Tabel 3. reduced mean (fungsi Yn)

n	Yn	n	Yn	n	Yn	n	Yn
10	0,4592	33	0,5388	56	0,5508	79	0,5567
11	0,4996	34	0,5396	57	0,5511	80	0,5569
12	0,5053	35	0,5402	58	0,5518	81	0,5570
13	0,5070	36	0,5410	59	0,5518	82	0,5572
14	0,5100	37	0,5418	60	0,5521	83	0,5574
15	0,5128	38	0,5424	61	0,5524	84	0,5576
16	0,5157	39	0,5430	62	0,5527	85	0,5578
17	0,5181	40	0,5436	63	0,5530	86	0,5580
18	0,5202	41	0,5442	64	0,5533	87	0,5581
19	0,5220	42	0,5448	65	0,5535	88	0,5583
20	0,5236	43	0,5453	66	0,5538	89	0,5585
21	0,5252	44	0,5458	67	0,5540	90	0,5586
22	0,5268	45	0,5463	68	0,5543	91	0,5587
23	0,5283	46	0,5468	69	0,5545	92	0,5589
24	0,5296	47	0,5473	70	0,5548	93	0,5591
25	0,5309	48	0,5477	71	0,5550	94	0,5592
26	0,5320	49	0,5481	72	0,5552	95	0,5593
27	0,5332	50	0,5485	73	0,5555	96	0,5595
28	0,5343	51	0,5489	74	0,5557	97	0,5596
29	0,5353	52	0,5493	75	0,5559	98	0,5598
30	0,5362	53	0,5497	76	0,5561	99	0,5599
31	0,5371	54	0,5501	77	0,5563	100	0,5600
32	0,5380	55	0,5504	78	0,5565		

Dimana :

n = Jumlah Tahun Pengamatan
(diambil yang Tahun ke 10)

Y_n = angka koefisien berdasarkan
jumlah Tahun Pengamatan

Tabel 4. reduced standard deviasi (fungsi S_n)

n	S _n	n	S _n	n	S _n	n	S _n
10	0,9496	33	11,226	56	11,696	79	11,930
11	0,9676	34	11,255	57	11,708	80	11,938
12	0,9933	35	11,285	58	11,721	81	11,945
13	0,9971	36	11,313	59	11,734	82	11,953
14	10,0951	37	11,339	60	11,747	83	11,959
15	10,2061	38	11,363	61	11,759	84	11,967
16	10,3161	39	11,388	62	11,770	85	11,973
17	10,4111	40	11,413	63	11,782	86	11,980
18	10,4931	41	11,436	64	11,793	87	11,987
19	10,5651	42	11,458	65	11,807	88	11,994
20	10,6281	43	11,480	66	11,814	89	12,001
21	10,6961	44	11,499	67	11,824	90	12,007
22	10,7541	45	11,519	68	11,834	91	12,013
23	10,8111	46	11,538	69	11,844	92	12,020
24	10,8641	47	11,557	70	11,854	93	12,026
25	10,9151	48	11,574	71	11,863	94	12,032
26	11,9611	49	11,590	72	11,873	95	12,038
27	11,0041	50	11,607	73	11,881	96	12,044
28	11,0471	51	11,623	74	11,890	97	12,049
29	11,0861	52	11,538	75	11,898	98	12,055
30	11,1241	53	11,658	76	11,906	99	12,060
31	11,1591	54	11,667	77	11,915	100	12,065
32	11,1931	55	11,681	78	11,923		

Dimana :

n = Jumlah Tahun Pengamatan
(diambil 10 Tahun)

S_n = angka koefisien berdasarkan
jumlah Tahun Pengamatan

Tabel 5. Hasil data Curah hujan Periode
Ulang T (tahun)

T (tahun)	Yt (dari Tabel)	R _T (mm)
2	0,3665	99,568
5	1,4999	135,780
25	3,1985	190,051
100	4,6001	234,832
1000	6,9073	308,548

Metode Weduwen:

Tabel 6. Daftar Koefisien mp dan mn cara weduwen

n/p	mn/mp
1/5	0,238
1/4	0,262
1/3	0,291
1/2	0,336
1	0,410
2	0,492
3	0,541
4	0,579
5	0,602
10	0,705
15	0,766
20	0,811
25	0,845
30	0,875
40	0,915
50	0,948
60	0,975
70	1,00
80	1,02
90	1,03
100	1,05
125	1,08

$$M1 = 168,7 \text{ mm}$$

$$M1 = 122 \text{ mm}$$

$$P = n = \text{periode pengamatan} = 10$$

Tahun

Untuk P = n 10 Tahun dari Tabel 6. di dapat

harga:

$$mp = 0,705$$

$$mn = 0,705$$

$$R_{70} = \frac{R_{max}}{mp} = \frac{5}{6} \times \frac{168,7}{0,705} = 199,408 \text{ mm atau,}$$

$$R_{70} = \frac{1}{0,705} = 173,049 \text{ mm}$$

$$R_{rata-rata} = \frac{199,408 + 173,049}{2} = 186,2285 \text{ mm}$$

Harga intensitas curah hujan dengan periode ulang n tahun dapat dihitung sebagai berikut:

$$M25 = 0,845 \text{ (dari Tabel 6.)} \quad M25 =$$

$$0,845 \times 186,2285 = 157,3630 \text{ mm}$$

$$M100 = 1,05 \text{ (dari Tabel 6)} \quad M100 =$$

$$1,05 \times 186,2285 = 195,5399 \text{ mm}$$

Metode Haspers:

$$RT = R + S \cdot \mu T$$

Maka:

$$R1 = 168,7 \text{ mm}$$

$$R2 = 122 \text{ mm}$$

$$\bar{R} = 105,676 \text{ mm}$$

$$S = 30,791$$

Lama pengamatan, n = 10 Tahun

$$\mu_1 = \frac{10+1}{1} = 11 \text{ (dari Tabel 7 didapat}$$

$$\mu_1 = 1,35)$$

$$\mu_2 = \frac{10+1}{2} = 5,5 \text{ (dari Tabel 7 didapat}$$

$$\mu_2 = 0,73)$$

Dari Tabel 7. didapat harga-harga:

$$\text{Untuk } T = 25 \text{ Tahun, } \mu_{25} = 1,35$$

$$\text{Untuk } T = 100 \text{ Tahun, } \mu_{100} = 0,73$$

$$\text{Maka: } RT = \bar{R} + S \times \mu$$

$$R_{25} = 105,676 + 30,791 \times 1,35 = 147,243 \text{ mm}$$

$$R_{100} = 105,676 + 30,791 \times 0,73 = 128,153 \text{ mm}$$

Tabel 7. Standar Variabel untuk setiap Harga Return Period, hubungan antara T dan μ

T	μ	T	μ	T	μ	T	μ
1,00	-1,86	6	0,81	38	2,49	94	3,37
1,01	-1,35	6,5	0,88	39	2,51	96	3,39
1,02	-1,28	7	0,95	40	2,54	98	3,41
1,03	-1,23	7,5	1,01	41	2,56	100	3,43
1,04	-1,19	8	1,06	42	2,59	110	3,53
1,05	-1,15	9	1,17	43	2,61	120	3,63
1,06	-1,12	10	1,26	44	2,63	130	3,70
1,08	-1,07	11	1,35	45	2,65	140	3,77
1,10	-1,02	12	1,43	46	2,67	150	3,84
1,15	-0,93	13	1,50	47	2,69	160	3,91
1,20	-0,85	14	1,57	48	2,71	170	3,97
1,25	-0,79	15	1,63	49	2,73	180	4,03
1,30	-0,73	16	1,69	50	2,75	190	4,09
1,35	-0,68	17	1,74	52	2,79	200	4,14
1,40	-0,63	18	1,80	54	2,83	220	4,24
1,50	-0,54	19	1,85	56	2,86	240	4,33
1,60	-0,46	20	1,89	58	2,90	260	4,42
1,70	-0,40	21	1,94	60	2,93	280	4,50
1,80	-0,33	22	1,98	62	2,96	300	4,57
1,90	-0,28	23	2,02	64	2,99	350	4,77
2,00	-0,22	24	2,06	66	3,02	400	4,88
2,20	-0,13	25	2,10	68	3,05	450	5,01
2,40	0,00	26	2,13	70	3,08	500	5,13
2,60	0,04	27	2,17	72	3,11	600	5,33
2,80	0,11	28	2,19	74	3,13	700	5,51
3,00	0,17	29	2,24	76	3,16	800	5,56
3,20	0,24	30	2,27	78	3,18	900	5,80
3,40	0,29	31	2,30	80	3,21	1000	5,92
3,60	0,34	32	2,33	82	3,23	5000	7,90
3,80	0,39	33	2,36	84	3,26	10000	8,83
4,00	0,44	34	2,39	86	3,28	50000	11,08
4,50	0,55	35	2,41	88	3,30	80000	12,32
5,00	0,64	36	2,44	90	3,33	500000	13,74
5,50	0,73	37	2,47	92	3,35		

Tabel 8. Rekapitulasi R25 dan 100

No	Metode	R25	R100
1	Gumbel	194,5006	239,9488
2	Weduwen	157,3630	195,5399
3	Haspers	147,243	128,153

Dari ketiga metode curah hujan diatas dapat disimpulkan bahwa hasil curah hujan metode E.J Gumbel adalah nilai curah hujan yang terbesar, dan selanjutnya digunakan untuk perhitungan debit banjir periode ulang 25Th dan 100 Th.

Menghitung Intensitas Curah Hujan Periode Ulang (n Tahun)

- a). Kombinasi Perhitungan Intenstias Curah Hujan Metode Gumbel dengan Analisa debit banjir metode rasional

$$\text{Intensitas curah hujan} = \frac{90\% R_T}{4}$$

Dimana $R_T = 239,9488$ mm (Tabel 8)
 Intensitas curah hujan 2 Bulan = 53,99mm

- b). Kombinasi Perhitungan Intenstias Curah Hujan Metode Weduwen dengan Analisa debit banjir metode rasional

$$\text{Intensitas curah hujan} = \frac{90\% R_T}{4}$$

Dimana $R_T = 195,5399$ mm (Tabel 8)

Intensitas curah hujan 2 Bulan

$$= \frac{90\% \times 195,5399}{4} = 44,00 \text{ mm}$$

- c). Kombinasi Perhitungan Intenstias Curah Hujan Metode Haspers dengan Analisa debit banjir metode rasional

$$\text{Intensitas curah hujan} = \frac{90\% R_T}{4}$$

Dimana $R_T = 128,153$ mm (Tabel 8)

Intensitas curah hujan 2 Bulan

$$= \frac{90\% \times 128,153}{4} = 28,83 \text{ mm}$$

Tabel 9. Rekapitulasi nilai Intensitas Curah Hujan Periode Ulang 100 Tahun

No	Metode	R100
1	Gumbel	53,99
2	Weduwen	44,00
3	Haspers	28,83

Dari ketiga metode Intensitas Curah Hujan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai Intensitas curah hujan metode E.J Gumbel adalah nilai curah hujan yang terbesar dalam periode ulang 100 Tahun, maka nilai yang terbesar digunakan untuk Menghitung Intensitas Curah Hujan dengan waktu pengaliran (jam) dengan periode ulang (n tahun).

Menghitung Intensitas Curah Hujan dengan waktu pengaliran (jam) dengan periode ulang (n tahun)

- a). Kombinasi Perhitungan Intenstias Curah Hujan dengan waktu pengaliran (jam) Metode Gumbel dengan Analisa debit banjir metode rasional

Tabel 10. Intensitas Curah Hujan dengan waktu pengaliran (jam) dengan periode ulang (n tahun) Metode Gumbel

No	T (menit)	t (jam)	5 thn	10 thn	100 thn
			31,37	43,76	53,99
1	5	0,0833	57,0032	79,5220	98,103588
2	10	0,1667	35,9098	50,0957	61,801388
3	20	0,3333	22,6218	31,5583	38,932435
4	30	0,5000	17,2636	24,0835	29,711008
5	40	0,6667	14,2508	19,8805	24,525897
6	50	0,8333	12,2810	17,1325	21,135777
7	60	1,0000	10,8754	15,1717	18,716762
8	70	1,1667	9,8133	13,6899	16,888829
9	80	1,3333	8,9774	12,5239	15,450347
10	90	1,5000	8,2995	11,5781	14,283563
11	100	1,6667	7,7365	10,7928	13,314705
12	110	1,8333	7,2602	10,1284	12,495005
13	120	2,0000	6,8511	9,5575	11,790821
14	130	2,1667	6,4951	9,0609	11,178134
15	140	2,3333	6,1820	8,6241	10,639295
16	150	2,5000	5,9041	8,2364	10,161022
17	160	2,6667	5,6554	7,8896	9,7331087
18	170	2,8333	5,4314	7,5771	9,3475747
19	180	3,0000	5,2283	7,2938	8,9980808
20	190	3,1667	5,0432	7,0356	8,6795224
21	200	3,3333	4,8737	6,7990	8,3877388
22	210	3,5000	4,7177	6,5814	8,119302
23	220	3,6667	4,5737	6,3805	7,8713599
24	230	3,8333	4,4401	6,1942	7,6415185
25	240	4,0000	4,3159	6,0209	7,4277521
26	250	4,1667	4,2000	5,8592	7,2283341
27	260	4,3333	4,0916	5,7080	7,0417834
28	270	4,5000	3,9900	5,5662	6,8668208
29	280	4,6667	3,8944	5,4329	6,7023361
30	290	4,8333	3,8044	5,3072	6,5473601

31	300	5,0000	3,7193	5,1886	6,4010427
32	310	5,1667	3,6389	5,0764	6,2626349
33	320	5,3333	3,5627	4,9701	6,1314742
34	330	5,5000	3,4904	4,8692	6,0069719
35	340	5,6667	3,4216	4,7733	5,8886031
36	350	5,8333	3,3561	4,6819	5,7758982
37	410	6,8333	3,0201	4,2132	5,1976734

T = 410 menit (6 jam, 83 menit)

$$t \text{ (jam)} = \frac{T \text{ (menit)}}{60} = \frac{410}{60} = 6,8333 \text{ Jam}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Intensitas CH (It)} &= \frac{I}{24 \times \left(\frac{24}{t \text{ (jam)}}\right)^{2/3}} \\ &= \frac{44,00}{24 \times \left(\frac{24}{6,8333}\right)^{2/3}} \end{aligned}$$

= 4,23557 mm (Tabel 10. No Urut 37 Periode 100Tahun)

c). Kombinasi Perhitungan Intensitas Curah Hujan dengan waktu pengaliran (jam) Metode Haspers dengan Analisa debit banjir metode rasional

Tabel 11. Intensitas Curah Hujan dengan waktu pengaliran (jam) dengan periode ulang (n tahun) metode haspers

No	T (menit)	t (jam)	5 thn	25 thn	100 thn
1	5	0,0833	23,10	33,13	28,83
2	10	0,1667	41,9771	60,2006	52,395627
3	20	0,3333	26,4439	37,9240	33,007177
4	30	0,5000	16,6586	23,8906	20,793219
5	40	0,6667	12,7129	18,2320	15,868196
6	50	0,8333	10,4943	15,0502	13,098907
7	60	1,0000	9,0437	12,9698	11,288296
8	70	1,1667	8,0086	11,4854	9,9963368
9	80	1,3333	7,2265	10,3637	9,0200654
10	90	1,5000	6,6110	9,4810	8,2517942
11	100	1,6667	6,1117	8,7650	7,6286328
			5,6972	8,1705	7,1111807

12	110	1,8333	5,3464	7,6675	6,6733913
13	120	2,0000	5,0451	7,2354	6,2972976
14	130	2,1667	4,7830	6,8594	5,9700708
15	140	2,3333	4,5524	6,5287	5,6822852
16	150	2,5000	4,3478	6,2352	5,4268466
17	160	2,6667	4,1647	5,9727	5,1983046
18	170	2,8333	3,9997	5,7361	4,9923969
19	180	3,0000	3,8501	5,5216	4,8057375
20	190	3,1667	3,7138	5,3261	4,6356003
21	200	3,3333	3,5890	5,1471	4,4797631
22	210	3,5000	3,4741	4,9824	4,3363952
23	220	3,6667	3,3680	4,8302	4,2039731
24	230	3,8333	3,2697	4,6892	4,0812183
25	240	4,0000	3,1782	4,5580	3,9670489
26	250	4,1667	3,0929	4,4356	3,8605428
27	260	4,3333	3,0131	4,3211	3,7609089
28	270	4,5000	2,9382	4,2138	3,6674641
29	280	4,6667	2,8678	4,1128	3,5796153
30	290	4,8333	2,8015	4,0177	3,496845
31	300	5,0000	2,7389	3,9280	3,4186991
32	310	5,1667	2,6797	3,8430	3,3447776
33	320	5,3333	2,6236	3,7625	3,2747267
34	330	5,5000	2,5703	3,6861	3,2082319
35	340	5,6667	2,5196	3,6135	3,1450129
36	350	5,8333	2,4714	3,5443	3,084819
37	410	6,8333	2,2240	3,1895	2,775998

T = 410 menit (6 jam, 83 menit)

$$t \text{ (jam)} = \frac{T \text{ (menit)}}{60} = \frac{410}{60} = 6,8333 \text{ Jam}$$

Maka:

$$\text{Intensitas CH (It)} = \frac{I}{24 \times \left(\frac{24}{t(\text{jam})}\right)^{2/3}}$$

$$= \frac{28,83}{24 \times \left(\frac{24}{6,8333}\right)^{2/3}}$$

= 2,77599 mm (Tabel 11.No Urut 37 Periode 100Tahun)

Tabel 12. Rekapitulasi nilai ICH Waktu pengaliran (jam) Periode Ulang 100 Tahun

No	Metode	R100
----	--------	------

1	Gumbel	5,1976
2	Weduwen	4,2355
3	Haspers	2,7759

Dari ketiga metode Intensitas Curah Hujan dengan waktu pengaliran (jam) Periode ulang 100 Tahun diatas dapat disimpulkan bahwa nilai Intensitas Curah Hujan dengan waktu pengaliran (jam) metode E.J Gumbel adalah nilai curah hujan yang terbesar dalam periode ulang 100 Tahun, maka nilai yang terbesar dapat digunakan untuk Menghitung Debit banjir dengan periode ulang 100 Tahun.

Menghitung Debit Banjir Metode Rasional

Mengkombinasikan nilai curah hujan dan nilai Intensitas Curah Hujan yang terbesar untuk mendapatkan debit banjir yang terbesar pula dengan menggunakan metode Gumbel, Weduwen dan Haspers.

a). Perhitungan Debit banjir Metode Gumbel

Tabel 13. Debit dengan Kecepatan Aliran Per 6 jam 80 Menit

Periode Ulang	Debit Banjir m3/det
Q25	142,1952
Q100	175,4215

Dimana:

$$Q = \frac{1}{3,6} \text{ f.r.A}$$

$f = 0,5$ (Koef Pengaliran/koef run off) (Tabel 13)
Tabel 14.. Koefisie Limpasan/run-off

No	Tata Guna Lahan	Koef Run-off
1	Daerah Komersial/Perdagangan	0,75 - 0,95
2	Daerah Industri	0,50 - 0,90
3	Daerah Pemukiman dengan kepadatan	
	Rendah <20 rumah /ha	0,25 - 0,40
	Sedang 20 – 40 rumah /ha	0,40 - 0,60
	Tinggi >40 rumah/ha	0,60 - 0,75
4	Daerah Pertanian	0,45 - 0,55
5	Daerah Perkebunan	0,20 - 0,30
6	Daerah Kosong, datar dan kemiringan	
	Kemiringan < 20%	0,10 - 0,50
	Kemiringan 2% - 7%	0,10 - 0,15

(Sumber: bendung tipe urugan, Dr. Suyono Sosrodarsono.)

$r = 5,19767$ nilai Intensitas CH Periode waktu 6 jam 83 Menit (Tabel 12)

$$A = 243 \text{ Km}^2$$

$$Q_{100} = \frac{1}{3,6} \times 0,5 \times 5,19767 \times 243$$

$$= 175,4215 \text{ m}^3/\text{det}$$

b). Perhitungan Debit banjir Metode Weduwen

Tabel 15. Debit dengan Kecepatan Aliran Per 6 jam 80 Menit

Periode Ulang	Debit Banjir m ³ /det
Q25	115,0447
Q100	142,9507

Dimana:

$$Q = \frac{1}{3,6} f.r.A$$

$f = 0,5$ (Koef Pengaliran/koef run off) (Tabel 14)

$r = 4,2355$ nilai Intensitas CH Periode waktu 6 jam 83 Menit (Tabel 12)

$$A = 243 \text{ Km}^2$$

$$Q_{100} = \frac{1}{3,6} \times 0,5 \times 4,2355 \times 243$$

$$= 142,9507 \text{ m}^3/\text{det}$$

c). Perhitungan Debit banjir Metode Haspers

Tabel 16. Debit dengan Kecepatan Aliran Per 6 jam 80 Menit

Periode Ulang	Debit Banjir m ³ /det
Q25	107,6462
Q100	93,6899

Dimana:

$$Q = \frac{1}{3,6} f.r.A$$

$f = 0,5$ (Koef Pengaliran/koef run off) (Tabel 14)

$r = 2,7759$ nilai Intensitas CH Periode waktu 6 jam 83 Menit (Tabel 12)

$$A = 243 \text{ Km}^2$$

$$Q_{100} = \frac{1}{3,6} \times 0,5 \times 2,7759 \times 243$$

$$= 93,6899 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 17. Rekapitulasi Nilai Debit Banjir Periode Ulang 100 Tahun

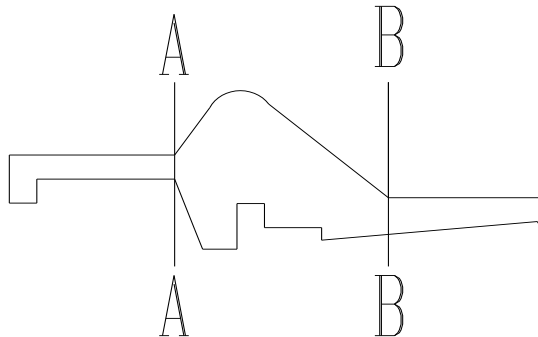
No	Metode	R100
1	Gumbel	175,4215
2	Weduwen	142,9507
3	Haspers	93,6899

Stabilitas Bendung

Berat sendiri bangunan

Dalam peninjauan stabilitas bendung, maka potongan-potongan yang

ditinjau terutama adalah potongan-potongan A-A dan B-B karena potongan ini adalah yang terlemah.



Gambar 2. Potongan Terlemah Pada Bendung

Tekanan Lumpur

Gaya tekanan akibat lumpur diperhitungkan dengan anggapan lumpur tertahan setinggi mercu dan adanya peninjauan tentang kandungan lumpur tersebut.

$$P_s = \frac{1}{2} K_a \times N_i \times d^2$$

Dimana:

P_s = tekanan horizontal (kg/m),

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

ϕ = sudut geser,

N_i = berat bahan deposit yang terbenam (ton/m³),

d = kedalaman lumpur (m)

Gaya Hidrostatik

Garis kerja gaya ini bekerja melalui titik berat penampangnya. Gaya-gaya yang bekerja baik dari permukaan bendung bagian hulu maupun bagian hilir. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan Gaya Hidrostatik pada bendung ialah:

$$W_h = \frac{\gamma h^2}{2}$$

Dimana:

W_h = besar gaya hidrostatik (kg), (horizontal)

W_v = besar gaya hidrostatik (kg), (vertikal)

γ = berat jenis air (kg/m³)

h = kedalaman air (m).

Kedalaman air (h) dalam keadaan normal diambil setinggi mercu.

Gaya tekanan Air Ke Atas (*uplift Pressure*)

Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui Gaya tekanan air Ke Atas ialah:

$$U = \gamma \frac{h_1 + h_2}{2} t$$

Dimana:

U = gaya tekanan ke atas (kg)

γ = berat jenis air (kg/m³)

h_1 = kedalaman air pada tunit depan (m),

h_2 = kedalaman air pada tunit belakang (m),

t = tebal tapak lantai bendungan (m).

Gaya akibat gempa

Prinsip perhitungan pengaruh gaya gempa terhadap stabilitas suatu bendung adalah perkalian gaya berat sendiri bangunan bendung dengan koefisien gempa dan dihitung sebagai gaya geser horizontal.

Besarnya gaya tersebut adalah:

$$F_g = \alpha \times G$$

Dimana:

F_g = gaya gempa (kg/m),

α = koefisien gempa

G = berat bangunan (kg/m).

Pemeriksaan Terhadap Gaya Guling

gaya yang menahan agar tidak terjadi guling adalah gaya-gaya seperti berat sendiri bangunan, dan juga gaya hidrostatik yang berlawanan arahnya dengan gaya hidrostatik penyebab guling. Pemeriksaan terhadap guling harus memenuhi syarat.

$$Sf = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 1,5$$

Dimana

Sf = faktor keamanan,

$\sum Mt$ = jumlah momen tahan (kgm/m)

Mg = jumlah momen guling (kgm/m).

Pemeriksaan Terhadap Geser

Gaya yang cenderung menyebabkan terjadinya geser adalah gaya tekanan tanah aktif, gaya hidrostatik, gaya uplift

horizontal, tekanan lumpur dan juga gaya akibat gempa. Sedangkan gaya yang melakukan perlawanan adalah gaya berat sendiri dikalikan dengan, gaya hidrostatik yang berlawanan dengan arah gaya geser.)

$$Sf = \frac{\sum Pv}{\sum Ph} \geq 1,1 \text{ (dengan gempa)}$$

$$Sf = \frac{\sum Pv}{\sum Ph} \geq 1,3 \text{ (tanpa gempa)}$$

Dimana :

Sf = faktor keamanan,

F = koefisien gesek tanah dengan struktur bangunan,

$\sum Pv$ = jumlah gaya vertical,

C = kohesi,

B = lebar struktur

$\sum Ph$ = jumlah gaya horizontal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan maka dapat diketahui bahwa:

1. Debit banjir yang dipakai adalah debit banjir dengan periode Q100 sebesar 175,4215 m³/dtk
2. Perbedaan Elevasi Antara lantai Apron dengan tinggi bendung maksimum pada kondisi banjir periode Q100 adalah 3,46 m

3. Stabilitas bendung terhadap Guling dengan kondisi Debit banjir

175,4215 m³/dtk dengan beda elevasi 3,46 m sebagai berikut:

- ❖ Kondisi Normal, $F_k = 4,66 > F_{k_{izin}} = 1,5$ (Aman)
- ❖ Kondisi Banjir, $F_k = 10,28 > F_{k_{izin}} = 1,5$ (Aman)
- ❖ Kondisi Normal + Lumpur, $F_k = 3,75 > F_{k_{izin}} = 1,5$ (Aman)
- ❖ Kondisi Banjir + Lumpur, $F_k = 3,13 > F_{k_{izin}} = 1,5$ (Aman)

4. Stabilitas bendung terhadap Geser dan kombinasi Gempa dengan kondisi Debit banjir 175,4215 m³/dtk dengan beda elevasi 3,46 m sebagai berikut:

- ❖ Kondisi Normal, $F_k = 26,77 > F_{k_{izin}} = 1,3$ (Aman)
- ❖ Kondisi Banjir, $F_k = 3,73 > F_{k_{izin}} = 1,3$ (Aman)
- ❖ Kondisi Normal + Lumpur, $F_k = 10,29 > F_{k_{izin}} = 1,3$ (Aman)
- ❖ Kondisi Banjir + Lumpur, $F_k = 2,67 > F_{k_{izin}} = 1,3$ (Aman)
- ❖ Kondisi Normal + Gempa, $F_k = 4,43 > F_{k_{izin}} = 1,1$ (Aman)

- ❖ Kondisi Banjir + Gempa, $F_k = 3,00 > F_{k_{izin}} = 1,1$ (Aman)
- ❖ Kondisi Normal + Lumpur + Gempa, $F_k = 3,50 > F_{k_{izin}} = 1,1$ (Aman)
- ❖ Kondisi Banjir + Lumpur + Gempa, $F_k = 1,41 > F_{k_{izin}} = 1,1$ (Aman)

Saran

1. dalam menghitung debit banjir rencana, sebaiknya menggunakan data curah hujan yang berasal dari stasiun curah hujan yang terdekat dengan lokasi proyek untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.
2. dalam perhitungan stabilitas bendung, syarat-syarat yang harus dipenuhi yaitu momen tahanan (Mt) harus lebih besar dari Momen Guling (Mg), konstruksi tidak boleh bergeser, tidak boleh terjadi tegangan tarik, dan setiap titik pada seluruh konstruksi tidak boleh terangkat oleh gaya uplift.

DAFTAR PUSTAKA

VICKY RICHARD MANGORE,
“Perencanaan bendung untuk daerah irigasi sulu,” Fakultas Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, tahun 2013.

Direktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, “STANDARD PERENCANAAN IRIGASI BANGUNAN KP-02”, Jakarta, 1986

Direktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, “STANDARD PERENCANAAN IRIGASI BANGUNAN KP-01”, Jakarta, 1986.

SUYONO SOSRODARSONO, Ir.
“KENSAKU TAKEDA HIDROLOGI UNTUK PENGAIRAN” PT. Pradya Paramita Jakarta tahun 1976.

SUYONO SOSRODARSONO, DR.
“KENSAKU TAKEDA BENDUNGAN TYPE URUGAN” PT. Pradya Paramita Jakarta tahun 1976.

MUCHAMMAD ILHAM, “ANALISA STABILITAS TUBUH BENDUNGAN PADA BENDUNGAN UTAMA KABUPATEN TRENGGALEK” Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.

TUMPAL ALEXANDER PAKPAHAN,
AHMAD PERWIRA MULIA,
“PERHITUNGAN STABILITAS BENDUNG PADA PROYEK PLTM AEK SILANG II DOLOK

SANGGUL” Mahasiswa fakultas Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan.