

ANALISIS PERENCANAAN BENDUNG SEI LANSAT DAERAH IRIGASI SIMANDOLAK KABUPATEN KUANTAN SINGINGI

Farizki Afdalindra Ihsan¹⁾, Siswanto²⁾, Manyuk Fauzi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: farizki.afdalindra@student.unri.a.id

siswanto@gmail.com

grape.ria@gmail.com

ABSTRACT

Weir is a building that serves to raise the water level of the river in order to pursue high specific energy needs, in addition to the wier also serves to divert the flow of a stream to a channel, in order to provide for the availability of water supply. Sei Lansat weir planned for the purpose of raw water supply to the irrigation area simandolak. Using design flood for 100 year $=38.646 \text{ m}^3/\text{det}$. Sei Lansat weir stability analysis. Stability in terms of stability against sliding, overtuning, and seepage flow. The results of analysis of stability against sliding is $FK=3.668 > 1.5$, stability against overtuning is $FK=3.399 > 1.5$, and the value of analytics Lane is a safe $WCR = 3.90$ on the rocky ground being (gravel being)

Keyword: Weir, Stability, Irrigation

1. PENDAHULUAN

Bendung adalah suatu bangunan air dengan kelengkapan yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan taraf muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ketempat yang membutuhkannya. Bendung merupakan salah satu infrastruktur yang berharga dalam suatu daerah irigasi, Dengan adanya bendung masalah suplai air ke lahan irigasi dapat terpenuhi. Bukan hanya untuk pengairan irigasi, bendung dapat digunakan sebagai pengendali banjir dan tempat wisata sesuai dengan fungsi perencanaan awal bendung tersebut.

Fakta dilapangan ditemukan beberapa bendung yang perlu mendapat perhatian. Hal tersebut mengingat usia bendung dan material yang digunakan sebagai material tubuh bendung. Dijumpai berbagai jenis material yang bisa digunakan untuk material tubuh bendung, selain beton antara lain kayu dan batu bronjong.

Dalam aspek teknis perencanaan bendung, stabilitas merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Bendung diharapkan mampu dan memiliki ketahanan terhadap gaya geser dan guling saat dilewati banjir rencana, banjir rencana yang didesain harus mampu melewati banjir rencana kala ulang $Q_{100 \text{ thn}}$.

Didalam penelitian tugas akhir saya yang berjudul “Analisis Perencanaan Bendung Sei Lansat Daerah Irigasi Simandolak Kabupaten Kuatan singingi”, ini merupakan sebuah bendungan yang sedang direncanakan untuk mensuplai air ke daerah irigasi Simandolak, maka dari itu saya sangat ingin meneliti stabilitas bendung yang masih dalam perencanaan, karena bendung Sei Lansat ini sangat bermanfaat bagi perkembangan ekonomi daerah dan masyarakatnya.

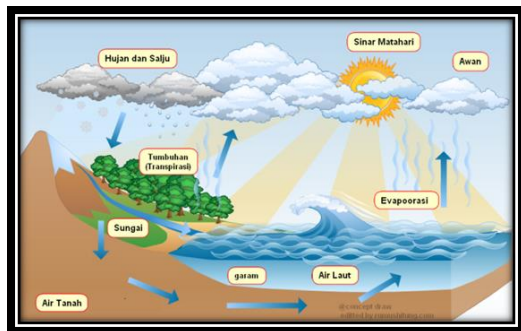
Kabupaten Kuatan Singingi hampir 60% penduduknya berkerja di sektor pertanian maka dari itu dengan adanya bendung Sei Lansat ini diharapkan bisa memenuhi kebutuhan air irigasi dan meningkatkan hasil pertaniannya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Hidrologi memiliki siklus yang dapat mempengaruhi air di bumi.

Siklus hidrologi adalah proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kembali ke bumi lagi.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

2.1.1. Analisa Frekuensi

Analisa Frekuensi memiliki tujuan mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisa frekuensi dapat diterapkan untuk debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit hujan maksimum tahunan, yaitu data yang tersebar terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun.

Parameter statistik data curah hujan yang perlu diperkirakan untuk pemilihan distribusi yang sesuai dengan sebaran data adalah sebagai berikut.

a. Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

b. Standar Deviasi

$$S_d = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

c. Koefesien Variasi

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{x}}$$

d. Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

e. Koefesien Skewness

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

Untuk penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis, parameter statistik bisa dilihat ditabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter Statistik Menentukan Jenis Probabilitas

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$c_s \approx 0$ $c_k \approx 3$
2	Log Normal	$c_s = C_v^3 + 3C_v$ $c_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$c_s \approx 1,14$ $c_k \approx 5,4$
4	Log Person III	Selain nilai di atas

Sumber : Tugas Akhir Stabilitas Bendung (Afrian Firnanda), Universitas Riau

2.1.2. Distribusi Log Person III

Log person III merupakan hasil transformasi dari distribusi person III dengan transformasi variat menjadi nilai Log. Distribusi log person III digunakan apabila parameter statistik C_s dan lain (normal, log normal, dan gumbel).

2.1.3. Uji Konsistensi Data

Data yang diperoleh dari lata pencatat bisa jadi tidak konsisten karena alat pernah rusak, alat pernah pindh tempat, lokasi alat terganggu, atau terdapat data tidak sah. Uji konsistensi data dapat dilakukan dengan lengku massa ganda (*double mass curve*) dengan cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Bila yang didapat lebih kecil dan kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan konsisten.

2.1.4. HSS Nakayasu

HSS Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai dijepang. Bentuk HSS Nakayasu diberikan oleh gambar 2. Dan persamaan berikut.

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \left(\frac{A Re}{0.3 T_p + T_{0.3}} \right)$$

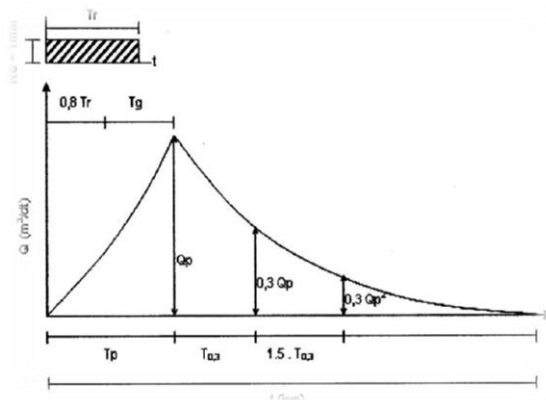
$$T_p = t_g + 0.8 T_r$$

$$t_g = 0.4 + 0.058 L \text{ untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$t_g = 0.21 L^{0.7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$T_{0.3} = \alpha t_g$$

$$t_r = 0.5 t_g \text{ sampai } t_g$$



Gambar 2. 1 Garafik HSS Nakayasu
Sumber: Hidrologi Terapan, Bambang Triandmojo (2010)

2.2. Bendung

2.2.1. Definisi Bendung

Menurut standar tata cara perencanaan umum bendung, yang diartikan dengan bendung adalah suatu bangunan dengan kelengkapan yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan taraf muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air dapat disadap dan alirkan secara gravitasi ke tempat yang membutuhkan.

2.2.2. Jenis-Jenis Bendungan

Macam-macam bendung yaitu :

a. Bendung tetap

Bendung tetap adalah bendung yang beridiri dari ambang tetap, sehingga muka air banjir tidak dapat iatur elevasinya. Dibangun umumnya sungai-sungai ruas hulu dan tengah.

b. Bendung gerak (*Barrage*)

Bendung gerak bendung yang dibangun yang dimana tinggi muka airnya di atur menggunakan pintu bendung

2.2.3. Fungsi Bendung

Bendung berfungsi antara lain untuk meninggikan taraf muka air, agar air sungai dapat disadap sesuai dengan kebutuhan dan mengendalikan aliran, angkutan sedimen dan geometri sungai sehingga air dapat di dimanfaatkan secara aman , efektif, dan optimal.

Bendung tetap atau juga di sebut bendung plimpah dibangun melintang sungai yang akan memberikan tinggi minimum kepada bangunan intake untuk keperluan irigasi. Merupakan penghalang selama terjadinya banjir dan dapat menyebabkan genangan di udik bendung.

2.2.4. Komponen Bendung

Komponen bendung tetap terdiri atas lima bagian utama yaitu :

- Tubuh bendung, antara lain terdiri dari ambang tetap dan mercu bendung dengan bangunan perendam energinya.
- Intake, antara lain terdiri dari lantai dasar, pintu, dinding banjir, pilar penempatan pintu, saringan sampah, jembatan pelayan, rumah pintu dan perlengkapan lainnya.
- Bangunan pembilas selalu terletak berdampingan dan satu kesatuan dengan bangunan intake. Bangunan pembilas ada yang menggunakan undersluice dan tanpa undersluice.
- Kantong lumpur merupakan pembesaan potongan melintang saluran sampai panjang tertentu untuk mengurangi keepatan aliran dan memberi kesempatan kepada

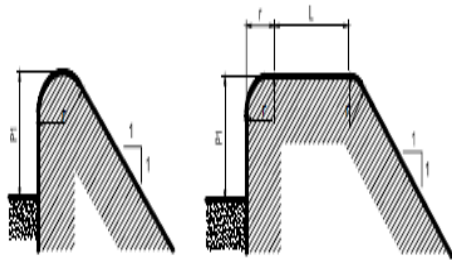
sedimentasi untuk mengendap. Untuk menampung endapan sedimentasi ini. Dasar bagian saluran tersebut diperdalam atau diperlebar.

- e. Bangunan perlengkapan lain yang harus ada pada bendung antara lain yaitu tembok penangkal, sayap bendung, lantai udik dan dinding tirai, pengarah tunggul anjir dan tanggul penutup atau tanpa tanggul

2.2.5. Perencanaan Mercu

Menurut KP-04 mercu untuk bendung tetap memiliki bentuk bendung seperti gambar 2.4 sudah umum digunakan. Rumus yang digunakan adalah :

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot b \cdot H_1^{1.5}}$$



Gambar 2. 2 bentuk Mercu Tetap
Sumber : KP-4

2.2.6. Perencanaan Kolam Olak

Untuk merencanakan kolam olak terlebih dahulu kita harus memiliki tinggi elevasi muka air di hilir dan hulu karena dengan adanya nilai itu bisa menghitung dan menentukan bilangan *froude* dan tipe kolam olak yang dipilih.

Seandainya kita memilih kolam olak yang bertipe banguna terjun kita bisa memilih banguna terjun *Vlugter* karena banguna ini sangat sederhana dan bisa perencanaannya mudah dilaksanakan.

2.2.7. Gaya Yang Berkerja Pada Bendung

Gaya yang bekerja pada bendung :

- a. Tekanan air / hidrostatik
Tekanan Hidrostatik adalah tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang ada pada zat cair terhadap suatu luas bidang tekan

pada kedalaman tertentu. Besarnya tekanan ini bergantung kepada ketinggian zat cair, massa jenis dan percepatan gravitasi.

- b. Tekanan lumpur

Tekanan lumpur adalah endapan lumpur yang dibawa aliran air yang kemudian mengendap di muka bendung menimbulkan tekanan lumpur dari arah horizontal dan dari arah vertikal ke bawah.

- c. Gaya gempa

Gempa adalah pergeseran lempengan batuan bumi yang mengakibatkan tanah diatasnya bergerak sedemikian rupa sehingga dapat menggerakkan semua bangunan yang ada di atasnya.

- d. Berat bangunan sendiri

Berat bangunan sendiri adalah berat bangunan yang akan dibebankan kepondasi atau yang diterima oleh tanah.

2.3. Analisis Stabilitas Bendung

Salah satu persyaratan keamanan bendung yaitu harus stabil terhadap geser, guling, dan piping. Untuk itu harus dihitung gaya-gaya yang berkerja pada bangunan.

2.3.1. Kontrol Stabilitas Terhadap Guling

Persamaan yang digunakan (Teknik Bendung Ir. Soedibyo, 2003), yaitu:

- a. Keadaan normal :

$$sf = \frac{M_T}{M_G} \geq 1.5$$

- b. Keadaan gempa

$$sf = \frac{M_T}{M_G} \geq 1.3$$

Dimana :

sf = faktor keamanan

M_T = momen tahan (kN.m)

M_G = momen guling (kN.m)

2.3.2. Kontrol Terhadap Geser

Persamaan yang digunakan (Hinds Creager Justin, 1961), yaitu:

- a. Keadaan normal :

$$sf = \frac{\Sigma V}{\Sigma H} \geq 1.5$$

- b. Keadaan gempa :

$$sf = \frac{\Sigma V}{\Sigma H} \geq 1.3$$

Di mana :

sf = faktor keamanan

ΣV = besarnya total gaya vertikal (kN)

ΣH = besarnya total gaya horisontal (kN)

2.4. Erosi Bawah Tanah (*Piping*)

Bangunan utama Bendung harus dicek Stabilitasnya terhadap erosi bawah tanah (*paping*) dan bahan runtuh akibat naiknya dasar galian (*heave*) atau rekahnya pangkal hilir bangunan. Bahaya terjadinya erosi bawah tanah dapat dicek dengan beberapa metode empiris, seperti metode Bligh, metode lane, dan metode Koshia. Metode Lane yang juga disebut juga angka rembesan lane adalah metode yang dianjurkan untuk mengecek bangunan-bangunan utama untuk mengetahui adanya erosi bawah tanah (*paping*). Metode ini memberikan hasil yang aman dan mudah dipakai, untuk bangunan-bangunan yang relatif kecil.

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian tugas akhir ini berada pada Kabupaten Kuantan Singingi, Daerah Irigasi Simandolak I yang memiliki daerah topografi tanah datar dan berbukit dengan ketinggian sekitar 300 meter dari permukaan laut. Jenis tanah yang ada di kecamatan dilokasi penelitian adalah hitam gembur.

Iklim dilokasi tersebut adalah musim hujan dan kemarau musim hujan terjadi pada bulan September sampai dengan bulan Maret, dan untuk musim kemarau terjadi pada bulan April sampai dengan Agustus.

3.2. Prosedur Pelaksanaan

3.2.1. Uji Konsistensi / Kepanggahan Data Curah Hujan

Data hujan yang ada diuji konsistensi/kepanggahan terlebih dahulu sebelum digunakan. Karena bisa jadi data yang didapatkan tidak valid. Jika setelah diuji ternyata data yang didapat ternyata panggah, maka barulah data hujan tersebut boleh dianalisis frekuensi sesuai dengan

jenis distribusi yang nantinya lebih cocok digunakan.

Kemudian untuk membuat hidrograf banjir maka digunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Dari sinilah nantinya didapatkan debit puncak banjir (m^3/dt) yang akan digunakan dalam menganalisa gaya hidrostatik pada bendung.

3.2.2. Perhitungan Gaya-gaya yang Berkerja pada Tubuh Bendung

Setelah debit banjir didapatkan dari Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, maka tahap selanjutnya yaitu perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada tubuh bendung. Adapun gaya-gaya yang bekerja pada tubuh bendung ini yaitu:

1. Tekanan air atau gaya hidrostatik

Gaya hidrostatik disebabkan oleh gaya tekan air yang menggenangi tubuh bendung sehingga menimbulkan gaya tekan air dari arah horizontal dan dari arah vertikal ke bawah.

Gaya ini dibagi dalam 2 kondisi muka air, yaitu:

- a. Gaya hidrostatik pada kondisi air normal
- b. Gaya hidrostatik pada kondisi air banjir

2. Berat sendiri bangunan

Gaya berat ini dihitung dengan arah vertikal kebawah yang garis kerjanya melewati titik berat konstruksi. Agar memudahkan perhitungan maka tubuh bendung dibagi menjadi beberapa bagian.

3. Tekanan lumpur

Endapan lumpur yang dibawa aliran air yang kemudian mengendap di muka bendung menimbulkan tekanan lumpur dari arah horizontal dan dari arah vertikal ke bawah.

4. Gaya gempa

Gaya gempa ini dihitung dengan arah horizontal yang garis kerjanya melewati titik berat konstruksi. Agar memudahkan perhitungan maka tubuh bendung dibagi menjadi beberapa bagian.

3.2.3. Perhitungan Stabilitas Bendung

Kontrol stabilitas adalah syarat yang harus dipenuhi agar kondisi bendung stabil dan aman. Kontrol yang dilakukan adalah dengan cara membandingkan dengan faktor keamanan. Kontrol yang dilakukan adalah jontrol terhadap geser/gelincir (*Sliding*), dan kontrol terhadap guling (*Overtuning*).

1. Perhitungan Stabilitas Bendung terhadap Geser/Gelincir (*Sliding*)

Suatu konstruksi bendung tidak boleh bergeser akibat gaya-gaya yang bekerja, maka jumlah gaya vertikal harus lebih besar dibandingkan dengan jumlah gaya horizontal

Persamaan yang digunakan, yaitu:

- Keadaan normal :
 $S_f = \Sigma V / \Sigma H \geq 1,5$
- Keadaan gempa :
 $S_f = \Sigma V / \Sigma H \geq 1,3$

Di mana :

S_f = faktor keamanan

ΣR_v = besarnya total gaya vertikal (kN)

ΣR_h = besarnya total gaya horisontal (kN)

2. Perhitungan Stabilitas Bendung terhadap Guling (*Overtuning*)

Suatu konstruksi tidak boleh terguling akibat dari gaya – gaya yang bekerja, maka momen tahanan (Mt) harus lebih besar dari momen guling (Mg).

Persamaan yang digunakan , yaitu:

- Keadaan normal :
 $S_f = M_T / M_G \geq 1,5$
- Keadaan gempa :
 $S_f = M_T / M_G \geq 1,3$

Dimana::

S_f = faktor keamanan

ΣM_t = momen tahan (kN.m)

ΣM_g = momen guling (kN.m)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisi Hidrologi

4.2.1. Analisis Curah hujan Rata-Rata

Curah hujan rata-rata ini di dapat dari perhitungan aritmatika, yang di ambil dari curah hujan maksimum setiap bulannya

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata

Tahun	Bulan												RATA'/tahun
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2001	34	68	36	62	32	32,5	24	48	58	36	81,5	64	48,00
2002	43	48	78	56	28	75	20	75	120	67,4	95	45,6	62,58
2003	55	55	23,5	76,2	55,6	58,2	32,2	70	60	77	29,5	80,5	56,06
2004	68	47	46	48	68	20	62,4	38,5	35	75	67	120	57,91
2005	51,5	52,6	82	21	64	36	61	60	62	49,8	69	73	56,83
2006	73	57	55,6	76	77	80	109,7	60,4	43	85,7	45	105	72,28
2007	78	30	55	71	71	77	77,5	20	38	77	47	81	60,21
2008	91	38	111,5	57	58	39	43	76	97	60	76	40	65,54
2009	52	42,4	60	108	98	60	30	43	41	35	68	104	61,78
2010	46	60	63	59	38	98	70	68	60	21,5	62	32	56,46
2011	77	70	18,5	98	25	30	32,4	36	67	33	64	46	49,74
2012	34,5	40	28,5	69,2	41,5	25,2	76,2	34,8	76,5	82	97,4	19,7	52,13
2013	56	65,4	73,9	83	77,5	32,5	13,6	20,5	30,5	33,5	40,89	48,8	48,01
2014	32	58,5	32	71	25,5	25,3	35,2	34,5	40	42,2	52,5	48,5	41,43
2015	62,5	23,2	58	78,4	93,5	4,1	3,8	5	17,4	63	6,5	23,5	36,58

Sebelum data curah hujan rata-rata digunakan data tersebut harus diuji konsistensi data, dalam penelitian ini pengujian konsistensi data menggunakan metode RAPS dengan panjang data 15 tahun.

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Konsistensi Data Hujan

No	Tahun	y_i	$\hat{y}$	$y_i - \hat{y}$	$sk^* = \Sigma(y_i - \hat{y})$	$(y_i - \hat{y})^2$	$Dy^2 = \Sigma(y_i - \hat{y})^2/n$	Dy	$sk^{**} = sk^*/Dy$
1	2001	48,00		-7,04	-7,04	49,50			0,78
2	2002	62,58		7,55	0,51	56,97			0,06
3	2003	56,06		1,02	1,54	1,05			0,17
4	2004	57,91		2,87	4,41	8,25			0,49
5	2005	56,83		1,79	6,20	3,20			0,69
6	2006	72,28		17,25	23,45	297,49			2,61
7	2007	60,21		5,17	28,62	26,76			3,18
8	2008	65,54	55,04	10,51	39,12	110,38	80,86	8,99	4,35
9	2009	61,78		6,75	45,87	45,53			5,10
10	2010	56,46		1,42	47,30	2,02			5,26
11	2011	49,74		-5,29	42,00	28,02			4,67
12	2012	52,13		-2,91	39,09	8,47			4,35
13	2013	48,01		-7,03	32,06	49,39			3,57
14	2014	41,43		-13,60	18,46	185,02			2,05
15	2015	36,58		-18,46	0,00	340,79			0,00

Dari tabel didapat nilai, Maks = 5.26, Min = 0.00 dari perhitungan didapat nilai Q = 1.36, dan nilai R= 1.36.

Dari tabel nilai kritis Q dan R dapat disimpulkan bahwa data hujan yang dipakai memenuhi syarat konsistensi data karena memiliki nilai Q=1.36 dan R=1.36 kecil sama dengan dari hasil interpolasi n=15 yaitu Q(99%)=1.36 dan R(99%)=1.36.

4.2.2. Analisis frekuensi

Menentukan metode yang digunakan untuk mencari nilai analisa frekuensi terlebih dahulu kita harus mencari nilai

asimetri (Cs) dan nilai kurtosis (Ck). Karena dengan mendapat nilai Cs dan Ck kita bisa menentukan distribusi perhitungan yang kita gunakan untuk menghitung nilai debit tahunan (Qt). Dari hasil perhitungan hujan rata-rata kita gunakan untuk mencari nilai Cs dan Ck, adapun hasil perhitungan bisa kita lihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Perhitunga Nilai Cs dan Ck

No	Tahun	Curah Hujan	$\bar{x}$	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	Sd	Cv	$(x_i - \bar{x})^3$	Cs	$(x_i - \bar{x})^4$	Ck
1	2001	48,00		-7,04	49,50			-348,25		2450,08	
2	2002	62,58		7,55	56,97			430,00		3245,56	
3	2003	56,06		1,02	1,05			1,07		1,09	
4	2004	57,91		2,87	8,25			23,71		68,11	
5	2005	56,83		1,79	3,20			5,73		10,25	
6	2006	72,28		17,25	297,49			5131,02		88498,96	
7	2007	60,21		5,17	26,76			138,42		716,00	
8	2008	65,54	55,04	10,51	110,38	9,31	0,17	1159,67	-0,25	12183,64	0,08
9	2009	61,78		6,75	45,53			307,25		2073,28	
10	2010	56,46		1,42	2,02			2,88		4,10	
11	2011	49,74		-5,29	28,02			-148,36		785,38	
12	2012	52,13		-2,91	8,47			-24,65		71,76	
13	2013	48,01		-7,03	49,39			-347,13		2439,65	
14	2014	41,43		-13,60	185,02			-2516,66		34232,01	
15	2015	36,58		-18,46	340,79			-6291,15		116137,87	

Hasil perhitungan nilai Cs dan Ck pada tabel 4.3 yaitu

a. Cs = -0.25

b. Ck = 0.08

Dari hasil nilai Cs dan Ck distribusi yang di pilih adalah Distribusi Log Person III karena nilai Cs dan Ck tidak ada yang memenuhi syarat dari distribusi lainnya. Hasil perhitungan Distribusi Log Person III bisa dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasi Perhitungan Distribusi Log Person III

No	Tahun	Debit Maks	$y = \log Q$	$\bar{y}$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^3$	Sy	Csy
1	2001	48,00	3,87		-0,12	0,02	0,00		
2	2002	62,58	4,14		0,14	0,02	0,00		
3	2003	56,06	4,03		0,03	0,00	0,00		
4	2004	57,91	4,06		0,07	0,00	0,00		
5	2005	56,83	4,04		0,05	0,00	0,00		
6	2006	72,28	4,28		0,29	0,08	0,02		
7	2007	60,21	4,10		0,10	0,01	0,00		
8	2008	65,54	4,18	3,99	0,19	0,04	0,01	0,178	0,045
9	2009	61,78	4,12		0,13	0,02	0,00		
10	2010	56,46	4,03		0,04	0,00	0,00		
11	2011	49,74	3,91		-0,09	0,01	0,00		
12	2012	52,13	3,95		-0,04	0,00	0,00		
13	2013	48,01	3,87		-0,12	0,01	0,00		
14	2014	41,43	3,72		-0,27	0,07	-0,02		
15	2015	36,58	3,60		-0,39	0,16	-0,06		

Dari tabel 4.3 didapat parametrr nilai rata Log Debit ($\bar{y}$), Standar Deviasi y (Sy), dan Koefesien Asimetri y (Csy). Dari parameter itu tentukan nilai debit 2 Tahun, 5 Tahun, 10 Tahun, 25 Tahun, 50 Tahun, dan 100 Tahun, hasil perhitungan Qt bisa dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Qt Kala Ulang

Kala Ulang	Csy	K	Csy tabel		Kt		Y	Qt
			+	-	+	-		
2		-0,008			-0,017	0,000	4,164	48,307
5		0,839			0,836	0,842	5,011	79,905
10	0,045	1,286	0,100	0,000	1,292	1,282	5,458	100,804
25		1,766			1,785	1,751	5,938	126,743
50		2,078			2,107	2,054	6,249	145,639
100		2,359			2,400	2,326	6,530	164,160

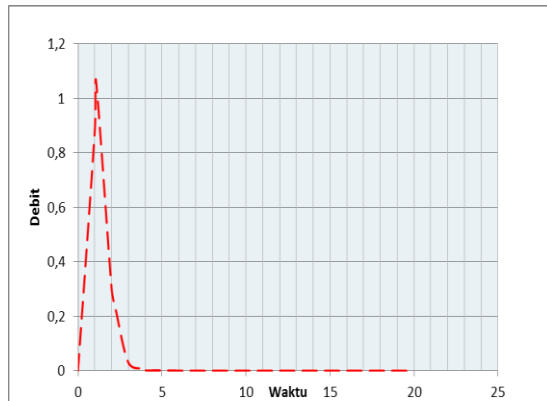
4.2.3. Analisa Banjir Rancangan

Banjir adalah suatu peristiwa yang dimana aliran sungai yang memiliki tinggi muka air yang sangat ekstrim yang melebihi tinggi tertentu (bantaran sungai). Dalam penelitian tugas akhir ini untuk menghitung banjir rancangan menggunakan metode HSS Nakayasu.

Untuk hasil perhitungan metode HSS Nakayasu bisa dilihat pada Gambar 4.1. adapun hasilnya perhitungannya adalah

HSS Nakayasu – Sei Lansat

Luas DAS (km ²)	5,65km ²
Panjang Sungai Utama (km)	6,40km
Hujan Netto (efektif), Ro (mm)	1,00mm
Parameter Hidrograf (α)	1.5
Time Lag, tg	0,77jam
Tr =(50 sd. 1,0) tg 1	0,39jam
Tp =g – 0,8 * tr	1,08jam
T _{0,3} = a * tg	1,16jam
0,5 . T _{0,3}	0,58jam
1,5 . T _{0,3}	1,73jam
2 . T _{0,3}	2,31jam
Tp - T _{0,3}	2,23jam
Tp - T _{0,3} – 1,5 T _{0,3}	3,97jam
Qp =A*Ro (3,6*(0,3*Tp- T _{0,3}))	1,06m ³ dt mm



Gambar 4.1 Hasil Perhitungan HSS Nakayasu Bendung Sei Lansat

Dari hasil HSS Nakayasu tersebut dicari nilai hujan rancangan menggunakan data di tabel 4.7 dari perhitungan tersebut kita bisa melihat debit maksimum yang akan pada kala ulang. Adapun pun hasil perhitungan bisa di lihat pada tabel 4.5, tabel 4.6, tabel 4.7, tabel 4.8 tabel 4.9 dan tabel 4.10.

Tabel 4.5 Banjir Rencana Q_2 Thn

Waktu (t) U_H	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Debit Banjir
(jam)	$m^3/dt/mm$	(mm)					(m3/dt)	(m3/dt)
0,00	0,000	0,00					0,020	0,020
1,00	0,882	1,18	0,00				0,020	1,202
2,00	0,303	0,41	0,31	0,00			0,020	0,733
3,00	0,030	0,04	0,11	0,22	0,00		0,020	0,381
4,00	0,002	0,00	0,01	0,07	0,17	0,00	0,020	0,278
5,00	0,002	0,00	0,00	0,01	0,06	0,14	0,00	0,234
6,00	0,001	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,13	0,204
7,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,070
8,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,025
9,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,021
10,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
11,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
12,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
13,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
14,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
15,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
16,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
17,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
18,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
19,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
20,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
Q maksimum								1,202

Tabel 4.6 Banjir Rencana Q_5 Thn

Waktu (t) U_H	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Debit Banjir
(jam)	$m^3/dt/mm$	(mm)					(m3/dt)	(m3/dt)
0,00	0,000	0,00					0,020	0,020
1,00	0,882	10,15	0,00				0,020	10,166
2,00	0,303	3,48	2,64	0,00			0,020	6,138
3,00	0,030	0,35	0,90	1,85	0,00		0,020	3,122
4,00	0,002	0,02	0,09	0,63	1,47	0,00	0,020	2,238
5,00	0,002	0,02	0,01	0,06	0,51	1,24	0,00	1,857
6,00	0,001	0,01	0,01	0,00	0,05	0,43	1,09	1,599
7,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,37	0,445
8,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,064
9,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,026
10,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,023
11,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,021
12,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
13,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
14,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
15,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
16,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
17,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
18,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
19,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
20,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
Q maksimum								10,166

Tabel 4.7 Banjir Rencana Q_{10} Thn

Waktu (t) U_H	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Debit Banjir
(jam)	$m^3/dt/mm$	(mm)					(m3/dt)	(m3/dt)
0,00	0,000	0,00					0,020	0,020
1,00	0,882	16,76	0,00				0,020	16,781
2,00	0,303	5,75	4,36	0,00			0,020	10,127
3,00	0,030	0,57	1,49	3,06	0,00		0,020	5,144
4,00	0,002	0,03	0,15	1,05	2,43	0,00	0,020	3,684
5,00	0,002	0,03	0,01	0,10	0,83	2,05	0,00	3,054
6,00	0,001	0,01	0,01	0,01	0,08	0,70	1,80	2,628
7,00	0,000	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,62	0,722
8,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,093
9,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,030
10,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,025
11,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,022
12,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
13,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
14,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
15,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
16,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
17,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
18,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
19,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
20,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
Q maksimum								16,781

Tabel 4.8 Banjir Rencana Q_{25} Thn

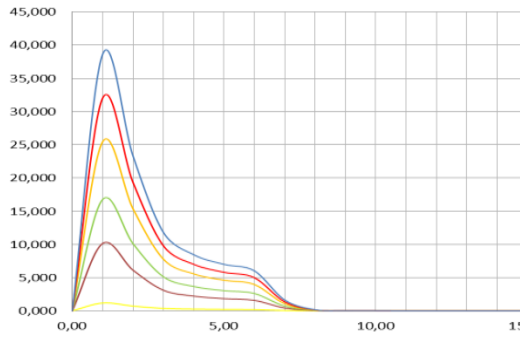
Waktu (t) U_H	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Debit Banjir
(jam)	$m^3/dt/mm$	(mm)					(m3/dt)	(m3/dt)
0,00	0,000	0,00					0,020	0,020
1,00	0,882	25,45	0,00				0,020	25,468
2,00	0,303	8,73	6,61	0,00			0,020	15,366
3,00	0,030	0,87	2,27	4,64	0,00		0,020	7,800
4,00	0,002	0,05	0,23	1,59	3,69	0,00	0,020	5,582
5,00	0,002	0,05	0,01	0,16	1,27	3,12	0,00	4,627
6,00	0,001	0,01	0,01	0,01	0,13	1,07	2,73	3,980
7,00	0,000	0,00	0,00	0,01	0,01	0,11	0,94	1,087
8,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,09	0,132
9,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,035
10,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,028
11,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,022
12,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,021
13,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
14,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
15,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
16,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
17,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
18,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
19,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
20,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
Q maksimum								25,468

Tabel 4.9 Banjir Rencana Q_{50} Thn

Waktu (t) U_H	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Debit Banjir
(jam)	$m^3/dt/mm$	(mm)					(m3/dt)	(m3/dt)
0,00	0,000	0,00					0,020	0,020
1,00	0,882	32,02	0,00				0,020	32,043
2,00	0,303	10,99	8,32	0,00			0,020	19,331
3,00	0,030	1,10	2,86	5,84	0,00		0,020	9,810
4,00	0,002	0,06	0,28	2,00	4,65	0,00	0,020	7,019
5,00	0,002	0,06	0,02	0,20	1,59	3,93	0,00	5,817
6,00	0,001	0,02	0,02	0,01	0,16	1,35	3,43	5,003
7,00	0,000	0,01	0,00	0,01	0,01	0,13	1,18	1,362
8,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,12	0,160
9,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,039
10,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,030
11,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,023
12,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,021
13,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
14,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
15,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
16,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
17,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
18,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
19,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
20,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020
Q maksimum								32,043

Tabel 4.10 Banjir Rencana Q_{100} Thn

Waktu (t)	UH	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base	Debit
		43,80	11,39	7,99	6,36	5,37	4,69	Flow	Banjir
(jam)	m3/dt/mm	(mm)						(m3/dt)	(m3/dt)
0,00	0,000	0,00						0,020	0,020
1,00	0,882	38,63	0,00					0,020	38,646
2,00	0,303	13,25	10,04	0,00				0,020	23,313
3,00	0,030	1,32	3,44	7,04	0,00			0,020	11,828
4,00	0,002	0,08	0,34	2,42	5,61	0,00		0,020	8,463
5,00	0,002	0,07	0,02	0,24	1,92	4,73	0,00	0,020	7,013
6,00	0,001	0,02	0,02	0,01	0,19	1,62	4,14	0,020	6,030
7,00	0,000	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	1,42	0,020	1,639
8,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,14	0,020	0,189
9,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,020	0,043
10,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,020	0,032
11,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,024
12,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,021
13,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,020
14,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,020
15,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,020
16,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,020
17,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,020
18,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,020
19,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,020
20,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,020
Q maksimum									38,646



Gambar 4.2 Hidrograf Banjir Kala Ulang

4.2. Analisis Perencanaan Bendung

Didalam perencanaan bendung Sei Lansat ini berpedoman ke pada syarat yang ada di KP-04, dan buku mengenai bangunan air yang pernah digunakan oleh perencana lainnya. Karena untuk merencana bendung harus diteliti sedetail mungkin agar pelaksanaan dan penggunaannya bisa berjalan sesuai perencanaan

4.2.1. Perencanaan Mercu Pada Bendung

Perencanaan mercu pada tugas akhir ini dipilih adalah mercu bertipe bulat dan bendung merupakan bendung tetap, kriteria ini diambil karena bendung tetap dengan mercu bulat memiliki kelebihan sebagai berikut :

- Karena peralihannya yang bertahap, bangunan pengatur ini tidak banyak mempunyai masalah dengan benda-benda terapung.
- Bangunan pengatur ini dapat direncanakan untuk melewati sedimentasi yang terangkut oleh saluran peralihan.
- Bangunan ini kuat dan tidak mudah rusak.

Untuk menghitung perencanaan mercu yang menggunakan syarat yang ada di Kp-04 bisa dilihat dibawah ini :

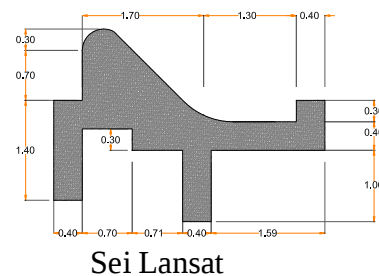
$$Q_{100} = Cd \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot b \cdot H^{1.5}$$

$$H = 1,33 \text{ m}$$

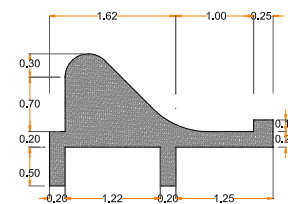
4.2.2. Perencanaan Kololam Olak

Untuk perencanaan Kolam Olak pada bendungan Sei Lansat ini ditentukan olehbilangan *froude*, bilangan *froude* pada bendungan ini adalah 1.72 maka menurut peraturan KP-04 Bendung Sei Lansat bisa digunakan bangunan olak tipe terjun salah satunya adalah kolam olak *vlugter*.

Gambar 4.3 Alternatif 1 Desain Bendung

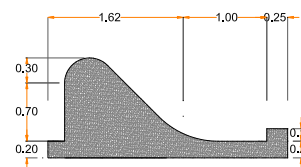


Sei Lansat



Gambar 4.4 Alternatif 2 Desain Bendung
Sei Lansat

Gambar 4.5 Alternatif 3 Desain Bendung



Sei Lansat

4.2.3. Analisa Stabilitas Bendung

a. Gaya Berat Sendiri

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Berat Sendiri Bangunan Alternatif 1

No	Bentuk	γ (Ton/m ³)	Tinggi (m)	Lebar (m)	Volume (m ³)	Berat (Ton)	Lengan (m)	Momen (Ton.m)
W1	1,000	2,400	1,400	0,400	0,560	1,344	3,510	4,717
W2	0,500	2,400	0,300	0,300	0,045	0,108	3,110	0,336
W3	1,000	2,400	1,000	0,300	0,300	0,720	3,250	2,340
W4	0,500	2,400	1,300	1,400	0,910	2,184	2,543	5,555
W5	1,000	2,400	0,100	0,700	0,070	0,168	2,960	0,497
W6	1,000	2,400	0,400	1,260	0,504	1,210	0,630	0,762
W7	1,000	2,400	1,000	0,400	0,400	0,960	1,700	1,632
W8	1,000	2,400	0,300	0,400	0,120	0,288	0,200	0,058
Total						6,982		15,897

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Berat Sendiri bangunan Alternatif 2

No	Bentuk	γ (Ton/m ³)	Tinggi (m)	Lebar (m)	Volume (m ³)	Berat (Ton)	Lengan (m)	Momen (Ton.m)
W1	1,000	2,400	0,500	0,200	0,100	0,240	2,780	0,667
W2	1,000	2,400	0,500	0,200	0,100	0,240	1,350	0,324
W3	1,000	2,400	0,200	2,870	0,574	1,378	1,435	1,977
W4	1,000	2,400	0,700	0,300	0,210	0,504	2,520	1,270
W5	0,500	2,400	1,000	1,130	0,565	1,356	2,003	2,717
W6	0,500	2,400	0,300	0,300	0,045	0,108	2,460	0,266
W7	1,000	2,400	0,150	0,250	0,038	0,090	0,125	0,011
Total						3,826		7,220

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Berat sendiri Bangunan Alternatif 3

No	Bentuk	γ (Ton/m ³)	Tinggi (m)	Lebar (m)	Volume (m ³)	Berat (Ton)	Lengan (m)	Momen (Ton.m)
W3	1,000	2,400	0,200	2,870	0,574	1,378	1,435	1,977
W4	1,000	2,400	0,700	0,300	0,210	0,504	2,520	1,270
W5	0,500	2,400	1,000	1,130	0,565	1,356	3,849	5,219
W6	0,500	2,400	0,300	0,300	0,045	0,108	2,570	0,278
W7	1,000	2,400	0,150	0,250	0,038	0,090	0,125	0,011
Total						3,436		8,744

b. Gaya Tekanan Lumpur

Tabel 4. 14 Hasil Gaya Berat Pada Tekanan Lumpur Alternatif 1

Element	γ_s (ton/m ³)	Lebar, B (m)	Tinggi, H (m)	Faktor Bentuk	Berat (Ton)
WSh	0,62	1	1	0,5	0,31
WSv		1	1		0,31

Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Gaya Momen Lumpur Alternatif 1

Bagian	Gaya		Lengan	Momen	
	H (Ton)	V (Ton)	Momen (m)	Tahan (Ton.m)	Guling (Ton.m)
WSh	0,31		1,03		0,32
WSv		0,31	3,64	1,13	

Tabel 4. 16 Hasil Gaya Berat Pada Tekanan Lumpur Alternatif 2

Element	γ_s (ton/m ³)	Lebar, B (m)	Tinggi, H (m)	Faktor Bentuk	Berat (Ton)
WSh	0,62	1	1	0,5	0,31
WSv		1	1		0,31

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Gaya Momen Lumpur Alternatif 2

Bagian	Gaya		Lengan	Momen	
	H (Ton)	V (Ton)	Momen (m)	Tahan (Ton.m)	Guling (Ton.m)
WSh	0,31		1,033333		0,320333
WSv		0,31	3,97	1,2307	

Tabel 4. 18 Hasil Gaya Berat Pada Tekanan Lumpur Alternatif 3

Element	γ_s (ton/m ³)	Lebar, B (m)	Tinggi, H (m)	Faktor Bentuk	Berat (Ton)
WSh	0,62	1	1	0,5	0,31
WSv		1	1		0,31

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Gaya Momen Lumpur Alternaif 3

Bagian	Gaya		Lengan	Momen	
	H (Ton)	V (Ton)	Momen (m)	Tahan (Ton.m)	Guling (Ton.m)
WSh	0,31		1,033333		0,320333
WSv		0,31	3,97	1,2307	

c. Gaya Gempa

Gaya gempa ini dihitung dengan arah horizontal, untuk perhitungan hampir sama dengan menghitung berat sendiri bangunan dengan cara mebagi banguna bendung menjadi beberapa bagian. Pada bendung Sei Lansat ini berada pada zona III yang memiliki nilai $z = 1.00$.

$$Ad = n \times (Z \times ac)^m$$

$$= 2.76 \times (1.00 \times 1.60)^{0.71}$$

$$= 3.85$$

$$F = \frac{ad}{g}$$

$$F = \frac{3.85}{9.81}$$

$$= 0.241$$

Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Gaya Gempa Alternatif 1

Element	γ (Ton/m ³)	Lebar, B (m)	Tinggi, H (m)	Faktor Bentuk	Volume (m ³)	Berat, G (Ton)	Koef Gempa	Gaya Gempa (Ton)	Lengan (m)	Momen (Ton.m)
g1	2,400	0,400	1,400	1,000	0,560	1,344	0,392	0,527	3,510	1,849
g2	2,400	0,300	0,300	0,500	0,045	0,108	0,392	0,042	3,110	0,132
g3	2,400	0,300	1,000	1,000	0,300	0,720	0,392	0,282	3,250	0,917
g4	2,400	1,400	1,300	0,500	0,910	2,184	0,392	0,856	2,543	2,177
g5	2,400	0,700	0,100	1,000	0,070	0,168	0,392	0,066	2,960	0,195
g6	2,400	1,260	0,400	1,000	0,504	1,210	0,392	0,474	0,630	0,299
g7	3,400	0,400	1,000	1,000	0,400	1,360	0,392	0,533	1,700	0,906
g8	4,400	0,400	0,300	1,000	0,120	0,528	0,392	0,207	0,200	0,041
Total						5,734		2,781		6,476

Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Gaya Gempa Alternatif 2

Element	γ (Ton/m ³)	Lebar, B (m)	Tinggi, H (m)	Faktor Bentuk	Volume (m ³)	Berat, G (Ton)	Koef Gempa	Gaya Gempa (Ton)	Lengan (m)	Momen (Ton.m)
g1	2,400	0,200	0,500	1,000	0,100	0,240	0,392	0,094	1,530	0,144
g2	2,400	0,200	0,500	1,000	0,100	0,240	0,392	0,094	0,100	0,009
g3	2,400	1,620	0,200	1,000	0,324	0,778	0,392	0,305	0,810	0,247
g4	2,400	0,300	0,700	1,000	0,210	0,504	0,392	0,198	1,270	0,251
g5	2,400	1,130	1,000	0,500	0,565	1,356	0,392	0,532	0,753	0,400
g6	2,400	0,300	0,300	0,500	0,045	0,108	0,392	0,042	1,210	0,051
Total						3,226		1,264		1,103

Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan Gaya Gempa Alternatif 3

Element	γ (Ton/m ³)	Lebar, B (m)	Tinggi, H (m)	Faktor Bentuk	Volume (m ³)	Berat, G (Ton)	Koef Gempa	Gaya Gempa (Ton)	Lengan (m)	Momen (Ton.m)
g3	2,400	2,870	0,200	1,000	0,574	1,378	0,392	0,540	1,435	0,775
g4	2,400	0,300	0,700	1,000	0,210	0,504	0,392	0,198	2,520	0,498
g5	2,400	1,130	1,000	0,500	0,565	1,356	0,392	0,532	3,849	2,046
g6	2,400	0,300	0,300	0,500	0,045	0,108	0,392	0,042	2,570	0,109
g7	2,400	0,250	0,150	1,000	0,038	0,090	0,392	0,035	0,125	0,004
Total						3,346		1,311		3,428

d. Gaya Hidrostatik

Gaya hidrostatik disebabkan oleh gaya tekanan air yang langsung mengenai tubuh bendung yang akan mengakibatkan terjadinya tekanan dari arah horizontal dan arah vertikal, untuk perencanaan bendung digunakan muka air banjir maksimum yang digunakan. Untuk hasil perhitungan bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 23 Hasil perhitungan Gaya Hidrostatik Muka Air Banjir Alternatif 1

Gaya	B	H	Faktor Bentuk	γ Air	W H V	Lengan Momen	Momen Guling	Momen Tahan	Arah
	m	m			Ton Ton	m Ton.m	Ton.m		
H1	2,33	1,00	1,00	1,83		1,53	2,81		→
H2	0,40	2,33	1,00	1,00	0,93	3,59		3,35	↓
H3	0,44	1,33	1,00	1,00	0,59	3,17		1,86	↓
H4	1,33	1,88	1,00	1,00	2,50	2,54		6,35	↓
H5	1,29	1,55	1,00	1,00	2,00	1,05		2,09	↓
H6	0,40	1,25	1,00	1,00	0,50	0,20		0,10	↓
H7	1,55	1,55	0,50	1,00	1,16	0,48	0,55		←
Total					0,67	6,52	2,25	13,74	

Tabel 4. 24 Hasil perhitungan Gaya Hidrostatik Muka Air Normal Alternatif 1

Gaya	B	H	Faktor Bentuk	γ Air	W H V	Lengan Momen	Momen Guling	Momen Tahan	Arah
	m	m			Ton Ton	m Ton.m	Ton.m		
H1	1,00	1,00	0,50	1,00	1,83	1,53	2,81		→
H2	0,40	1,00	1,00	1,00	0,40	3,51		1,40	↓
Total					1,83	0,40	2,81	1,40	

Tabel 4. 253 Hasil perhitungan Gaya Hidrostatik Muka Air Banjir Alternatif 2

Gaya	B	H	Faktor Bentuk	γ Air	W H V	Lengan Momen	Momen Guling	Momen Tahan	Arah
	m	m			Ton Ton	m Ton.m	Ton.m		
H1	2,33	1,00	1,00	1,83		1,53	2,81		→
H2	0,20	2,33	1,00	1,00	0,47	2,78		1,30	↓
H3	0,44	1,33	1,00	1,00	0,59	2,46		1,44	↓
H4	1,33	1,40	1,00	1,00	1,86	1,95		3,63	↓
H5	1,00	1,55	1,00	1,00	1,55	0,75		1,16	↓
H6	0,25	1,40	1,00	1,00	0,35	0,13		0,04	↓
H7	1,55	1,55	0,50	1,00	1,05	0,81	0,85		←
Total					0,78	4,81	1,96	7,57	

Tabel 4. 264 Hasil perhitungan Gaya Hidrostatik Muka Air Normal Alternatif 2

Gaya	B	H	Faktor Bentuk	γ Air	W H V	Lengan Momen	Momen Guling	Momen Tahan	Arah
	m	m			Ton Ton	m Ton.m	Ton.m		
H1	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	0,53	0,27		→
H2	0,20	1,00	1,00	1,00	0,20	2,58		0,52	↓
Total					0,50	0,20	0,27	0,52	

Tabel 4. 27 Hasil perhitungan Gaya Hidrostatik Muka Air Banjir Alternatif 3

Gaya	B	H	Faktor Bentuk	γ Air	W H V	Lengan Momen	Momen Guling	Momen Tahan	Arah
	m	m			Ton Ton	m Ton.m	Ton.m		
H1	2,33	1,00	1,00	1,83		1,03	1,89		→
H2	0,20	2,33	1,00	1,00	0,47	2,78		1,30	↓
H3	0,44	1,33	1,00	1,00	0,59	2,46		1,44	↓
H4	1,33	1,40	1,00	1,00	1,86	1,95		3,63	↓
H5	1,55	1,00	1,00	1,00	1,55	0,75		1,16	↓
H6	0,25	1,40	1,00	1,00	0,35	0,13		0,04	↓
H7	1,55	1,55	0,50	1,00	1,05	0,81	0,85		←
Total					0,78	4,81	1,04	7,57	

Tabel 4. 5 Hasil perhitungan Gaya Hidrostatik Muka Air Banjir Alternatif 3

Gaya	B	H	Faktor Bentuk	γ Air	W H V	Lengan Momen	Momen Guling	Momen Tahan	Arah
	m	m			Ton Ton	m Ton.m	Ton.m		
H1	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	0,53	0,27		→
H2	0,20	1,00	1,00	1,00	0,20	2,57		0,51	↓
Total					0,50	0,20	0,27	0,51	

4.3. Kontrol Stabilitas Terhadap Guling dan Geser Bendung Sei Lansat

Kontrol stabilitas merupakan upaya mencegah terjadinya bergeseran bendung akibat gaya-gaya yang berkerja, maka kontrol stabilitas untuk 3 desain bendung Sei Lansat bisa dibandingkan di perhitungan dibawah ini dengan menggunakan data keseluruhan gaya-gaya yang terjadi di tubuh bendung, bisa di lihta pada Tabel 4.25 dan Tabel 4.26.

Tabel 4. 6 Rekap Gaya yang Terjadi Pada Tubuh Bendung Muka Air Banjir

JENIS DESAIN	GAYA YANG BERKERJA								FAKTOR KEAMANAN
	BERAT SENDIRI		LUMPUR		GEMPA		HIDROSTATIS		
	VERTIKAL	HORIZONTAL	VERTIKAL	HORIZONTAL	VERTIKAL	HORIZONTAL	VERTIKAL	HORIZONTAL	
MODEL A	6,982		0,310	0,310		2,781	6,517	0,674	3,668
MODEL B	3,826		0,310	0,310		1,500	4,813	0,780	3,456
MODEL C	3,436		0,310	0,310		1,311	4,813	0,780	3,564

Tabel 4. 7 Rekap Gaya yang Terjadi Pada Tubuh Bendung Muka Air Normal

JENIS DESAIN	GAYA YANG BERKERJA								FAKTOR KEAMANAN
	BERAT SENDIRI		LUMPUR		GEMPA		HIDROSTATIS		
	VERTIKAL	HORIZONTAL	VERTIKAL	HORIZONTAL	VERTIKAL	HORIZONTAL	VERTIKAL	HORIZONTAL	
MODEL A	6,982		0,310	0,310		2,781	0,400	1,830	1,563
MODEL B	3,826		0,310	0,310		1,500	0,200	0,500	1,877
MODEL C	3,436		0,310	0,310		1,311	0,200	0,500	1,860

Tabel 4. 8 Rekap Momen yang Terjadi Pada Tubuh Bendung Muka Air Banjir

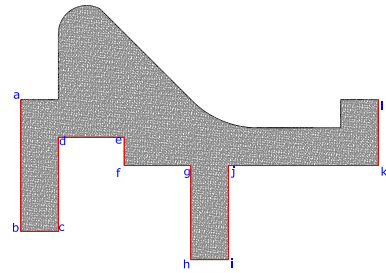
JENIS DESAIN	MOMEN YANG BERKERJA								FAKTOR KEAMANAN
	BERAT SENDIRI		LUMPUR		GEMPA		HIDROSTATIS		
	TAHAN	GULING	TAHAN	GULING	TAHAN	GULING	TAHAN	GULING	
MODEL A	15,897		1,129	0,320		6,476	13,741	2,255	3,399
MODEL B	7,220		1,231	0,320		2,830	7,572	1,957	3,137
MODEL C	8,744		1,231	0,165		3,428	7,572	1,042	3,786

Tabel 4. 9 Rekap Momen yang Terjadi Pada Tubuh Bendung Muka Air Normal

JENIS DESAIN	MOMEN YANG BERKERJA								FAKTOR KEAMANAN
	BERAT SENDIRI		LUMPUR		GEMPA		HIDROSTATIS		
	TAHAN	GULING	TAHAN	GULING	TAHAN	GULING	TAHAN	GULING	
MODEL A	15,897		1,129	0,320		6,476	1,404	2,806	1,919
MODEL B	7,220		1,231	0,320		2,830	0,516	0,267	2,624
MODEL C	8,744		1,231	0,165		3,428	0,514	0,267	2,718

4.4. Kontrol Erosi Bawah Tanah (Piping)

Didalam tugas akhir ini perhitungan kontrol pada erosi bawah tanah menggunakan metode *Lane* yang dimana metode ini dianjurkan untuk mengecek bangunan-bangunan utama untuk mengetahui adanya erosi bawah tanah (*paping*). Metode ini memberikan hasil yang aman dan mudah dipakai, untuk bangunan-bangunan yang relatif kecil.



Gambar 4.6 Garis Panjang Horizontal dan Vertikal Bendung Alternatif 1

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Metode *Lane*

No	ALTERNATIF BENDUNG	JARAK		ELEVASI MUKA AIR		WEIGHT CREEP DISTANCE (LW)	WEIGHT CREEP RATIO (WCR)
		$\sum H$	$\sum V$	HULU	HILIR		
1	Alternatif Bendung 1	3,80	5,40			3,07	3,90
2	Alternatif Bendung 2	2,88	2,40	2,33	1,54	1,76	2,24
3	Alternatif Bendung 3	2,87	0,40			1,09	1,38

Dari tiga alternatif desain bendung yang ada, untuk masalah kontrol *piping* alternatif 1 sangat memenuhi syarat untuk kontrol *piping* , karena di alternatif 1 nilai $WCR = 3.90$ yang dimana dengan nilai 3.90 bangunan tersebut sudah aman terhadap *piping* dengan jenis tanah dilokasi yang berbatuan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dari penelitian Tugas Akhir yang berjudul “Analisa Perencanaan Bendung Sei Lansat Daerah Irigasi (DI) Simandolak Kabupaten Kuantan Singingi” ini dapat diambil kesimpulan, yaitu :

1. Dengan menggunakan data hujan 15 Tahun dari tahun 2000-2015 didapat debit banjir rencana 100 Tahun sebesar, $Q_{100} = 38.646 \frac{m^3}{dt}$.
2. Tinggi muka air di hulu bendung adalah 2.33 m, dan tinggi muka air di hilir bendung adalah 1,55 m.

3. Dari debit banjir dan dimensi didapat nilai *Froude* sebesar 2,002, dan dipilih bangunan kolam olak bertipe bangunan terjun *vlugter*.
4. Nilai Faktor Keamanan terhadap geser dari tiga alternatif desain bendung pada muka air banjir didapat sebesar :
 - a. $FK = 3.668 \geq 1.5$ dan memenuhi syarat.
 - b. $FK = 3.456 \geq 1.5$ dan memenuhi syarat.
 - c. $FK = 3.564 \leq 1.5$ dan memenuhi syarat.
5. Nilai Faktor Keamanan terhadap geser dari tiga alternatif desain bendung pada muka air normal didapat sebesar :
 - a. $FK = 1.563 \geq 1.5$ dan memenuhi syarat.
 - b. $FK = 1.877 \leq 1.5$ dan memenuhi syarat.
 - c. $FK = 1.860 \leq 1.5$ dan memenuhi syarat.
6. Nilai Faktor Keamanan terhadap guling dari tiga alternatif desain bendung pada muka air banjir didapat nilai sebesar :
 - a. $FK = 3.399 \geq 1.5$ dan memenuhi syarat.
 - b. $FK = 3.137 \geq 1.5$ dan memenuhi syarat.
 - c. $FK = 3.786 \geq 1.5$ dan memenuhi syarat.
7. Nilai Faktor Keamanan terhadap guling dari tiga alternatif desain bendung pada muka air normal didapat nilai sebesar :
 - d. $FK = 1.919 \leq 1.5$ dan memenuhi syarat.
 - e. $FK = 2.624 \leq 1.5$ dan memenuhi syarat.
 - f. $FK = 2.718 \leq 1.5$ dan memenuhi syarat.
8. Setelah melakukan perhitungan erosi bawah tanah (*piping*) pada ketiga alternatif desain bendung menggunakan metode *lane* yang sangat bagus untuk menangani erosi bawah tanah (*piping*) adalah

alternatif desain bendung A karena memiliki nilai *WCR* sebesar 3.90.

5.2. Saran

Penelitian Analisis Perencanaan Bendung Sei Lansat ini bisa dikembangkan apabila adanya data tanah yang tersedia karena dengan adanya data tanah kita bisa merencanakan suatu bendung lebih detail, dari segi daya dukung suatu tanah maupun *piping* yang terjadi di bawah konstruksi bendung,

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.** 2015. *Bab IV Evaluasi Bendung Kali Keb.* Kabupaten Kalteng Jawa Tengah
- Anonim.** 2015. *Erosi Bawah Tanah pada bendung*
- Direktur Jendral Pengairan.** 1986. *Kriteria Perencanaan Bagian Bendung KP-04.*
- Direktur Jendral Pengairan.** 1986. *Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02.*
- Firnanda, Afrian.** 2016. *Analisa stabilitas Bendung Tamiang.* Universitas Riau Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil S-1
- Mawardi, Eman dan Memed, Moch.** 2010. *Desain Hidraulik Bendung Tetap.* Alfabrata. CV
- Pudji, Afif.** *Perencanaan Bendung Tetap.*
- Soedibyo.** 2003. *Teknik Bangunan.* PT. PERADYA PARAMITA
- Triadmojo, Bambang.** 2010. *Hidrologi Terapan.* Yogyakarta, Beta Offset.