



## Analisis Stabilitas Desain Bendung Pada Gerbang Radial Sungai Parit (Studi Kasus Banjir Rob di Kawunganten-Cilacap Jawa Tengah)

Muhammad Taufiq<sup>1\*</sup>, Vyxy Anggreini<sup>2</sup>, Aswad Asrasal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhadi Setiabudi Brebes, Indonesia

<sup>2</sup>Program Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Indonesia

<sup>3</sup>Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Buton, Indonesia

\*Korespondensi: [muhammادتaufiq905@gmail.com](mailto:muhammادتaufiq905@gmail.com)

### Info Artikel

Diterima 20  
September 2022

Disetujui 03  
November 2022

Dipublikasikan 05  
November 2022

Keywords:  
*Banjir ROB; Faktor  
Keamanan; Pasang*

© 2022 The  
Author(s): This is  
an open-access  
article distributed  
under the terms of  
the Creative  
Commons  
Attribution  
ShareAlike (CC BY-  
SA 4.0)



### Abstrak

Penelitian perencanaan Analisa Stabilitas Desain Bendung Pada Gerbang Radial ini untuk menangani banjir rob yang terletak di muara Sungai Parit Kecamatan Kawunganten Kabupaten Cilacap Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini merupakan langkah awal penanganan banjir rob sebagai parameter perencanaan bangunan bendung gerak radial gate, yang bertujuan untuk mengetahui analisis stabilitas bendung pada kondisi elevasi muka air banjir rob yang terletak di Sungai Parit. Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian kuantitatif dengan perhitungan dan teknik pengambilan data survey lapangan dengan penanganan hasil yang mendekati. Hasil analisa bendung pada kondisi elevasi Muka Air Banjir (MAB) + 4.35 m, kondisi elevasi pasang HWL (Hight Water Level) 220 cm keamanan terhadap Guling = 1.73, keamanan Geser = 1.37, angka rembesan Lanes Cw = 8.47, angka rembesan Blighs Cb = 15.57. Stabilitas tubuh bendung pada kondisi elevasi Muka Air Normal (MAN) +2.20, kondisi elevasi pasang MWL (Mean Water Level) 110 cm, keamanan terhadap Guling = 2.32, keamanan Geser = 1.77, angka rembesan Lanes Cw = 6.17, angka rembesan Blighs Cb = 11.84 safety factor tersebut ditinjau bendung kondisi saat gempa. kesimpulan bahwa bendung aman terhadap gaya guling dan geser dengan mengacu pada persyaratan untuk gaya guling Sfg > 1,5 dan syarat untuk gaya geser Sfg > 1,1.

### Abstract

This research planning Stability Analysis of Weir Design at the Radial Gate is to deal with tidal flooding which is located at the mouth of the Parit River, Kawunganten District, Cilacap Regency, Central Java Province. This study is the first step in handling tidal flooding as a planning parameter for radial gate weir, which aims to determine the analysis of weir stability in flood and tidal water level elevation conditions located in the Parit River. This study uses a quantitative research methodology with calculations and field survey data collection techniques with close handling of results. The results of the weir analysis on the condition of the Flood Water Level (MAB) + 4.35 m, the condition of the tide elevation of HWL (Hight Water Level) 220 cm, safety against Bolsters = 1.73, Shear safety = 1.37, Lanes seepage rate Cw = 8.47, Blighs seepage rate Cb = 15.57. Stability of the weir body at Normal Water Level (MAN) +2.20, tidal elevation conditions

MWL (Mean Water Level) 110 cm, safety against overturning = 2.32, shear safety = 1.77, Lanes seepage rate  $C_w = 6.17$ , Blighs seepage rate  $C_b = 11.84$  The safety factor is reviewed in terms of dam conditions during an earthquake. the conclusion that the weir is safe against overturning and shearing forces with reference to the requirements for overturning forces  $S_{fg} > 1.5$  and requirements for shear forces  $S_{fge} > 1.1$ .

## 1. Pendahuluan

Kabupaten Cilacap merupakan salah satu wilayah di Jawa Tengah, yang terletak di wilayah pesisir selatan yang berbatasan dengan Samudera Indonesia. Kondisi topografi Kabupaten Cilacap mengakibatkan sering terjadi banjir akibat adanya pasang air laut. Salah satu daerah yang mengalami banjir di Kabupaten Cilacap adalah Kecamatan Kawunganten (M. Taufiq, Adi, & Wahyudi, 2020). Sebagian besar daerah di Kecamatan Kawunganten didominasi oleh topografi landai atau daratan rendah. Sehingga dampak di Kecamatan Kawunganten tersebut mengalami banjir rob, banjir kiriman, banjir lokal dan kekeringan (Wicaksana, 2017).



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian Bendung Gerak Ujungmanik (Google Earth)

Berdasarkan hal di atas, maka salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah pembangunan suatu bendung gerak sebagai pengendali banjir tumpangan air di musim hujan dan dapat digunakan secara efisien di musim kemarau (Kamiana, 2011). Tersedianya bangunan Bendung Gerak *Radial Gate* Sungai Parit tersebut diharapkan dapat mengurangi bencana banjir di wilayah Kecamatan Kawunganten dan sekitarnya, serta secara tidak langsung akan meningkatkan taraf hidup masyarakat setempat (Mohammed, Y., Khaleel, & S, 2013).

Bendung yang menjadi salah satu komponen penting dalam proyek Perencanaan Desain Bendung Gerak *Radial Gate* Desain harus direncanakan dan dibangun semaksimal mungkin dan mampu bertahan lama (Junaidi R, 2015). Bendung yang dibangun harus memenuhi persyaratan stabilitas yang menjadi salah satu persyaratan penting guna menjamin umur bendung dan kemampuannya untuk menaikkan muka air yang mengalir pada saat banjir, dengan kata lain dengan keadaan bendung yang demikian maka Banjir Rob dapat

diatasi (Apriliansyah, Suprijanto, & Taufiq, 2013). Stabilitas bendung adalah bentuk gambaran yang mendefinisikan bahwa bendung tersebut dalam keadaan sempurna dapat dimanfaatkan sebagai suatu bendung, yang ditinjau dari ketahanan bendung menerima gaya-gaya internal dan eksternal yang dialaminya seperti, gaya guling, pergeseran, keruntuhan dan gaya eksternal yang diakibatkan oleh gempa (Arsyad, 2017).

**Tabel 1.** Statistik kegagalan bendungan tipe urugan dan beton 1986 (Foster et al., 1998, 2000)

Incident Causes	Number Of Incident	Embankment Dam Incident	Concrete Dam Incident	Other	Percent Of All Incident
Overtopping	37	25	9	3	13
Flow erosion	34	31	3	-	12
Slope protection damage	13	13	-	-	5
Embankment leaking, piping	37	37	-	-	13
Foundation leaking, piping	66	54	11	1	23
Sliding	35	33	2	-	12
Deformation	37	32	2	3	13
Deterioration	11	5	6	-	4
Earthquake instability	3	3	-	-	1
Faulty construction	5	3	2	-	2
Gate failures	7	4	3	-	2

Sumber: *Safety of Existing Dams (National Academy Press, 1983)*

Dari data pada Tabel 1, dapat diambil kesimpulan bahwa penyebab terbesar kegagalan bendung adalah peristiwa *piping*, yaitu adanya rembesan air yang melewati baik tubuh bendung maupun pondasi sehingga membawa material-material halus secara menerus dan berakibat pada keroposnya material pengisi yang akhirnya menyebabkan bendungan gagal (Salazar, I, Moran, & Rafael, 2013). Berdasarkan pada urgensi peran bendung dan masalah kegagalan diatas, maka penulis bermaksud untuk melakukan analisa stabilitas bendung gerak dan keamanan rembesan (Muhammad Taufiq & Kurniawan, 2017).

Tersedianya bangunan bendung gerak radial gate Sungai Parit dapat mengurangi bencana banjir rob di wilayah Kecamatan Kawunganten dan sekitarnya (Henny Pratiwi Adi & Wahyudi, 2018). Serta secara tidak langsung akan meningkatkan taraf hidup masyarakat setempat. Perencanaan pengendalian banjir rob dapat dilakukan dengan baik apabila desain bendung gerak radial gate aman terhadap syarat stabilitas muka air banjir rob. Dimana analisis stabilitas bendung radial gate ini penting layak untuk dilakukan penelitian sebagai mitigasi desain konstruksi yang cocok pada lokasi banjir dan pasang surut air laut (H. P. Adi, Wahyudi & Ni'Am, 2020).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian kuantitatif dengan perhitungan terperinci, sistematis, terstruktur. Teknik pengambilan data sacanline sampling menggunakan metodologi penelitian survey atau pengujian untuk justifikasi kondisi lapangan dengan penanganan hasil yang mendekati. Data primer didapat melalui survey observasi lapangan, pengamatan dan pengujian di Laboratorium UNISSULA (Universitas Islam Sultan Agung Semarang) (Putra, Adi, & Wahyudi, 2022). Sementara data sekunder didapat dari pihak instansi BBWS (Balai Besar Wilayah Sungai Serayu) dan wawancara mendalam ke masyarakat nelayan sekitar rencana bendung gerak sungai parit Desa Ujungmanik, Kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap Jawa Tengah (Wahyudi, Adi, Wahyudi, & Suntoyo, 2021). Stabilitas bendung sangat perlu diperhatikan karena bendung merupakan bagian yang sangat penting dari suatu bangunan Bendung Gerak Radial Gate yang berfungsi menahan muka air pasang surut dan mengatasi banjir rob (Luknanto, 2022). Saat bendung tidak stabil dan terjadi kerusakan maka banjir rob tidak bisa diatasi dengan baik. Langkah yang akan dilakukan dalam analisis stabilitas desain pada Bendung Gerbang Radial Sungai Parit adalah:

- a) Analisa elevasi muka air banjir dan elevasi pasang surut air laut.
- b) Analisa stabilitas bendung gerbang radial sungai parit.
- c) Simulasi stabilitas keamanan bendung menggunakan Software Plaxis v.80

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada perencanaan Bendung Gerak dibahas mengenai hasil analisa dan perhitungan desain Bendung (Kementrian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan, 2006). Tahapan yang ditinjau dari analisa perhitungan desain perencanaan Bendung Gerak meliputi :

- Perhitungan Tinggi air (elevasi Banjir tertinggi dan pasang tertinggi),
- Analisa Stabilitas Bendung (terhadap beban geser dan beban guling pada kondisi Muka Air Normal (MAN), Muka Air Banjir (MAB), Kombinasi Gempa dan Rembesan).
- Simulasi menggunakan Software Plaxis v.80 Analisa Stabilitas Bendung.

Hasil analisa perhitungan stabilitas tubuh bendung pada kondisi Muka Air Banjir (MAB) kemananan terhadap Guling = 1.73, keamanan Geser = 1.37, angka rembesan Lane's  $C_w$  = 8.47, angka rembesan Bligh's  $C_b$  = 15.57 dan stabilitas tubuh bendung pada kondisi Muka Air Normal (MAN) keamanan terhadap Guling = 2.32, keamanan Geser = 1.77, angka rembesan Lane's  $C_w$  = 6.17, angka rembesan Bligh's  $C_b$  = 11.84 *safety factor* tersebut ditinjau bendung kondisi saat gempa.

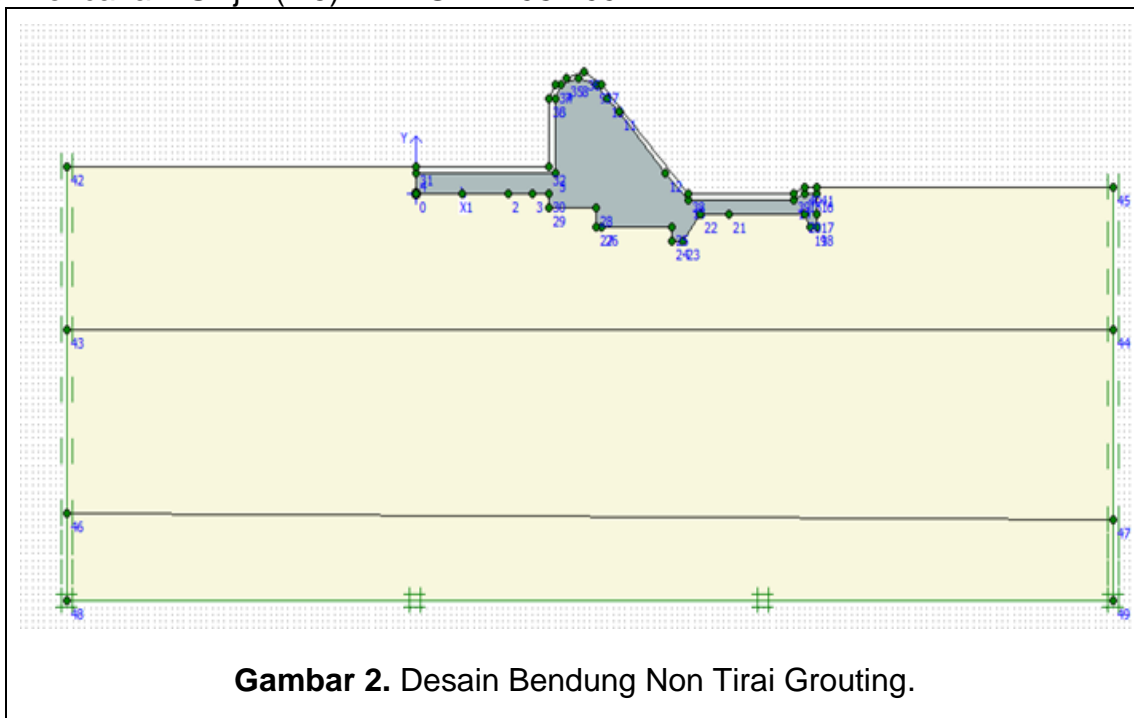
**Tabel 2.** Rekapitulasi Hitungan Stabilitas Bendung

		Angka Keamanan		Tekanan Tanah (T/m <sup>2</sup> )	
		Guling	Geser	Smax	Smin
Debit Normal					
a	Tanapa gempa	3,15	3,33	12,96	7,69
b	Gempa	2,50	1,76	22,71	4,34
Debit Banjir Rencana					
a	Tanapa gempa	1,94	2,04	14,59	2,76
b	Gempa	1,67	1,14	4,69	-0,59

Sumber : *Perhitungan Bendung, 2020*

### Simulasi menggunakan Software Plaxis v.80 Analisa Stabilitas Bendung

Analisa Stabilitas Bendung menggunakan Plaxis v8.5. Safety Factor Stabilitas Bendung pondasi tanpa tirai grouting pada Muka Air Banjir (MAB) = 1,5731. Syarat SF rencana > Sf ijin (1.5). RSN-M-03-2002.

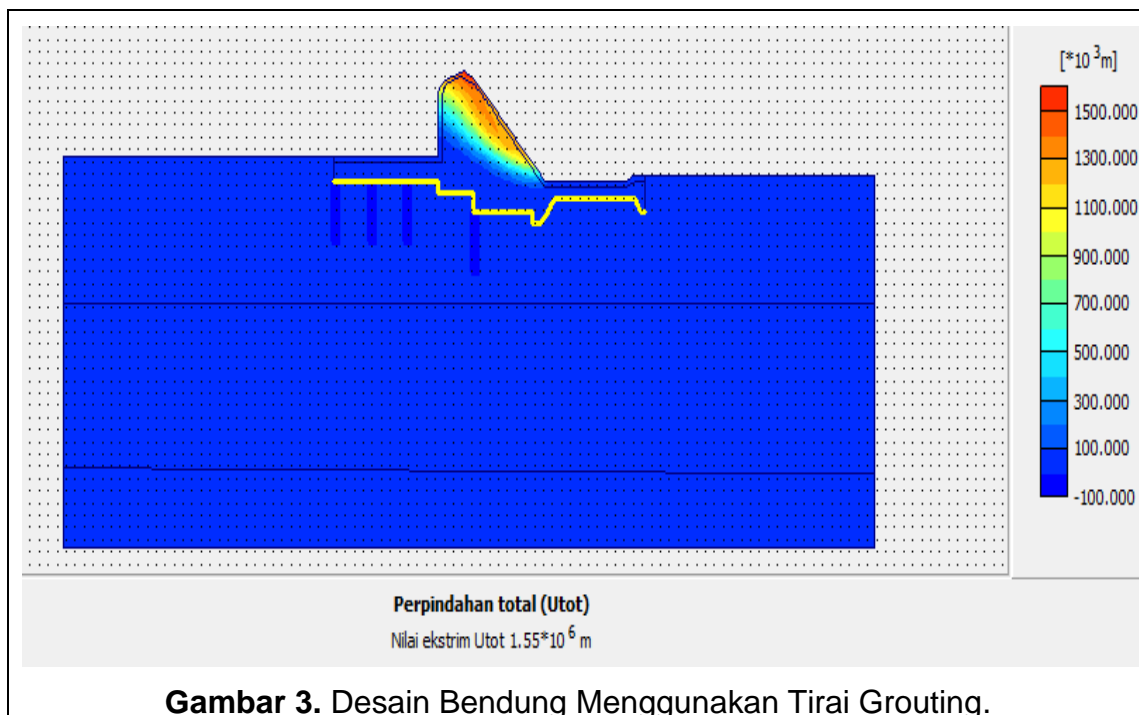


**Gambar 2.** Desain Bendung Non Tirai Grouting.

Sumber: *Perhitungan Desain Bendung 2022*

Analisa Stabilitas Bendung menggunakan Plaxis v8.5. Safety Factor Stabilitas Bendung, setelah diperkuat pondasi menggunakan *Stell Sheet Pile (SSP)* MAB+Tirai SF = 1,5955. Syarat SF rencana > Sf ijin (1.5). RSN-M-03-2002





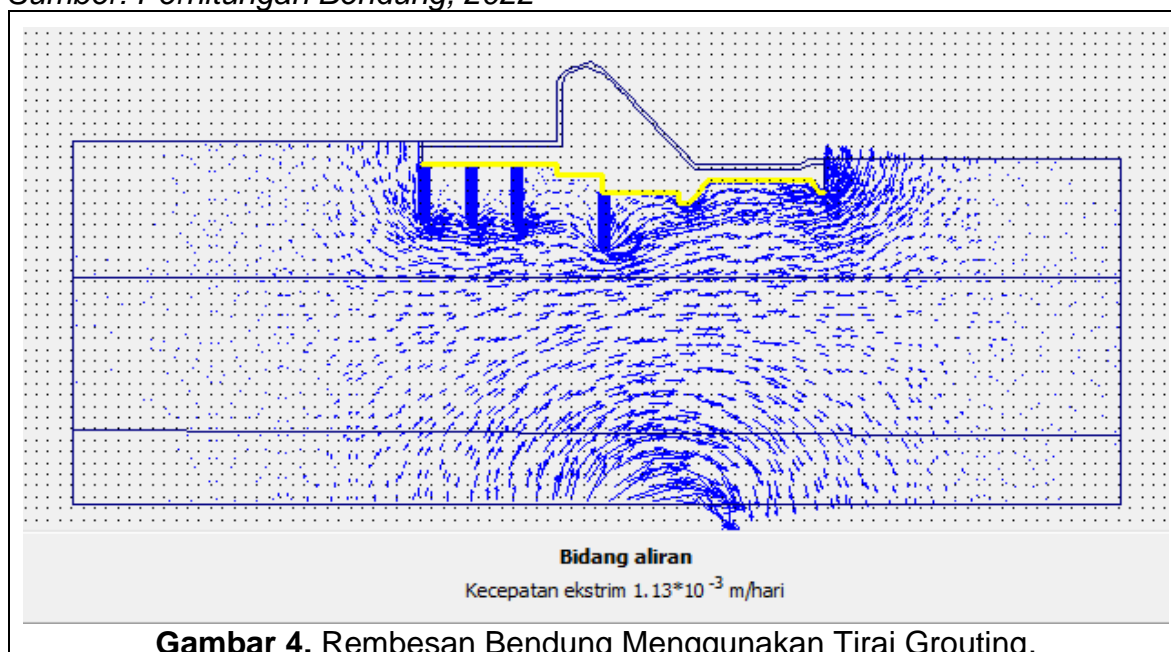
**Gambar 3.** Desain Bendung Menggunakan Tirai Grouting.

Sumber: Perhitungan Desain Bendung 2022.

**Tabel 3.** Stabilitas Bendung Menggunakan Plaxis V.8

No.	Kondisi Muka Air Banjir (MAB)	Angka Keamanan (SF)	Syarat (SF) RSN-M-03-2002	Keterangan
1	Non Tirai Grouting	1,57	1,5	Aman
2	Dengan Tirai Grouting	1,59	1,5	Aman

Sumber: Perhitungan Bendung, 2022



**Gambar 4.** Rembesan Bendung Menggunakan Tirai Grouting.

Sumber: Perhitungan Desain Bendung 2022.

Analisa Rembesan Bendung menggunakan Plaxis v8.5. pada kondisi Muka Air Banjir (MAB) =  $3.70 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/hari (0.0037). (Muhammad Taufiq & Kurniawan, 2017) Setelah diperkuat menggunakan *Stell Sheet Pile* (SSP) MAB+Tirai Rembesan =  $2.33 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/hari/m (0.00233). Syarat Rembesan Tubuh Bendung Height (m) = <10 = 0,02 m<sup>3</sup>/day/m Look,2005.

**Tabel 4.** Rembesan Bendung Menggunakan Plaxis V.8

No.	Kondisi Muka Air Banjir (MAB)	Angka Keamanan (SF)	Syarat (SF) Rembesan Look,2005	Keterangan
1	Non Tirai Grouting	0,0037	0,02	Aman
2	Dengan Tirai Grouting	0,0023	0,02	Aman

Sumber: Perhitungan Bendung, 2022.

## 4. Pembahasan

### 4.1 Analisa Elevasi Banjir Dan Pasang

Dengan uji coba menggunakan software Hec-Ras untuk menghitung simulasi banjir rencana pasang surut dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu  $Q_{100} = 102.817$  m<sup>3</sup>/s. Simulasi banjir pasang surut menggunakan program Hec-Ras didapat elevasi Muka Air Banjir (MAB) +4.35 m, elevasi Muka Air Normal (MAN) +2.20, elevasi Muka Air Rendah (MAR) +0.20 (M. Taufiq et al., 2020).

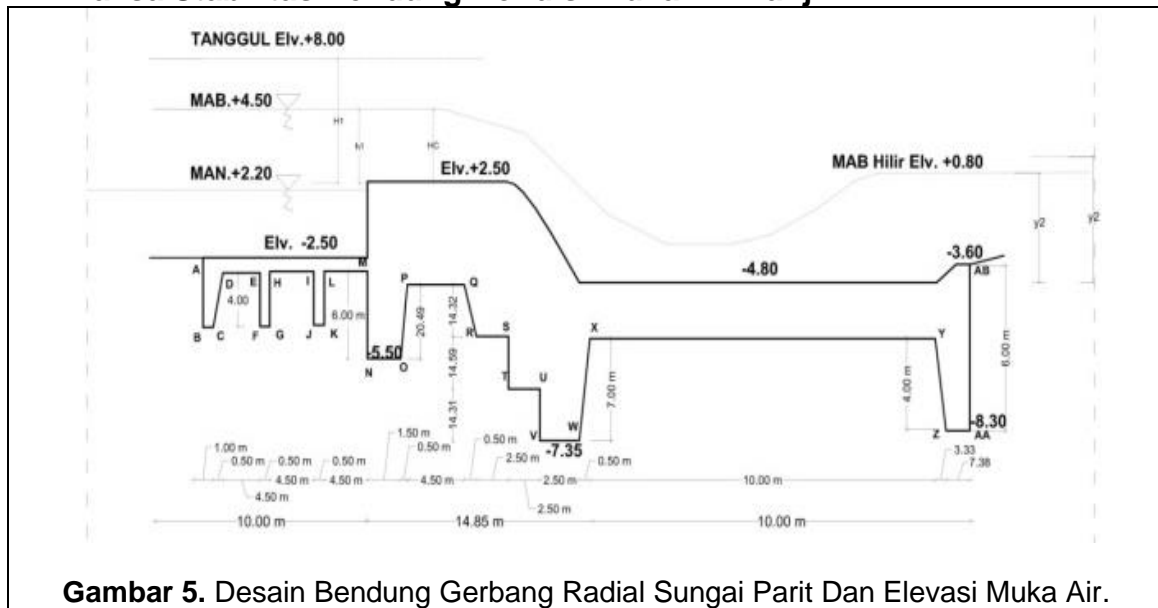
Perhitungan fenomena pasang surut sungai parit menggunakan data pasang milik PT (Pelindo III) Pelabuhan Tanjung Intan Indonesia III Cilacap Jawa Tengah. (Wahyudi et al., 2021) Tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mix Tide Prevailing Semidiurnal*), dengan tinggi rata-rata muka air laut berkisar 110 cm, pasang terendah 20 cm dan pasang tertinggi 220 cm (G, A, & I, 2015).

**Tabel 5.** Elevasi Muka Air Banjir Dan Pasang Surut Air Laut

No.	Nama Bagian	Elevasi Banjir Rencana (m)	Elevasi Pasang Surut Laut (m)
1.	Muka Air Banjir (MAB)	+4,35	+2,20
2.	Muka Air Normal (MAN)	+2,20	+1,10
3.	Muka Air Rendah (MAR)	+0,20	+0,20

Sumber: Analisa Perhitungan 2021.

### 4.2 Analisa Stabilitas Bendung Kondisi Muka Air Banjir



**Gambar 5.** Desain Bendung Gerbang Radial Sungai Parit Dan Elevasi Muka Air.

Sumber: Perhitungan Desain Bendung 2021.

### 4.3 Perhitungan Gaya-Gaya pada Kondisi Banjir Rencana

Pada saat gaya-gaya yang bekerja adalah berat sendiri bendung, gaya gempa, tekanan tanah aktif dan pasif, gaya angkat, gaya akibat tek lumpur dan air (Loebis, 1984).

- Berat Sendiri Bendung

$\gamma_{beton} : 2.4 \text{ ton/m}^2$

Untuk perhitungan dan posisi notasi dapat dilihat pada Tabel 6 Dan Gambar 6

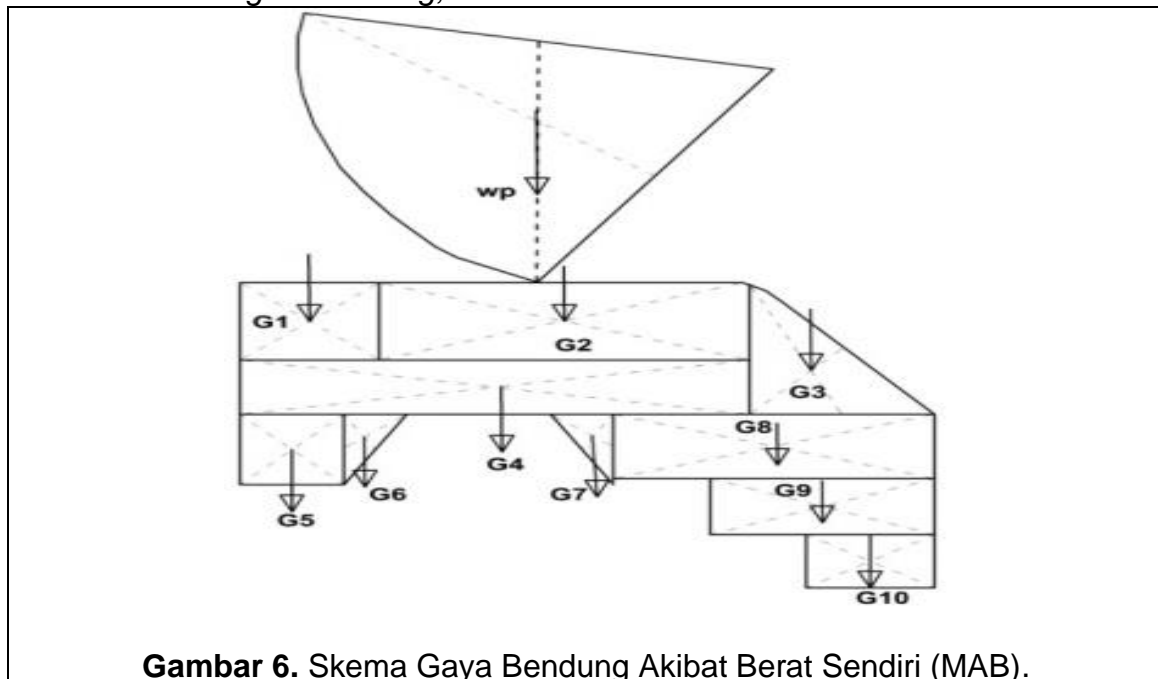
**Tabel 6.** Perhitungan Berat Sendiri Bendung

Kode Beban	Luas (m <sup>2</sup> )	Bj Krikil (ton/m <sup>3</sup> )	Gaya (ton/m)	Titik O	
				Lengan (m)	Momen (ton/m)
G1	12,5	2,4	-30,0	11,9	-356,00
G2	10	2,4	-24,0	9,2	-220,80
G3	12,5	2,4	-30,0	6,5	-196,00
G4	6	2,4	-14,4	14,8	-212,40
G5	2	2,4	-4,8	13,3	-63,60
	0,5	2,4	-1,2	13,4	-16,10
G6	3,5	2,4	-8,4	11,9	-99,75
G7	0	2,4	0,0	11,0	0,00
	0	2,4	0,0	11,0	0,00



G8	0	2,4	0,0	11,0	0,00
G9	8	2,4	-19,2	10,0	-192,00
	-2	2,4	4,8	10,3	49,60
G10	8	2,4	-19,2	8,0	-153,60
G11	14,6	2,4	-34,9	5,5	-192,06
	-1,3	2,4	3,1	8,0	24,48
G12	19,4	2,4	-46,6	2,0	-93,12
G13	2,65	2,4	6,3	0,8	4,87
	0	2,4	0,0	0,0	0,00
Wp			2,94	5,71	16,7874
Jumlah ( $\Sigma$ )			-215,5		-1699,70

Sumber: *Perhitungan Bendung, 2020.*



**Gambar 6.** Skema Gaya Bendung Akibat Berat Sendiri (MAB).

Sumber: *Perhitungan Desain Bendung 2021.*

➤ Gaya Gempa

Rumus yang digunakan adalah  $\alpha_d : n(\alpha_c x z)^m$

$$E : \frac{\alpha_d}{g}$$

(Standar Perencanaan Irigasi KP-06)

Dimana :

$\alpha_d$  : percepatan gempa rencana ( $\text{cm}/\text{dt}^2$ )

$n, m$  : koefisien untuk masing-masing jenis tanah

$\alpha_c$  : percepatan kejut dasar :  $160 (\text{cm}/\text{dt}^2)$  untuk periode ulang  $100^{\text{th}}$

$z$  : factor yang tergantung dari letak geografis (dapat dilihat pada "Peta Zona Seismik untuk Perencanaan Bangunan air tahan gempa).

$E$  : koefisien gempa

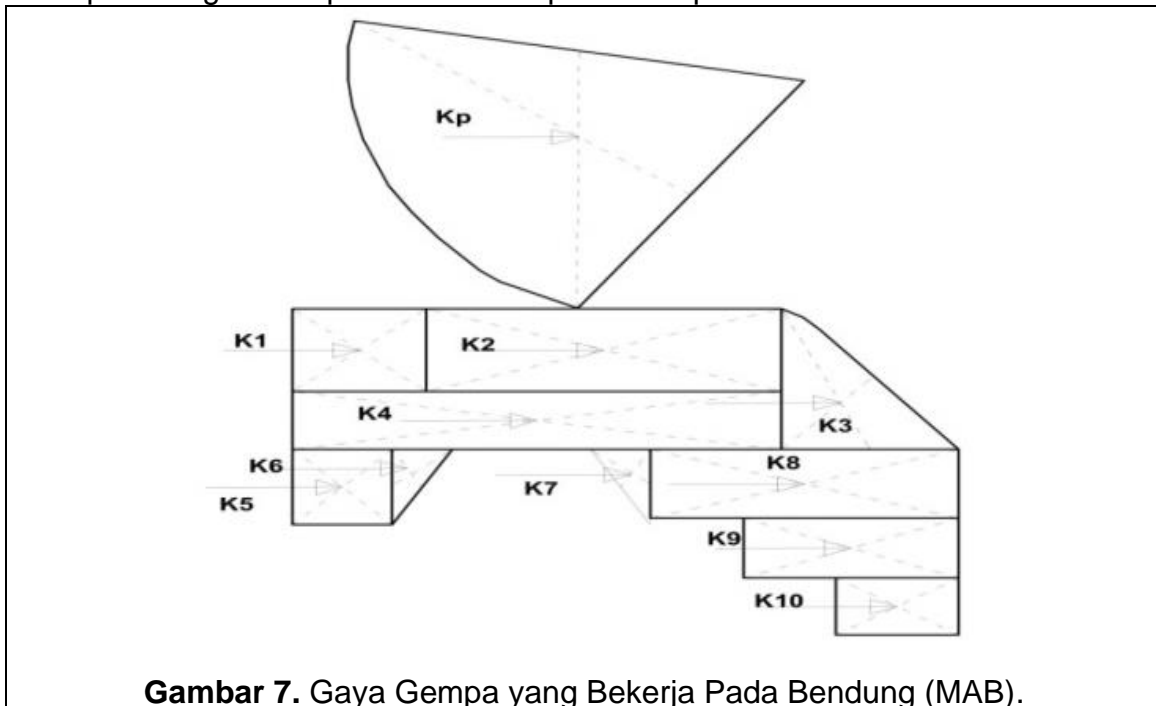
$G$  : percepatan gravitasi : 9,81 m/dt

Besarnya :  $a_d = n(a_c \times z)^m$

$$a_d = 1,56(160 \times 100)^{0,89} = 142,82 \text{ cm/dt}^2$$

$$E = \frac{a_d}{g} = \frac{142,82}{981} = 0,146 \sim 0,15$$

Untuk perhitungan dan posisi notasi dapat dilihat pada Tabel 7 Dan Gambar 7.



**Gambar 7.** Gaya Gempa yang Bekerja Pada Bendung (MAB).

Sumber: Perhitungan Desain Bendung 2021.

**Tabel 7.** Perhitungan Beban Gempa

Kode Beban	Gaya (ton)	Koefisien Gempa	Gaya Gempa (ton/m)	Titik O	
				Lengan m	Momen ton/m <sup>2</sup>
K1	-30,0	0,15	4,5	6,52	29,33
K2	-24,0	0,15	3,6	5,05	18,18
K3	-30,0	0,15	4,5	4,55	20,48
K4	-14,4	0,15	2,16	2,05	4,43
K5	-4,8	0,15	0,72	2,55	1,84
	-1,2	0,15	0,18	1,22	0,22

K6	-8,4	0,15	1,26	2,55	3,21
K7	0,0	0,15	0	2,55	0,00
	0,0	0,15	0	1,55	0,00
K8	0,0	0,15	0	2,55	0,00
K9	-19,2	0,15	2,88	1,55	4,46
	4,8	0,15	-0,72	0,22	-0,16
K10	-19,2	0,15	2,88	1,55	4,46
K11	-34,9	0,15	5,238	1,78	9,30
	3,1	0,15	-0,459	-0,15	0,07
K12	-46,6	0,15	6,984	1,78	12,40
K13	6,3	0,15	0,9522	3,22	3,06
	0,0	0,15	0	3,05	0,00
Kp	2,9	0,15	-0,441	3,05	-1,35
Jumlah ( $\Sigma$ )			34,2342		109,93

Sumber: *Perhitungan Bendung, 2020*.

➤ Gaya Akibat Tekanan Tanah

Berdasarkan data dari penyelidikan tanah di hasilkan parameter tanah berupa:

- $\gamma$  tanah : 1.65 ton/m<sup>2</sup>
- $\phi$  : 26.5<sup>0</sup>
- $\gamma_{air}$  : 1.0 ton/m<sup>3</sup>

Gaya akibat Tekanan Tanah ada dua macam :

- Tekanan Tanah Aktif

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot K_a \cdot H^2$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{26,5}{1,65} \right) = 0,38$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times 1,65 \times 0,38 \times 9,85^2 = 39,65 \text{ ton/m}^2$$

- Tekanan Tanah Pasif

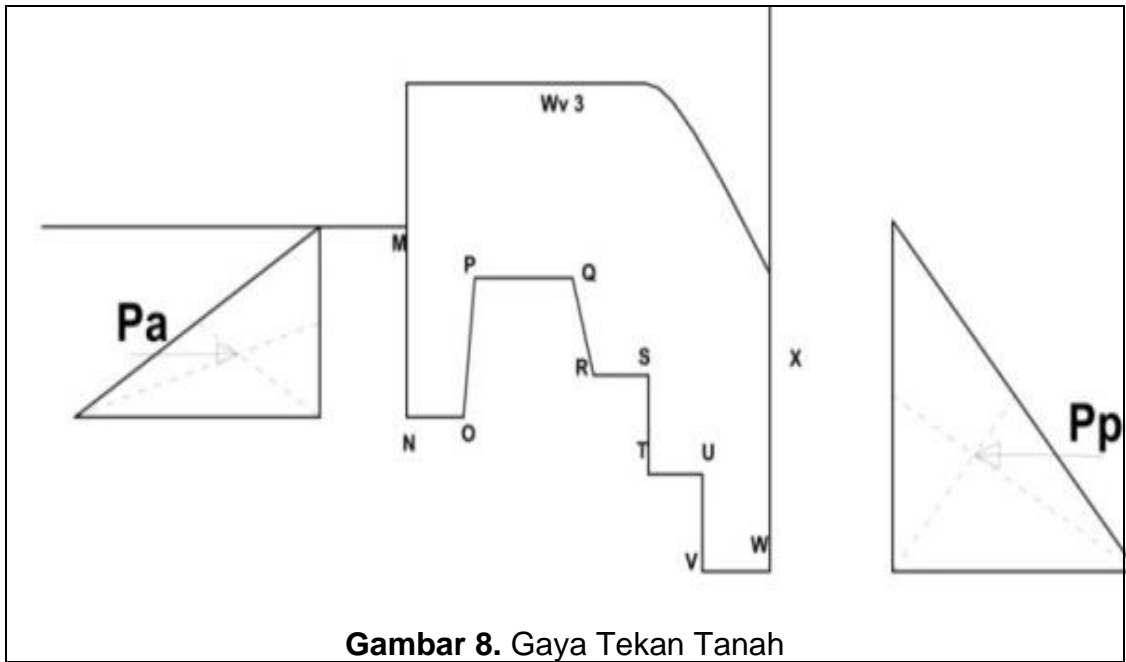
$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot K_p \cdot H^2$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{26,5}{2} \right) = 2,61$$

$$P_p = \frac{1}{2} \times 1,65 \times 2,61 \times 2,61^2 = 2,89 \text{ ton/m}^2$$

Untuk perhitungan dan posisi notasi dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 8.



**Gambar 8.** Gaya Tekan Tanah

Sumber: Perhitungan Desain Bendung 2021

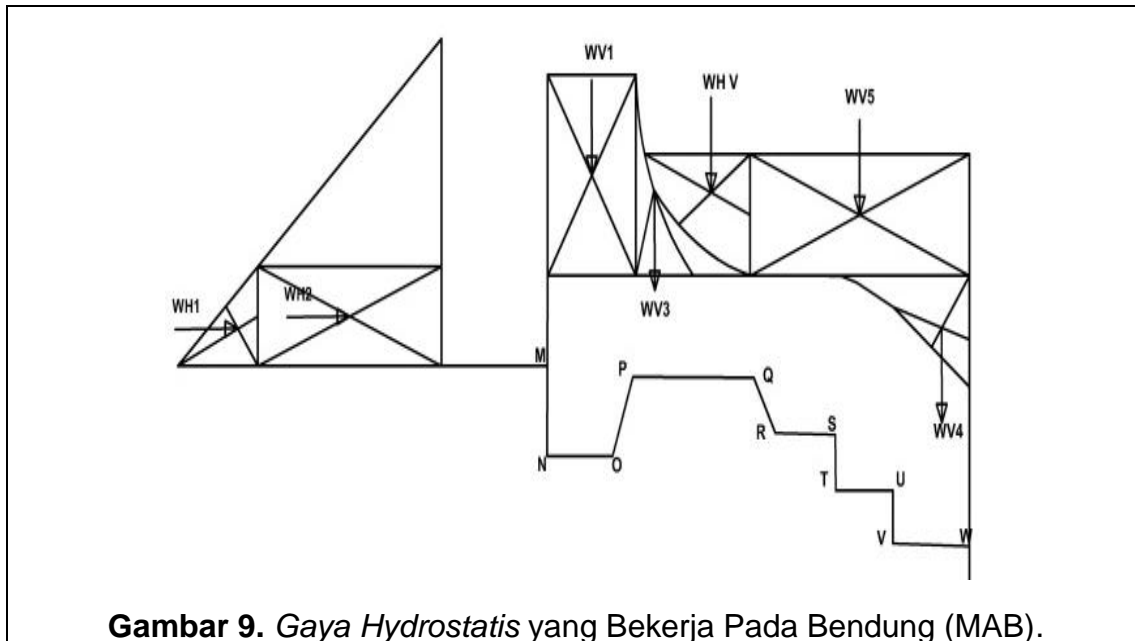
**Tabel 8.** Perhitungan Gaya Tekan Tanah

Kode Beban	Gaya (ton)	Titik O	
		Lengan m	Momen ton/m <sup>2</sup>
Pa	12,07	3,28	39,65
Pp	4,69	0,62	2,89

Sumber: Perhitungan Bendung, 2020

➤ *Gaya Hidrostatik*

*Gaya Hidrostatik* merupakan fungsi kedalaman dibawah permukaan air untuk perhitungan dan posisi notasi gaya (Bambang Triatmodjo, 2008). dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 9.



**Gambar 9.** Gaya Hydrostatis yang Bekerja Pada Bendung (MAB).

Sumber: Perhitungan Desain Bendung 2021.

**Tabel 9.** Perhitungan Gaya Hydrostatis Yang Bekerja Pada Bendung

No. Gaya	Luas x Tekanan	Berat Jenis Ton/m <sup>3</sup>	Gaya Titik O		
			Gaya (ton)	Lengan m	Momen ton/m
WH1	24,25	1,00	24,25	7,35	178,24
WH2	23,68	1,00	23,68	1,93	45,58
WH3	5,47	1,00	5,47	2,57	14,05
WH4	-31,91	1,00	-31,91	1,40	-44,68
Jumlah ( $\Sigma$ )			21,49		193,19
WV1	-13,04	1,00	-13,04	12,08	-157,49
WV2	-15,25	2,00	-30,50	11,80	-359,90
WV3	-2,35	3,00	-7,05	8,63	-60,87
WV4	-15,90	4,00	-63,62	1,88	-119,60
WV1	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah ( $\Sigma$ )			-92,73		-504,67

Sumber: Perhitungan Bendung, 2020



Rekap gaya yang bekerja pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 7

**Tabel 10.** Rekapitulasi Gaya yang Bekerja Pada Kondisi Banjir

No.	Jenis Gaya	Gaya		Momen	
		Horizontal (ton)	Vertikal (ton)	Guling (ton/m)	Tahanan (ton/m)
1	Berat Sendiri		215,50		1699,70
2	Gempa	34,23		109,93	
3	Tekanan Tanah Aktif	12,07		39,65	
4	Tekanan Tanah Pasif	4,69		2,89	2,89
5	Uplift		87,29	676,01	
6	Hydrostatis	21,49	-92,73	193,19	504,67
	Jumlah ( $\Sigma$ )	72,48	210,06	1021,67	2207,26

Sumber: *Perhitungan Bendung, 2020.*

Maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$R_H : 72.48 \text{ ton}$$

$$R_v : 210.06 \text{ ton}$$

$$\Sigma M_v : 1021.67 \text{ ton/m}$$

$$\Sigma M_h : 2207.26 \text{ ton/m}$$

Kontrol terhadap stabilitas :

**a. Terhadap guling**

$$Sf : \frac{\Sigma M_h}{\Sigma M_v} > 1.5$$

$$Sf : \frac{2207.26}{1021.67} = 2.16 > 1.5 \text{ aman}$$

Dengan

Sf : Faktor keamanan

$\Sigma M_v$  : Jumlah momen vertical (ton/m)

$\Sigma M_h$  : Jumlah momen horizontal (ton/m)

**b. Terdapat geser**

$$Sf : \frac{\Sigma R_v}{\Sigma R_h} > 1.25$$

$$Sf : \frac{210.06}{72.48} = 2.89 > 1.5 \text{ aman}$$

Dengan :

$S_f$  : Faktor keamanan

$\Sigma M_v$  : Jumlah momen vertical (ton/m)

$\Sigma M_h$  : Jumlah momen horizontal (ton/m)

$f$  : koefisien gesek 0.75 (sumber : "standar perencanaan irigasi KP-04)

### c. Daya dukung tanah

Berdasarkan daya dukung tanah dipengaruhi oleh dalamnya pondasi, lebarnya pondasi, berat isi tanah, sudut geser dalam dan kohesi dari tanah (Consultans PT. Indah Karya, 1986). Daya dukung tanah (*ultimate bearing capacity*) dihitung dengan rumus pondasi menerus *terzaghi* sebagai berikut :

$$q_{ult} = \alpha \times C \times N_c + \gamma_{sub} \times z \times N_q + \beta \times \gamma_{sub} \times B \times N_\gamma$$

$q_{ul}$  = daya dukung ultimate (t/m<sup>2</sup>)

$C$  = kohesi (ton/ m<sup>2</sup>)

$\gamma_{sub}$  = berat isi tanah jenuh air ( t/m<sup>3</sup>)

$\gamma$  = berat per satuan volume tanah ( t/m<sup>3</sup>)

$\beta$  = factor yang tak berdimensi dari bentuk tapak pondasi

$z$  = kedalaman pondasi = 5 m

$B$  = lebar pondasi = 10.6 m

Dari hasil penyelidikan tanah pada lokasi bendung, tanah dasar untuk lokasi pondasi adalah sebagai berikut :

$$\phi = 17^\circ$$

$$C = 0,15 \text{ (ton/ m}^2\text{)}$$

$$\gamma_{tabah} = 2,670 \text{ (ton/ m}^3\text{)}$$

$$\gamma_w = 1 \text{ (ton/ m}^3\text{)}$$

Diperoleh harga-harga dari tabel factor daya dukung *terzaghi* sebagai berikut :

$$N_c = 14,82$$

$$N_q = 5,6$$

$$N_\gamma = 3,5$$

$\alpha, \beta$  = bentuk tapak pondasi adalah jalur atau strip,  $\alpha = 1$  dan  $\beta = 0.5$

Maka :

$$q_{ult} = C \times N_c + \gamma_{sub} \times z \times N_q + \beta \times \gamma_{sub} \times B \times N_\gamma$$

$$= 0,15 \times 14,82 + 2,67 \times 5 \times 5,6 + 0,5 \times 1,13 \times 10,6 \times 3,5$$

$$= 97,95 \text{ /m}^2$$

SF = Safety factor = 1.5-3.0

Faktor keamanan (*Safety factor*) diambil 3, maka besarnya daya dukung ijin tanah adalah :

$$\sigma_{ijin} = q_{ult}/SF = 97,95 / 3 = 32,64 \text{ ton/m}^2$$

Untuk menghitung nilai stabilitas terhadap daya dukung tanah, maka perlu ditinjau eksentrisitas terlebih dahulu. Rumus yang digunakan menghitung adalah sebagai berikut :

$$e = \left[ \frac{B}{2} - \frac{\sum Mv - \sum Mh}{\sum Rv} \right] \leq \frac{B}{6}$$

$$e = \left[ \frac{10,6}{2} - \frac{990,66 - 565,78}{89,22} \right] \leq \frac{10,6}{6}$$

$$e = 1,70 \leq 1,77 \text{ (Aman)}$$

Keamanan terhadap tekanan tanah

$$\sigma = \frac{Rv}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right)$$

$$\sigma_1 = \frac{89,22}{10,6} \left( 1 \pm \frac{6 \times (0,54)}{10,6} \right) = 14,59 \text{ ton/m}^2 < 32,64 (\sigma_{ijin}) \text{ Aman}$$

$$\sigma_2 = \frac{89,22}{10,6} \left( 1 \pm \frac{6 \times (0,54)}{10,6} \right) = 2,76 \text{ ton/m}^2 < 32,64 (\sigma_{ijin}) \text{ Aman}$$

## 5. Kesimpulan

Model konsep bangunan bendung gerak yang direncanakan memungkinkan untuk menahan banjir dan rob di sungai parit sehingga Desa Ujungmanik dan Desa Grugu sepanjang Sungai Parit aman terhadap banjir dan rob.

Hasil analisa pasang surut air laut di pesisir Kabupaten Cilacap termasuk ke dalam tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mix Tide Prevalling Semidiurnal*), dengan nilai MWL (*Mean Water Level*) = 110 cm, LWL (*Low Water Level*) = 20 cm, HWL (*High Water Level*) = 220 cm.

Dengan uji coba menggunakan software Hec-Ras untuk menghitung simulasi banjir rencana pasang surut dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu  $Q_{100} = 100.444 \text{ m}^3/\text{s}$ . Simulasi banjir pasang surut menggunakan program Hec-Ras didapat elevasi Muka Air Banjir (MAB) +4.35 m dan elevasi Muka Air Normal (MAN) +2.20.

Konstruksi bangunan kolam olak menggunakan tipe ambang dan konstruksi pintu bendung menggunakan tipe pintu gerak radial 3 buah dengan lebar 5,5 m dan tinggi 6 meter.

Hasil analisa perhitungan stabilitas tubuh bendung pada kondisi Muka Air Banjir (MAB) keamanan terhadap Guling = 1.73, keamanan Geser = 1.37, angka rembesan Lane's  $C_w = 8.47$ , angka rembesan Bligh's  $C_b = 15.57$  dan stabilitas tubuh bendung pada kondisi Muka Air Normal (MAN) keamanan terhadap Guling = 2.32, keamanan Geser = 1.77, angka rembesan Lane's  $C_w = 6.17$ , angka rembesan Bligh's  $C_b = 11.84$  *safety factor* tersebut ditinjau bendung kondisi saat gempa.

Analisa Stabilitas Bendung menggunakan Plaxis v8.5. *Safety Factor* Stabilitas Bendung pada Muka Air Banjir (MAB) = 1,5731. setelah diperkuat pondasi

menggunakan *Stell Sheet Pile* (SSP) MAB+Tirai SF = 1,5955. Syarat SF rencana > Sf ijin (1.5). RSN-M-03-2002

Analisa Rembesan Bendung menggunakan Plaxis v8.5. pada kondisi Muka Air Banjir (MAB) =  $3.70 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/hari (0.0037). Setelah diperkuat menggunakan *Stell Sheet Pile* (SSP)MAB+Tirai Rembesan =  $2.33 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/hari/m (0.00233). Syarat Rembesan Tubuh Bendung Height (m) = <10 = 0,02 m<sup>3</sup>/day/m Look,2005.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih penyususun sampaikan kepada pembimbing Prof. Dr. Ir. S. Imam Wahyudi, DEA, Dr. Henni Pratiwi Adi, ST, MT. Selaku fasilitator dalam membimbing terselesaikanya penyusunan penelitian ini. Penulis utama juga menyampaikan terimakasih kepada pendonor dana Kementrian Riset dan Teknologi (Ristekdikti) yang telah memberikan dana penelitian (LPPM) serta memberikan dukungan moral dan materi. Makalah ini adalah bagian dari penelitian utama yang berjudul *Analisa Stabilitas Desain Bendung Pada Gerbang Radial Sungai Parit* sebagai penelitian yang berkelanjutan untuk desertasi.

## Daftar Pustaka

- Adi, H. P., & Wahyudi, S. I. (2018). *Tidal Flood Handling through Community Participation in Drainage Management System ( A case study of the first water board in Indonesia )*. 10, 19–23.
- Adi, H. P., Wahyudi, S. I., & Ni'am, M. F. (2020). Decision Support System for Selecting Type of Moveable Dam Gate to Handle Tidal Flood Issued (A Case Study in the Parid River, Cilacap, Indonesia). *Journal of Physics: Conference Series*, 1625(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1625/1/012043>
- Apriliansyah, Suprijanto, & Taufiq. (2013). *Permodelan Awal Perencanaan Bendung Gerak Karangtalun Dengan Hec-Ras. Laporan Tugas Irigasi Fakultas Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, Surabaya*.
- Arsyad, M. (2017). *Modul perhitungan hidrologi pelatihan perencanaan bendungan tingkat dasar*.
- Bambang Triatmodjo. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Betta Offset.
- Consultans PT. Indah Karya. (1986). *Design Report Of Automatic Neyrtec Gates In The Sidorejo Irrigation System*.
- G, H., A, S., & I, P. (2015). Konversi Tinggi Pasang Surut Di Perairan Cilacap Terhadap Energi Yang Dihasilkan. *Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2), 112–120.
- Junaidi R. (2015). *Parameter Hidrologi dan Hidrogeologis Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sebagai Landasan Ddalam Perencanaan Ruang*.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kementrian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan. (2006). *Pintu Air Otomatis Tahan Korosi Bahan Fiber Resin*. Jakarta: Pusat Penelitian Dan Pengembangan Sumber Daya Air.
- Loebis, J. (1984). *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*. Jakarta: Departemen

- Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Luknanto, D. (2022). *Model Matematik Numeris Bendung Karet Pencegah Intrusi Air Laut DI Sungai Wonokromo Surabaya*. Yogyakarta.
- Mohammed, Y., A., Khaleel, & S, M. (2013). Gate Lip Hydraulics Under Sluice Gate. *Jurnal Modern Instrumentation*, 2(1), 16–19.
- Putra, D. A., Adi, H. P., & Wahyudi, S. I. (2022). Desain Dan Analisis Mekanisme Bendung Gerak Dengan Radial Gate Untuk Penanganan Banjir Rob. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 27(1), 15. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v27i1.3668>
- Salazar, I, F., Moran, & Rafael. (2013). *Analysis of the Discharge Capacity of Radial Gated Spillway Using CFD and ANN*.
- Taufiq, M., Adi, H. P., & Wahyudi, S. I. (2020). Hydrological analysis of moveable weir planning for tidal flood handling in Cilacap, Central Java. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 930(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/930/1/012078>
- Taufiq, M., & Kurniawan, W. (2017). *Analysis Slope Stability And Seepage Logung Dam – Kudus Central Java*. (Xxx), 1–8.
- Wahyudi, N., Adi, H., Wahyudi, S., & Suntoyo, . (2021). *Tidal Analysis for Planning the Tidal Flood Management and the Moveable Weir, Case Study in Parit River, Kawunganten Cilacap*. (Isoceen 2019), 281–286. <https://doi.org/10.5220/0010287702810286>
- Wicaksana, D. (2017). Banjir Rob Terjang Cilacap Hingga Membuat Tanggul Jebol. In *Tribun Jateng*.