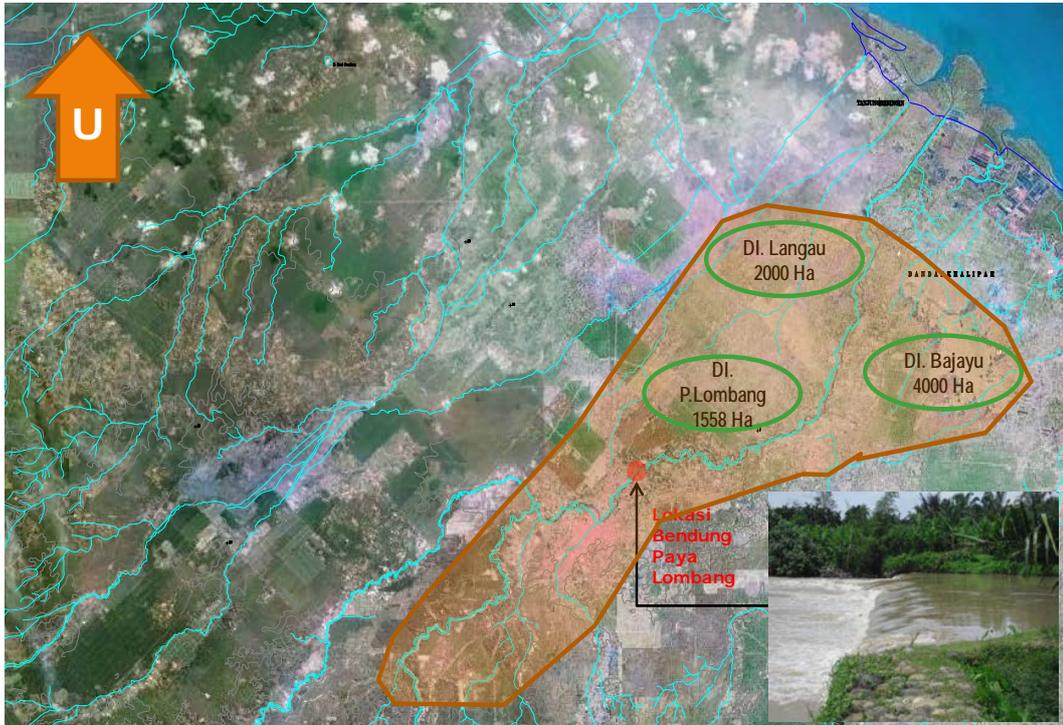


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Deskripsi Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini mengambil lokasi pada Proyek Detail Desain Bendung D.I. Bajayu Kabupaten Serdang Bedagai yang berada di Kabupaten Serdang Bedagai dan Kota Tebing Tinggi Provinsi Sumatera Utara. Lokasi pekerjaan disajikan pada peta di bawah ini yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sumatera – II (BWSS-II).



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pekerjaan Detail Desain Bendung D.I. Bajayu Kab. Serdang Bedagai

### **3.2. Jenis dan Sumber Data**

Data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan skripsi ini dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu:

#### **a. Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi proyek maupun hasil survei yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber dalam analisis data, misalnya lebar sungai, kedalaman sungai, dan elevasi dasar sungai.

#### **b. Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data pendukung yang dipakai dalam proses pembuatan dan penyusunan Laporan Skripsi ini. Data sekunder ini didapat dari instansi yang terkait baik dari sekitar lokasi kegiatan (Balai Wilayah Sungai Sumatera II) maupun ditempat lain yang menunjang dengan kegiatan tersebut.

Data-data sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### **1. Data Studi literatur**

Untuk studi literatur ini perlu diperhatikan supaya kegiatan yang akan dilaksanakan berdasarkan teori yang sudah ada dan bagaimana tatacara pemecahan masalah dari kegiatan tersebut. Langkah awal yang harus dilaksanakan adalah mengumpulkan data berupa buku catatan, buku hasil studi terdahulu maupun gambar lain yang dapat digunakan sebagai referensi dalam pelaksanaanya pekerjaan survei inventory.

#### **2. Data Topografi yaitu Peta lokasi Daerah Aliran Sungai (DAS).**

#### **3. Data Mekanika Tanah**

### **3.3. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data yang dilaksanakan adalah:

- a. Studi Literatur yaitu suatu teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data dengan cara mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data tertulis dan metode kerja yang dilakukan.
- b. Observasi yaitu dengan melakukan pengamatan langsung ke lokasi untuk mengetahui kondisi sebenarnya dilapangan.
- c. Wawancara yaitu mendapatkan data dengan cara wawancara langsung dengan instansi terkait/ pengelola atau narasumber yang dianggap mengetahui permasalahan tersebut.
- d. Metode Kepustakaan yaitu metode pengumpulan data atau bahan yang diperoleh dari buku-buku kepustakaan.

### **3.4. Teknik Pengolahan Data**

Pengolahan data meliputi kegiatan pengakumulasian, pengelompokan jenis data, kemudian dilanjutkan dengan analisis. Pada tahapan ini dilakukan proses pengolahan dan analisis data, meliputi data yang diperoleh dari lapangan dan instansi terkait yang berupa gambar desain, dan data-data yang bersesuaian dengan pokok bahasan, disusun secara sistematis dan logis sehingga diperoleh suatu gambaran yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Stabilitas Tubuh Bendung

Perhitungan stabilitas dihitung berdasarkan beberapa kondisi yaitu pada kondisi normal, kondisi normal ada gempa kondisi banjir dan kondisi banjir dengan gempa. Kondisi ini diperhitungkan terhadap:

1) Guling, 2) Gelincir, 3) Penurunan

Gaya-gaya yang bekerja pada tubuh bendung termasuk berat tubuh bendung, tekanan hidrostatik, tekanan lumpur, gaya angkat dan gaya gempa.

(1) Kondisi

Berat jenis bahan pengisi (Beton Ciklop)	2.30	t/m <sup>3</sup>
Berat jenis tanah	1.58	t/m <sup>3</sup>
Kohesi	0	t/m <sup>2</sup>
Koefisien tekanan lumpur	0.5	
Koefisien uplift	1,0	
Koefisien gesekan	0.7	
Koefisien Gempa	0.18	

(2) Gaya luar yang bekerja pada bendung

Gaya-gaya luar yang bekerja pada tubuh bendung antara lain:

- a Berat sendiri bendung (W)
- b Tekanan hidrostatik (P)

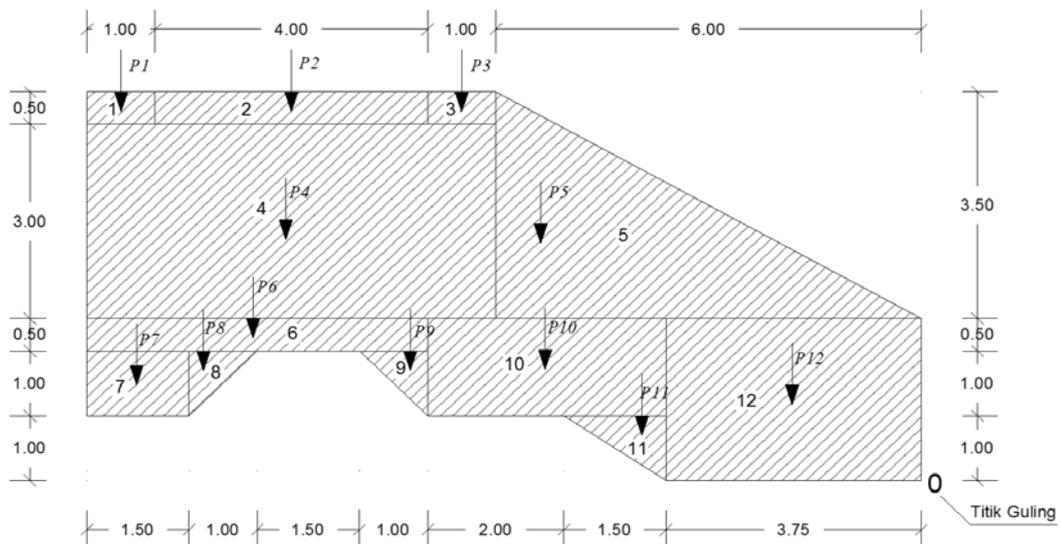
Gaya hidrostatis pada aliran tenggelam atau aliran tidak tenggelam. Maka, terlebih dahulu harus mempertimbangkan jenis aliran tersebut.

- c Gaya Angkat (U)
- d Tekanan Lumpur (sediment pressure) ( $P_e$ )  
bekerja setinggi dasar muka hulu hingga puncak mercu.
- e Gaya Gempa (F)

#### 4.1.1. Beban Mati Akibat Berat Sendiri

Perhitungan beban mati akibat berat sendiri didapat dari hasil perkalian berat tubuh bendung itu sendiri dengan berat jenis bahan yang digunakan. Sedangkan momen yang bekerja pada tubuh bendung akibat beban mati didapat dari hasil perkalian dari gaya akibat berat sendiri dengan lengan momen yang ditinjau dari titik keruntuhannya.

Hasil perhitungan beban mati akibat berat sendiri disajikan dalam tabel berikut ini:



**Gambar 4-1** Beban Mati Sebagai Gaya Akibat Berat Sendiri

Untuk mencari momen 1, maka gaya P1 dikali jarak horizontal titik berat (panjang lengan momen) ke titik guling. P1 didapat dari luas dikali berat jenis bendung, contohnya  $P1 = 1.00 \times 0.50 \times 2.30 = 1.15$  ton, jaraknya  $11.00 + 1.00/2 = 11.50$ , maka momen di bidang 1 akibat beban sendiri adalah  $1.15 \times 11.50 = 13.23$  t.m

Besar gaya dan momen yang terjadi akibat berat sendiri dari tubuh bendung dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4-1 Gaya dan Momen Akibat Berat Sendiri**

No	Gaya luar formula (ton)	Panjang Lengan momen formula (m)	Momen	Catatan
1	$1,00 \times 0,50 \times 2,30 = 1,15$	$11,00 + 1,00 / 2 = 11,50$	13,23	v
2	$4,00 \times 0,50 \times 2,30 = 4,60$	$7,00 + 4,00 / 2 = 9,00$	41,40	v
3	$1,00 \times 0,50 \times 2,30 = 1,15$	$6,00 + 1,00 / 2 = 6,50$	7,48	v
4	$6,00 \times 3,00 \times 2,30 = 41,40$	$6,00 + 6,00 / 2 = 9,00$	372,60	v
5	$6,00 \times 3,50 / 2 \times 2,30 = 24,15$	$6,00 \times 2 / 3 = 4,00$	96,60	v
6	$5,00 \times 0,50 \times 2,30 = 5,75$	$7,25 + 5,00 / 2 = 9,75$	56,06	v
7	$1,50 \times 1,00 \times 2,30 = 3,45$	$10,75 + 1,50 / 2 = 11,50$	39,68	v
8	$1,00 \times 1,00 / 2 \times 2,30 = 1,15$	$9,75 + 1,00 \times 2 / 3 = 10,42$	11,98	v
9	$1,00 \times 1,00 / 2 \times 2,30 = 2,30$	$7,25 + 1,00 / 3 = 7,58$	17,43	v
10	$3,50 \times 1,50 \times 2,30 = 12,08$	$3,75 + 3,50 / 2 = 5,50$	66,44	v
11	$1,50 \times 1,00 / 2 \times 2,30 = 1,73$	$3,75 + 1,50 / 3 = 4,25$	7,35	v
12	$3,75 \times 2,50 \times 2,30 = 21,56$	$3,75 / 2 = 1,88$	40,53	v
<b>Total</b>	<b>120,47</b>		<b>770,78</b>	v

Sumber: Hasil Analisis

#### 4.1.2. Gaya Luar yang Bekerja Pada kondisi Normal

##### a. Tekanan Air / Hidrostatik

Perhitungan dilakukan dengan mengambil potongan 1 meter panjang bendung dan tekanan air yang diperhitungkan adalah gaya *hidrostatik*. Besar gaya *hidrostatik* adalah fungsi kedalaman yang bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan.

- Tekanan air arah horizontal (*hidrostatik*).

$$P_h = \frac{1}{2} h \times \gamma \quad \dots\dots\dots (SPI KP- 06, Dept. PU)$$

$$h = 7,50 \text{ meter} ; \gamma = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$P_h = 3,75 \text{ t/m}^2$$

Gaya Hidrostatik P :

$$P = P_h \times h = 3,75 \times 7,50 = 28,125 \text{ ton}$$

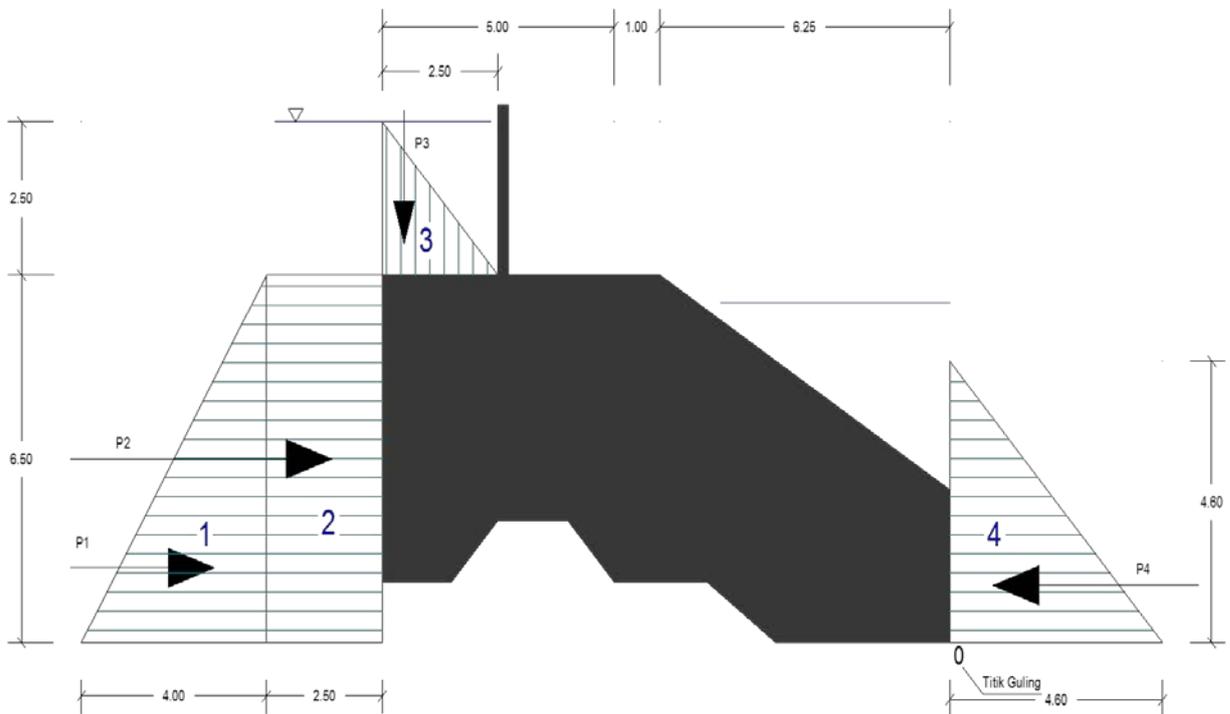
Tinggi titik tangkap gaya hidrostatis (lengan momen) :

$$h_{cp} = 1/3 + 7,50 = 2,50 \text{ meter.}$$

Momen yang bekerja

$$M = P \times h_{cp}$$

$$= 28,125 \text{ ton} \times 2,50 \text{ m} = 70,33 \text{ ton.m}$$



**Gambar 4-2** Gaya Hidrostatik Pada Keadaan Normal

Untuk mencari momen 1, maka gaya P1 dikali jarak titik berat (panjang lengan momen) ke titik guling. P1 didapat dari luas bidang,

contohnya  $P1 = (6.50 \times 4.00) / 2 = 13.00$  ton, jaraknya  $6.50/2 = 2.17$ , maka momen di bidang 1 akibat Gaya Hidrostatik adalah  $13.00 \times 2.17 = 28.21$  t.m

Hasil perhitungan gaya-gaya hidrostatik dan momen yang terjadi pada keadaan normal dapat dilihat pada tabel berikut

**Tabel 4-2** Gaya dan Momen Akibat Tekanan Hidrostatik Pada Keadaan Normal

No	Gaya Luar formula	Panjang Lengan formula	Momen	Catatan		
1	$6,50 \times 4,00 / 2 =$	13,00	$6,50 / 3 =$	2,17	28,21	h
2	$6,50 \times 2,50) =$	16,25	$6,50 / 2 =$	3,25	52,81	h
3	$2,50 \times 2,50 / 2 =$	3,13	$7,00 + 2,50 \times 2 / 3 =$	8,67	27,08	v
4	$4,60 \times 4,60 / 2 =$	-10,58	$2,50 / 3 =$	0,83	-8,78	h
<b>Total</b>	<b>V</b>	<b>3,13</b>			<b>27,08</b>	
	<b>H</b>	<b>29,25</b>			<b>81,02</b>	(+)
	<b>H</b>	<b>10,58</b>			<b>8,78</b>	(-)

**Sumber:** Hasil Analisis

### b. Tekanan Lumpur

Gaya ini berasal dari tanah lumpur menekan bangunan air.

$$H_L = \frac{1}{2} \cdot k_L \cdot \gamma_w \cdot H_T^2 \quad \text{..... (SPI KP- 06, Dept. PU)}$$

dimana:

$H_L$  = gaya horisontal lumpur.

$k_L$  = koefisien tekanan lumpur, biasanya = 0.5.

$\gamma_w$  = berat jenis lumpur dalam air.

$H_T$  = tinggi lumpur.

Dianggap lumpur setinggi mercu dengan berat isi lumpur = 1,2 ton/m<sup>3</sup> dan

sudut geser dalam = 30 derajat

$$P_s = 0,167 h^2 \quad (\text{ton/m}^3) \quad \text{..... (SPI KP- 06, Dept. PU)}$$



**Gambar 4-3** Tekanan Lumpur yang Bekerja

Untuk mencari momen, maka gaya  $P_s$  dikali jarak vertikal titik berat (panjang lengan momen) ke titik guling.

$P_s = 0.167 \times 0.50^2 = 0.04$  ton, jaraknya  $2.50 + 4.00/3 = 3.83$ , maka momen di bidang 1 akibat tekanan lumpur adalah  $0.04 \times 3.83 = 0.15$  t.m

Besarnya gaya dan momen yang bekerja akibat tekanan lumpur dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4-3** Gaya dan Momen Akibat Tekanan Lumpur

No	Gaya Luar formula	Panjang Lengan formula	Momen	Catatan		
1	$0.167 \times 0.50^2 =$	0,04	$2,50 + 4,00 / 3 =$	3,83	0,15	h
<b>Total</b>		<b>0,04</b>			<b>0,15</b>	h

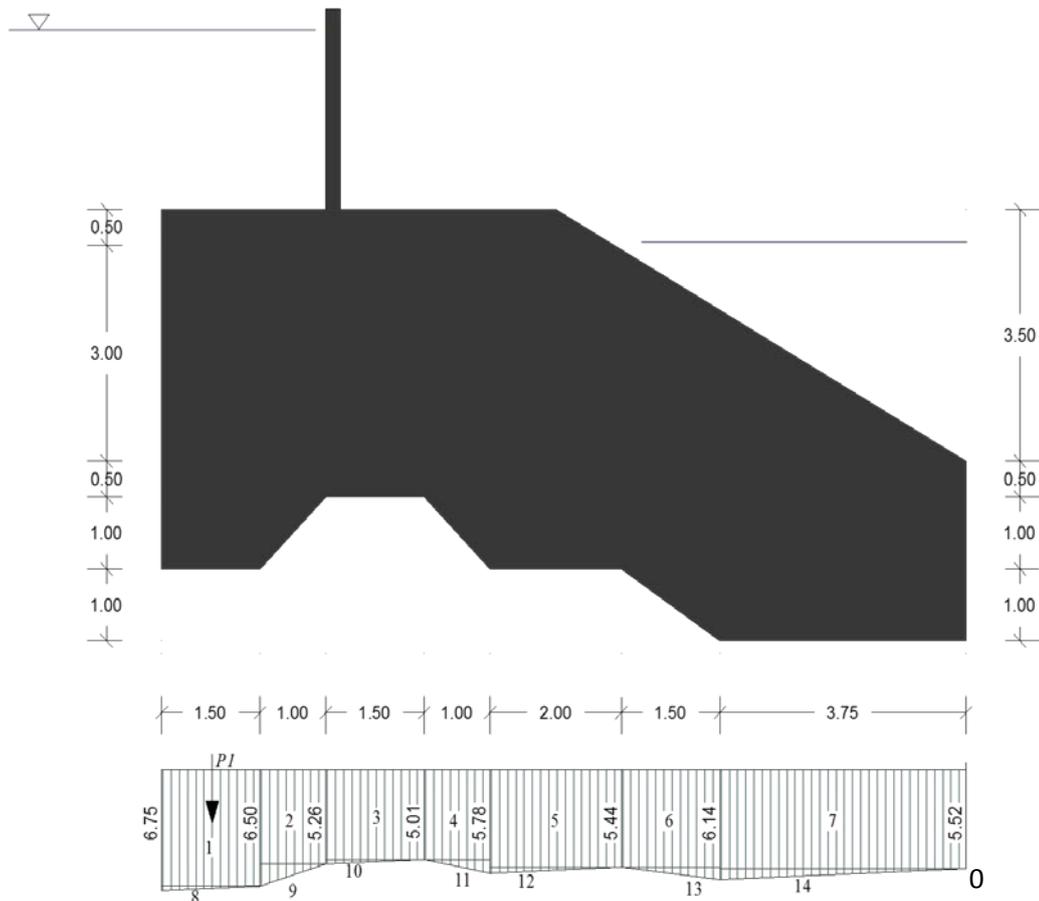
**Sumber:** Hasil Analisis

**c. Gaya Angkat/ Uplift**

Gaya Up Lift yang bekerja pada bendung adalah gaya tekan air yang bekerja pada dasar dan tubuh bendung. Gaya ini bekerja tegak lurus terhadap bidang tegak . Besar Gaya Up Lift pada setiap titik pada dasar bendung dapat dihitung dengan mempergunakan Teori Lane sebagai berikut :

$$P_x = H_x - \frac{L_x}{L} \Delta H \quad \dots\dots\dots (SPI KP- 06, Dept. PU)$$

Total panjang rayapan  $L_{tot} = 17,63$  meter, dan  $\Delta h = 5,50$  meter.



**Gambar 4-4** Gaya Uplift yang Bekerja Pada Kondisi Normal

Dari gambar 4.4 maka dapat dihitung besarnya gaya angkat yang terjadi pada kondisi normal serta momen yang terjadi dengan mengalikan gaya uplift nya dengan panjang lengan momen yang mempengaruhi terjadinya momen pada tubuh bendung.

Untuk mencari momen 1, maka gaya P1 dikali jarak titik berat (panjang lengan momen) ke titik guling. P1 didapat dari luas bidang,

contohnya  $P1 = (6.50 \times 1.50 \times 1.00) = 9.75$  ton, jaraknya  $10.75 + 1.50 = 11.50$ , maka momen di bidang 1 akibat Gaya uplift adalah  $9.75 \times 11.50 = 112.13$  t.m

Besarnya gaya dan momen uplift dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4-4** Gaya dan Momen Akibat Uplift Pada Kondisi Normal

No	Gaya Luar formula	Panjang Lengan formula	Momen	Catatan		
1	$6,50 \times 1,50 \times 1,00 =$	9,75	$10,75 + 1,50 / 2 =$	11,50	112,13	v
2	$5,26 \times 1,00 \times 1,00 =$	4,21	$9,75 + 1,00 / 2 =$	10,25	43,15	v
3	$5,01 \times 1,50 \times 1,00 =$	6,01	$8,25 + 1,50 / 2 =$	9,00	54,09	v
4	$5,01 \times 1,00 \times 1,00 =$	4,01	$7,25 + 1,00 / 2 =$	7,75	31,08	v
5	$5,44 \times 2,00 \times 1,00 =$	8,70	$5,25 + 2,00 / 2 =$	6,25	54,38	v
6	$5,44 \times 1,50 \times 1,00 =$	6,53	$3,75 + 1,50 / 2 =$	4,50	29,39	v
7	$5,52 \times 3,75 \times 1,00 =$	16,56	$3,75 / 2 =$	1,88	31,13	v
8	$0,25 \times 1,50 \times 1,00 / 2 =$	0,19	$10,75 + 1,50 \times 2 / 3 =$	11,75	2,23	v
9	$1,24 \times 1,00 \times 1,00 / 2 =$	1,24	$9,75 + 1,00 \times 2 / 3 =$	9,75	12,09	v
10	$0,25 \times 1,50 \times 1,00 / 2 =$	0,19	$8,25 + 1,50 \times 2 / 3 =$	9,25	1,76	v
11	$0,77 \times 1,00 \times 1,00 / 2 =$	0,39	$7,25 + 1,00 / 3 =$	7,58	2,96	v
12	$0,34 \times 2,00 \times 1,00 / 2 =$	0,34	$5,25 + 2,00 \times 2 / 3 =$	6,58	2,24	v
13	$0,70 \times 1,50 \times 1,00 / 2 =$	1,05	$3,75 + 1,50 / 3 =$	4,25	4,46	v
14	$0,62 \times 3,75 \times 1,00 / 2 =$	1,16	$3,75 \times 2 / 3 =$	2,50	2,90	v
<b>Total V</b>		<b>60,33</b>			<b>383,99</b>	

**Sumber:** Hasil Analisis

#### d. Gaya Gempa

Untuk perencanaan bendung Bajayu gaya gempa yang diperhitungkan harus disesuaikan dengan kondisi zona kegempaan yang berada di daerah pertengahan Sumatera Utara dapat dengan rumus sebagai berikut:

$$a_d = n (a_c \cdot Z)^m,$$

$$E = \frac{a_d}{g} \quad \dots\dots\dots (SPI KP- 06, Dept. PU)$$

di mana:

$a_d$  = percepatan gempa rencana,  $cm/dt^2$

$n, m$  = koefisien untuk jenis tanah

$a_c$  = percepatan kejut dasar,  $cm/dt$  (untuk harga per periode ulang)

$E$  = koefisien gempa

$g$  = percepatan gravitasi,  $cm/dt^2$  ( 980)

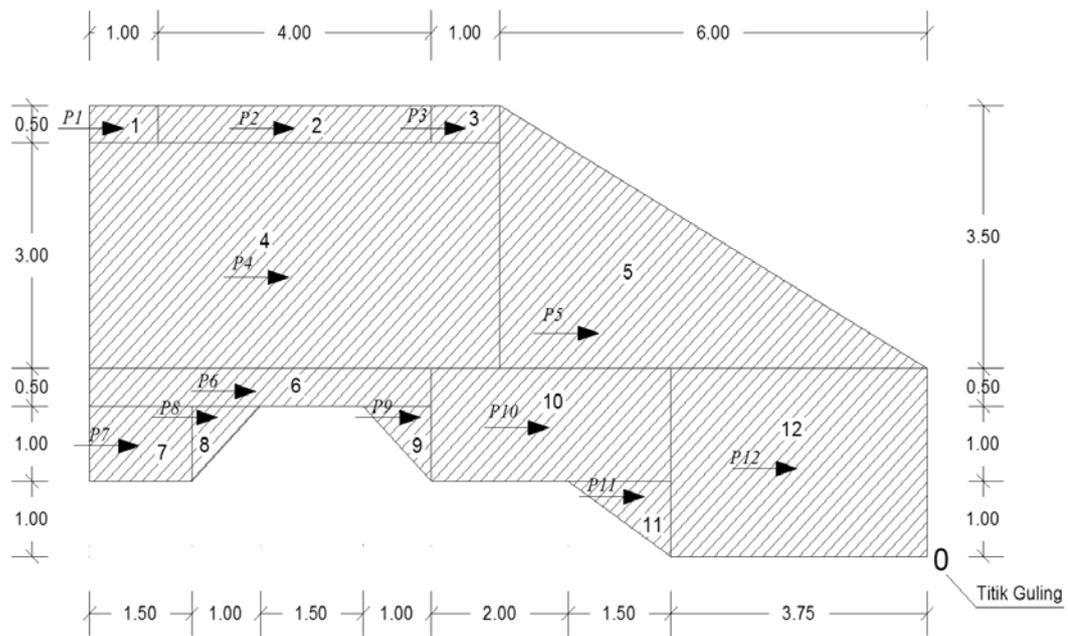
$z$  = faktor yang bergantung kepada letak geografis (Koefisien Zona)

Berdasarkan peta zona gempa dan peta geologi, Kabupaten Serdang Bedagai dan Kota Tebing Tinggi terletak pada zona C. Maka diambil nilai  $Z = 1,0$  dan jenis tanah adalah Diluvium dengan nilai  $n = 0,87$  dan  $m = 1,05$ . Serta diperhitungkan dengan periode ulang kegempaan yaitu periode ulang 100 tahun dengan nilai  $a_c = 160 \text{ cm/det}^2$

$$A_d = 0,87(160.1)^{1,05} = 179,409 \text{ cm/det}^2$$

Maka, Koefisien Gempa E adalah

$$E = \frac{a_d}{g} = \frac{179,409 \text{ cm/det}^2}{981 \text{ cm/det}^2} = 0,183$$



**Gambar 4-5** Gaya Gempa yang Bekerja

Maka, gaya yang bekerja akibat gempa adalah gaya akibat berat sendiri dikalikan dengan koefisien gempa dan lengan momen merupakan jarak vertikal titik pusat gaya yang bekerja di section tinjauan terhadap titik keruntuhan tubuh bendung.

Untuk mencari momen 1, maka gaya P1 dikali jarak vertikal titik berat (panjang lengan momen) ke titik guling. P1 didapat dari luas bidang dikali koefisien gempa dikali berat jenis,

contohnya  $P2 = (4.00 \times 0.50 \times 0.33) = 0.67$  ton, jaraknya  $6.00 + 0.50/2 = 6.25$ , maka momen di bidang 2 akibat Gaya gempa adalah  $0.67 \times 6.25 = 4.19$  t.m

Hasil perhitungan gaya-gaya dan momen akibat gempa ini dapat dilihat pada tabel 4 - 5.

**Tabel 4-5** Gaya dan Momen yang Bekerja Akibat Gempa

Koefisein Gempa = 0,15 I  
 Berat Jenis = 2,30 t/m<sup>3</sup> II  
 I x II = 0,33 t/m<sup>3</sup>

No	Gaya Luar formula	Panjang Lengan formula	Momen	Catatan		
1	1,00 x 0,50 / 2 x 0,33 =	0,08	6,00 + 0,50 / 3 =	6,17	0,49	h
2	4,00 x 0,50 x 0,33 =	0,67	6,00 + 0,50 / 2 =	6,25	4,19	h
3	1,00 x 0,50 / 2 x 0,33 =	0,08	6,00 + 0,50 / 3 =	6,17	0,49	h
4	6,00 x 0,50 x 0,33 =	6,03	2,50 + 3,50 / 2 =	4,25	25,63	h
5	6,00 x 3,00 / 2 x 0,33 =	3,01	2,50 + 3,50 / 3 =	3,67	11,05	h
6	5,00 x 0,50 x 0,33 =	0,84	2,00 + 0,50 / 2 =	2,25	1,89	h
7	1,50 x 1,00 x 0,33 =	0,50	1,00 + 1,00 / 2 =	1,50	0,75	h
8	1,00 x 1,00 / 2 x 0,33 =	0,17	1,00 + 1,00 x 2 / 3 =	1,67	0,28	h
9	1,00 x 1,00 / 2 x 0,33 =	0,33	1,00 + 1,00 x 2 / 3 =	1,67	0,55	h
10	3,50 x 1,50 x 0,33 =	1,76	1,00 + 1,50 / 2 =	1,75	3,08	h
11	1,50 x 1,00 / 2 x 0,33 =	0,25	1,00 x 2 / 3 =	0,67	0,17	h
12	3,75 x 2,50 x 0,33 =	3,14	2,50 / 2 =	0,50	1,57	h
<b>Total</b>		<b>16,86</b>			<b>50,14</b>	h

**Sumber:** Hasil Analisis

#### 4.1.3. Stabilitas Bendung Pada Kondisi Normal

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa tubuh bendung harus stabil terhadap guling, geser dan penurunan. Untuk menghitung stabilitas tersebut maka terlebih dahulu gaya-gaya dan momen yang bekerja ditabulasi sehingga memudahkan perhitungan.

Tabulasi gaya dan momen yang terjadi pada kondisi normal dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4-6** Tabulasi Gaya dan Momen Kondisi Normal

No	Item	Gaya Horizontal (ton)		Gaya Vertikal (ton)		Momen		Faktor	
		(+)	(-)	(+)	(-)	Momen Tahanan	Momen Guling	Guling	Geser
1	Berat Sendiri Bendung				120,47	770,78			
2	Gaya Gempa	16,86					50,14		
3	Tekanan Lumpur	0,04					0,15		
4	Gaya Hidrostatis	29,25	10,58		3,13	35,86	81,02		
5	Up Lift Pressure			60,33			383,99		
	Dengan Gaya Gempa	46,15	10,58	60,33	123,60	806,64	515,30	<b>1,57</b>	<b>1,33</b>
	Tanpa Gaya Gempa	29,29	10,58	60,33	123,60	806,64	465,16	<b>1,73</b>	<b>2,54</b>

**Sumber:** Hasil Analisis

#### 4.1.3.1. Faktor Keamanan Terhadap Guling kondisi Normal

Faktor keamanan terhadap guling dapat dihitung dengan cara:

$$Sf = \frac{\sum M_t}{\sum M_g} > \text{Faktor Keamanan Izin}$$

$M_g$  = momen total sesungguhnya yang menyebabkan terjadinya guling

$M_t$  = momen tahan terhadap guling

$SF$  = faktor keamanan terhadap guling.

##### a. Faktor Keamanan Terhadap Guling Tanpa Gempa

$$\frac{\sum M_t}{\sum M_g} \geq SF \text{ Guling tanpa Gempa} \quad \dots\dots\dots (SPI KP- 06, Dept. PU)$$

$$\frac{806,64 \text{ ton.m}}{465,16 \text{ ton.m}} \geq 1,50$$

**1,73 > 1,50 → OK**

##### b. Faktor Keamanan Terhadap Guling Dengan Gempa

$$\frac{\sum M_t}{\sum M_g} \geq SF \text{ Guling dengan Gempa} \quad \dots\dots\dots (SPI KP- 06, Dept. PU)$$

$$\frac{806,64 \text{ ton.m}}{515,30 \text{ ton.m}} \geq 1,30$$

**1,57 > 1,30 → OK**

#### 4.1.3.2. Faktor Keamanan Terhadap Gelincir

Faktor keamanan terhadap gelincir dapat dihitung dengan cara:

$$Sf = \frac{f \cdot \sum V + C \cdot B}{\sum H} \geq SF_{izin} \quad \dots\dots\dots (SPI KP- 06, Dept. PU)$$

dengan:

C = kohesi tanah = 0 untuk pasir (kg/m<sup>2</sup>)

B = lebar telapak (m)

$\sum V$  = gaya vertikal total (ton)

$\sum H$  = gaya horizontal total (ton)

f = Kefisien Gelincir = 0,75

##### a. Faktor Keamanan Terhadap Gelincir Tanpa Gempa

$$\frac{f \cdot \sum V}{\sum H} \geq \text{Faktor Keamanan Izin Gelincir Tanpa Gempa}$$

$$\frac{0,75 \cdot (123,60 - 60,33)}{(29,29 - 10,58)} \geq 1,50$$

$$2,54 > 1,50 \rightarrow \text{OK} \quad \dots\dots\dots (SPI KP- 06, Dept. PU)$$

##### b. Faktor Keamanan Terhadap Gelincir dengan Gempa

$$\frac{f \cdot \sum V}{\sum H} \geq \text{Faktor Keamanan Izin Gelincir Dengan Gempa}$$

$$\frac{0,75 \cdot (123,60 - 60,33)}{(46,16 - 10,58)} \geq 1,50$$

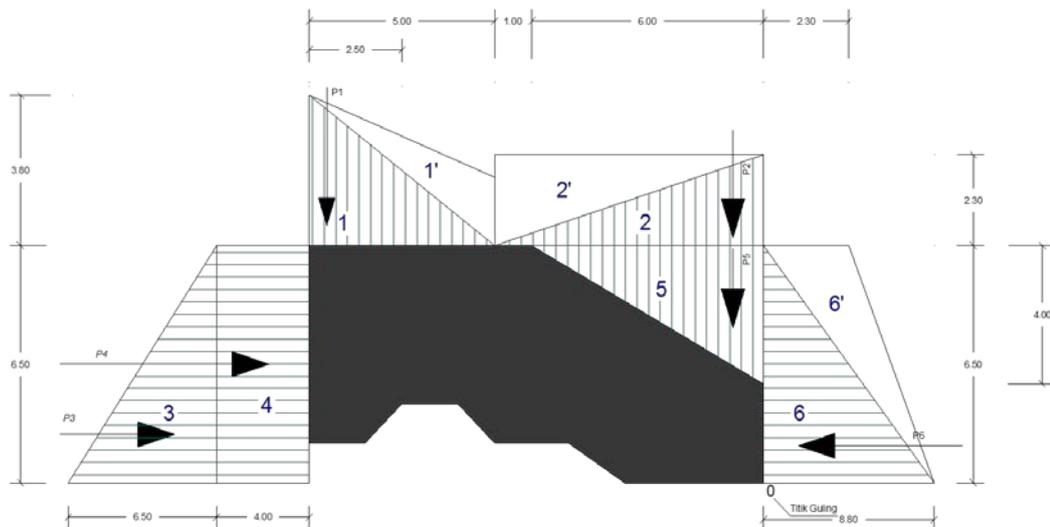
$$1,33 > 1,30 \rightarrow \text{OK} \quad \dots\dots\dots (SPI KP- 06, Dept. PU)$$

#### 4.1.4. Gaya Luar yang Bekerja Pada Kondisi Banjir

##### a. Tekanan Air / Hidrostatik

Perhitungan dilakukan dengan mengambil potongan 1 meter panjang bendung dan tekanan air yang diperhitungkan adalah gaya *hidrostatik*. Besar gaya *hidrostatik* adalah fungsi kedalaman yang bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan pada kondisi banjir.

Gambar gaya-gaya yang bekerja akibat tekanan air pada kondisi banjir dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 4-6** Gaya Hidrostatik pada Kondisi Banjir

Untuk mencari momen 1, maka gaya P1 dikali jarak titik berat (panjang lengan momen) ke titik guling. P1 didapat dari luas bidang,

contohnya  $P1 = (5.00 \times 4.00) / 2 = 10.00$  ton, jaraknya  $7.00 + 5.00 \times 2/3 = 10.33$ ,

maka momen di bidang 1 akibat Gaya Hidrostatik adalah  $10.00 \times 10.30 = 103.30$

t.m

Resume gaya dan momen yang bekerja akibat tekanan air/ hidrostatis ini dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4-7** Gaya dan Momen yang Bekerja Akibat Tekanan Air pada Kondisi Banjir

No	Gaya Luar formula	Panjang Lengan formula	Momen	Catatan
1	$5,00 \times 4,00 / 2 =$	10,00	$7,00 + 5,00 \times 2 / 3 =$	103,30 v
2	$7,00 \times 1,80 / 2 =$	6,30	$7,00 / 3 =$	14,68 v
3	$6,50 \times 6,50 / 2 =$	21,13	$6,50 / 3 =$	45,85 h
4	$4,10 \times 6,50 =$	26,65	$6,50 / 2 =$	86,61 h
5	$6,00 \times 4,00 / 2 =$	12,00	$6,00 \times 2 / 3 =$	48,00 v
6	$8,30 \times 6,50 / 2 =$	-26,98	$6,50 / 3 =$	-58,55 h
1'	$5,00 \times 1,80 / 2 =$	4,50	$7,00 + 5,00 \times / 3 =$	39,02 v Sub
2'	$7,00 \times 1,80 / 2 =$	6,30	$7,00 \times 2 / 3 =$	29,42 v Sub
6'	$1,80 \times 6,50 / 2 =$	-5,85	$6,50 \times 2 / 3 =$	-25,33 h Sub
<b>Total</b>	<b>V</b>	<b>39,10</b>		<b>234,42</b>
	<b>H</b>	<b>47,78</b>		<b>132,46 (+)</b>
	<b>H</b>	<b>32,83</b>		<b>83,88 (-)</b>

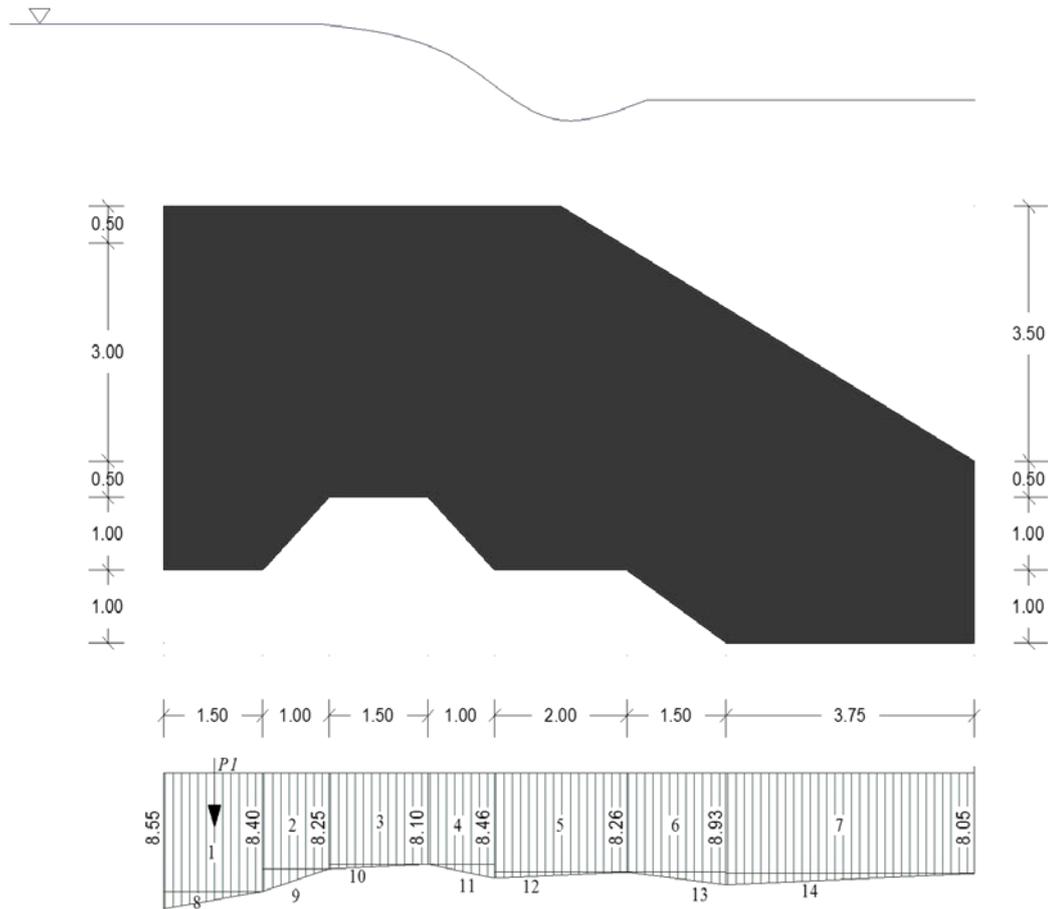
**Sumber:** Hasil Analisis

#### b. Tekanan Lumpur

Tekanan lumpur yang terjadi sama antara kondisi normal dan banjir sehingga gaya yang bekerja akibat tekanan lumpur sama seperti tabel 4.3.

#### c. Gaya Angkat/ Uplift

Gaya angkat/ uplift sangat terpengaruh pada perbedaan tinggi nergi di hulu dan di hilir bendung. Gaya angkat/ kondisi banjir dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 4-7** Gaya Angkat yang Bekerja pada Kondisi Banjir

Untuk mencari momen 1, maka gaya P1 dikali jarak titik berat (panjang lengan momen) ke titik guling. P1 didapat dari luas bidang,

contohnya  $P1 = (8.40 \times 1.50 \times 1.00) = 12.59$  ton, jaraknya  $10.75 + 1.50 = 11.50$ , maka momen di bidang 1 akibat Gaya uplift adalah  $12.59 \times 11.50 = 144.79$  t.m

Gaya dan momen yang bekerja di tubuh bendung pada kondisi banjir dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4-8 Gaya dan Momen Akibat Gaya Angkat Pada Kondisi Banjir**

No	Gaya Luar formula	Panjang Lengan formula	Momen	Catatan		
1	$8,40 \times 1,50 \times 1,00 =$	12,59	$10,75 + 1,50 / 2 =$	11,50	144,79	v
2	$8,25 \times 1,00 \times 1,00 =$	8,25	$9,75 + 1,00 / 2 =$	10,25	84,56	v
3	$8,10 \times 1,50 \times 1,00 =$	12,15	$8,25 + 1,50 / 2 =$	9,00	109,35	v
4	$8,10 \times 1,00 \times 1,00 =$	8,10	$7,25 + 1,00 / 2 =$	7,75	62,78	v
5	$8,26 \times 2,00 \times 1,00 =$	16,51	$5,25 + 2,00 / 2 =$	6,25	103,19	v
6	$8,26 \times 1,50 \times 1,00 =$	12,39	$3,75 + 1,50 / 2 =$	4,50	55,76	v
7	$8,05 \times 3,75 \times 1,00 =$	30,19	$3,75 / 2 =$	1,88	56,76	v
8	$0,15 \times 1,50 \times 1,00 / 2 =$	0,11	$10,75 + 1,50 \times 2 / 3 =$	11,75	1,29	v
9	$0,14 \times 1,00 \times 1,00 / 2 =$	0,14	$9,75 + 1,00 \times 2 / 3 =$	9,75	1,37	v
10	$0,15 \times 1,50 \times 1,00 / 2 =$	0,11	$8,25 + 1,50 \times 2 / 3 =$	9,25	1,02	v
11	$0,36 \times 1,00 \times 1,00 / 2 =$	0,18	$7,25 + 1,00 / 3 =$	7,58	1,36	v
12	$0,20 \times 2,00 \times 1,00 / 2 =$	0,20	$5,25 + 2,00 \times 2 / 3 =$	6,58	1,32	v
13	$0,67 \times 1,50 \times 1,00 / 2 =$	1,01	$3,75 + 1,50 / 3 =$	4,25	4,29	v
14	$0,88 \times 3,75 \times 1,00 / 2 =$	1,65	$3,75 \times 2 / 3 =$	2,50	4,13	v
<b>Total</b>	<b>V</b>	<b>103,58</b>			<b>631,97</b>	

**Sumber:** Hasil Analisis

#### d. Gaya Gempa

Gaya gempa yang bekerja tidak terpengaruh pada kondisi normal maupun banjir karena gaya gempa dipengaruhi oleh factor kondisi tanah, zona kegempaan dan berat tubuh bendung itu sendiri. Sehingga nilai gaya yang bekerja akibat gempa adalah sama seperti yang telah disajikan dalam tabel 4.6

#### 4.1.5. Stabilitas Bendung Pada Kondisi Banjir

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa tubuh bendung harus stabil terhadap guling, geser dan penurunan. Untuk menghitung stabilitas tersebut maka terlebih dahulu gaya-gaya dan momen yang bekerja ditabulasi sehingga memudahkan perhitungan.

Tabulasi gaya dan momen yang terjadi pada kondisi banjir dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4-9** Tabulasi Gaya dan Momen Kondisi Banjir

No	Item	Gaya Horizontal (ton)		Gaya Vertikal (ton)		Momen		Faktor	
		(+)	(-)	(+)	(-)	Momen Tahanan	Momen Guling	Guling	Geser
1	Berat Sendiri Bendung				120,47	770,78			
2	Gaya Gempa	16,86					50,14		
3	Tekanan Lumpur	0,04					0,15		
4	Gaya Hidrostatik	47,78	32,83		39,10	318,30	132,46		
5	Up Lift Pressure			103,58			631,97		
	Dengan Gaya Gempa	64,68	32,83	103,58	159,57	1089,08	814,72	<b>1,34</b>	<b>1,32</b>
	Tanpa Gaya Gempa	47,82	32,83	103,58	159,57	1089,08	764,58	<b>1,42</b>	<b>2,80</b>

Sumber: Hasil Analisis

#### 4.1.5.1. Faktor Keamanan Terhadap Guling Kondisi Banjir

##### a. Faktor Keamanan Terhadap Guling Tanpa Gempa

$$\frac{\sum M_t}{\sum M_g} \geq SF \text{ Guling tanpa Gempa}$$

$$\frac{1089,08 \text{ ton.m}}{764,58 \text{ ton.m}} \geq 1,30$$

$$1,42 > 1,30 \rightarrow \text{OK}$$

..... (SPI KP- 06, Dept. PU)

#### 4.1.5.2. Faktor Keamanan Terhadap Gelincir

##### a. Faktor Keamanan Terhadap Gelincir Tanpa Gempa

$$\frac{f \cdot \sum V}{\sum H} \geq \text{Faktor Keamanan Izin Gelincir Tanpa Gempa}$$

$$\frac{0,75 \cdot (159,57 - 103,59)}{(47,82 - 32,83)} \geq 1,30$$

$$2,80 > 1,30 \rightarrow \text{OK}$$

..... (SPI KP- 06, Dept. PU)

#### 4.1.6. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

Stabilitas diperiksa pada kondisi-kondisi berikut:

Kondisi Ekstrim

- Kasus 1-1 Kondisi banjir dengan Gempa
- Kasus 1-2 Kondisi banjir tanpa Gempa
- Kasus 2-1 Kondisi normal dengan gempa dan uplift
- Kasus 2-2 Kondisi normal dengan gempa dan tanpa uplift

Kondisi Normal

- Kasus 3-1 Kondisi normal dengan uplift
- Kasus 3-2 Kondisi normal tanpa uplift

Jarak eksentrisitas harus memenuhi ketentuan berikut:

$$e = \frac{\sum M}{\sum V - L/2}$$

$$e \leq 1/6 \text{ normal, dan } e \leq 1/3 \text{ gempa}$$

Dimana,  $e$  adalah jarak eksentrisitas (m)

$L$  adalah panjang dasar (m)

Kekuatan tekan di bawah diperoleh dari formula dan harus dengan diuji terhadap daya dukung pondasi.

$$p = \sum V / L (1 + 6e / L)$$

Dimana,  $P$  adalah kekuatan tekan dari lapisan bawah ( $t/m^2$ )

Hasil perhitungan nilai eksentrisitas dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4-10** Perhitungan Eksentrisitas

Tinjauan	Kasus					
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2
$\Sigma M$	-269,31	-312,89	-205,50	-438,87	-256,76	-490,13
$\Sigma V$	-61,45	-61,45	-54,64	-98,02	-54,64	-98,02
l	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50
l/2	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25
$e =  \Sigma M / \Sigma V - l/2 $	0,87	0,16	1,49	0,77	0,55	0,25
l/6	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
l/3	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
$e < l/6$					<b>Ok</b>	<b>Ok</b>
$e < l/3$	<b>Ok</b>	<b>Ok</b>	<b>Ok</b>	<b>Ok</b>		

**Sumber:** Hasil Analisis

Hasil perhitungan kekuatan tekan dari lapisan bawah pondasi dapat dilihat pada tabel berikut

**Tabel 4-11** Perhitungan Kekuatan Tekan Dari Lapisan Bawah Pondasi

Tinjauan	Kasus					
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	2-2
$\Sigma V$	61,45	61,45	54,64	98,02	54,64	98,02
$\Sigma H$	28,80	12,82	28,90	28,90	22,17	22,17
f = 0,7	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
$\Sigma V / \Sigma H$	2,13	4,79	1,89	3,39	2,46	4,42
$(\Sigma V / \Sigma H) \times f$	1,49	3,36	1,32	2,37	1,73	3,09
SF 1,5					<b>OK</b>	<b>OK</b>
1,3	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>		

**Sumber:** Hasil Analisis

Daya dukung pondasi diperoleh dari Persamaan berikut.

$$q_u = a c N_c + r z N_q + b r B N_r \dots\dots\dots (Terzaghi, 1943)$$

Dimana,  $q_u$  adalah daya dukung ultimate in t/m<sup>2</sup>

C adalah kohesi, Tegangan Kohesi dalam t/m<sup>2</sup>

$N_c$ ,  $N_q$  dan  $N_r$  Faktor daya dukung pondasi

$r$  berat jenis tanah dalam  $t/m^2$

$B$  Lebar kaki pondasi menerus  $m$

$a$  and  $b$  faktor dimensi

$z$  adalah kedalaman pondasi di bawah permukaan tanah

Nilai parameter untuk perhitungan daya dukung pondasi dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4-12** Parameter Daya Dukung Pondasi

Item		Ket.
a	1	KP-06
b	0,5	KP-06
c	0,00	Dari hasil Mekanika Tanah
r	1,58	Dari hasil Mekanika Tanah
z	3,50	
B	10,50	
$N_c$	17,7	KP-06
$N_q$	7,4	KP-06
$N_r$	5,0	KP-06
$q_u$	82,40	Dari persamaan di atas
$1/3 q_u$	27,47	Faktor Keamanan = 3.0
$1/2 q_u$	41,20	Faktor Keamanan = 2.0

**Sumber:** Hasil Analisis

Hasil perhitungan daya dukung tanah pondasi dapat dilihat pada tabel berikut:

		Kasus					
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2
$P = \frac{\Sigma V}{A(1 + 6e/l)}$		8,75	6,38	9,63	13,45	6,84	10,67
$1/3 q_u$	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47	27,47
$1/2 q_u$	41,20	41,20	41,20	41,20	41,20	41,20	41,20
$1/3 q_u > P$						OK	OK
$1/2 q_u > P$		OK	OK	OK	OK		

**Sumber:** Hasil Analisis

Dengan demikian, tubuh bendung aman terhadap daya dukung pondasinya. Namun akibat adanya beban pintu yang bergerak maka diperlukan perhitungan khusus untuk stabilitas pilar pintu yang juga merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari tubuh bendung.