



Journal of Applied Engineering Sciences

Volume 5, Issue 3, September 2022

P-ISSN 2615-4617

E-ISSN 2615-7152

Open Access at : <https://ft.ekasakti.org/index.php/JAES/index/>

TINJAUAN ULANG ABUTMENT JEMBATAN AIA SARIAK SUNGAI KAPUR SOLOK SELATAN

BRIDGE ABUTMENT REVIEW OF AIA SARIAK SUNGAI KAPUR SOLOK SELATAN

Berliandho Al Fayed¹⁾, **Helny Lalan**²⁾, **Julita Andraini**³⁾

Program Studi Teknik Sipil, fakultas Teknik Dan Perencanaan, Universitas Ekasakti, Padang, Sumatera Barat¹²³

E-mail: : alfayed890berliandho@gmail.com

INFO ARTIKEL

koresponden

Berliandho Al Fayed

alfayed890berliandho@gmail.com

Kata kunci

abutment, jembatan, gaya gesek, tumpuan bergerak

Open Access at:

<https://ojs-ft.ekasakti.org/index.php/JAES/>

Hal: 075 - 097

ABSTRAK

Untuk memperoleh hasil Tinjauan Stabilitas Abutment Jembatan Aia Sariak Sungai Kapur Kabupaten Solok Selatan dapat ditentukan dari gaya-gaya yang bekerja pada bangunan abutment seperti gaya akibat rem dan traksi 1.5 t , gaya gesek terhadap tumpuan bergerak 11.203 t, gaya tekanan akibat beban mati 44.811 t, gaya tekanan anah aktif 13.714 t. Konstruksi pada abutment 1 stabil jika stabilitas terhadap guling saat normal $2.43 \geq 1$ OK, eksentisitas saat normal $0.491 \geq 0.5$ stabilitas terhadap guling dasar saat beban bangunan atas belum bekerja $2.99 \geq 1$ OK, eksentisitas saat beban bangunan atas belum bekerja $0.36 \geq 0.5$, stabilitas terhadap guling saat keadaan gempa $2.12 \geq 1$ OK, stabilitas eksentisitas saat keadaan gempa $0.412 \geq 1$. Konstruksi pada abutment 2 stabil jika stabilitas terhadap guling saat normal $2.45 \geq 1$ OK, eksentisitas saat normal $0.472 \geq 0.5$ stabilitas terhadap guling dasar saat beban bangunan atas belum bekerja $3.33 \geq 1$ OK, eksentisitas saat beban bangunan atas belum bekerja $0.286 \geq 0.5$, stabilitas terhadap guling saat keadaan gempa $2.4 \geq 1$ OK, stabilitas eksentisitas saat keadaan gempa $0.406 \geq 1$, maka konstruksi abutment Jembatan Aia Sariak Sungai Kapur Kabupaten Solok Selatan memenuhi syarat dan aman terhadap geser, dan aman terhadap guling, gempa Jadi konstruksi pada abutment dinyatakan stabil.

Copyright © 2022 JAES. All rights reserved.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Corresponden

Najzil Muhsinin

najzilmuhsinin2207@gmail.com

Keywords:

abutments, bridges, frictional forces, movable pedestals

Open Access at:

<https://ojs-ft.ekasakti.org/index.php/JAES/>

Hal: 075 - 097

To obtain the results of the Abutment Stability Review of the Aia Sariak Sungai Kapur Bridge, South Solok Regency, it can be determined from the forces acting on the abutment building such as the force due to brakes and traction of 1.5t, the frictional force against the moving pedestal 11,203 t, the pressure force due to dead load 44,811t, active earth pressure force 13,714t. Construction on abutment 1 is stable if the stability against overturning when normal is $2.43 \geq 1$ OK, eccentricity when normal is $0.491 \geq 0.5$ stability against base roll when the superstructure load is not working $2.99 \geq 1$ OK, eccentricity when the superstructure is not working $0.36 \geq 0.5$, stability against overturning during earthquake conditions $2.12 \geq 1$ OK, eccentricity stability during earthquake conditions $0.412 \geq 1$. Construction on abutment 2 is stable if stability against overturning when normal is $2.45 \geq 1$ OK, eccentricity when normal is $0.472 \geq 0.5$ stability to base roll when superstructure load is not working $3.33 \geq 1$ OK, eccentricity when the superstructure has not worked $0.286 \geq 0.5$, stability against overturning during earthquake conditions $2.4 \geq 1$ OK, eccentricity stability during earthquake conditions $0.406 \geq 1$. the abutment construction of the Aia Sariak Sungai Kapur Bridge, South Solok Regency, meets the requirements and is safe against shear, and safe against overturning, earthquakes. So the construction on the abutment is declared stable.

Copyright ©2022 JAES. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Struktur jembatan tersusun atas elemen bangunan atas, bangunan bawah dan bangunan pelengkap jembatan. Bangunan bawah berfungsi untuk menyalurkan seluruh gaya dan beban yang bekerja pada bangunan atas ketanah. Bangunan bawah terdiri dari abutment dan pondasi.

Maka dari itu penulis melakukan penelitian skripsi dengan tujuan melakukan tinjauan ulang abutment jembatan Aia Sariak Sungai Kapur solok selatan untuk menghitung Kestabilan Kontruksi Abutment dengan gaya - gaya yang bekerja pada abutment jembatan, debit banjir rencana, tinggi muka air banjir dan dimensi 2 Abutment. Berdasarkan data yang di peroleh dari PT. Putra Aulia Konsultan, panjang Jembatan 20 Meter dan lebar jembatan 5 meter. Jenis Jembatan yang akan diteliti oleh peneliti yaitu jembatan Jembatan beton prategang (prestressed concrete bridge).

Pada bangunan bawah jembatan, struktur abutment digunakan untuk menahan tanah dan meneruskan gaya kepondasi serta harus mampu memberikan kestabilan terhadap pengaruh gaya-gaya eksternal dan internal oleh karena itu,

dalam perencanaan abutment, kestabilan konstruksi ditinjau terhadap pengaruh gaya-gaya eksternal yang menyebabkan keruntuhan guling, keruntuhan geser, dan keruntuhan daya dukung tanah, maupun terhadap gaya-gaya internal yang menyebabkan kegagalan konstruksi.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan pada tanggal 10 November sampai 15 November 2021: Lokasi penelitian ini adalah di Kel.Sungai kapur, Kec.Sangir, Kab.Solok Selatan, Prov. Sumatera Barat.



Gambar 1 Peta Sumatera Barat

(Sumber : Google Gambar Peta Indonesia)

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif sederhana dengan studi kasus abutmen. Penelitian ini menggunakan data berupa angka sebagai alat menentukan keterangan mengenai apa yang ingin kita teliti, dan angka-angka yang terkumpul kemudian dianalisis.

Variabel Penelitian

Pada penelitian kuantitatif menggambarkan dua variabel, yaitu variabel Subject (variabel berkaitan erat dengan objek yang akan diteliti) dan variabel Object (variabel yang Sasaran lokasi yang diamati).

- Variabel subjek

Variabel penelitian berkaitan erat dengan objek yang akan diteliti, karena hakikatnya objek penelitian merupakan topik permasalahan yang akan dikaji yaitu Gaya-gaya yang bekerja pada bangunan bawah (Abutment) dan kestabilan pada bangunan bawah (abutmen) untuk penelitian.

- Variabel objek

Yang dimaksud subyek penelitian, adalah orang, tempat, atau benda yang diamati dalam rangka pembumbutan sebagai sasaran. Sasaran yang diamati adalah lokasi jembatan aia sariak sungai kapur bawah (abutmen).

Metode Pengumpulan Data

Sumber data terbagi menjadi dua yaitu data sekunder dan data primer. Data primer adalah data yang diperoleh peneliti secara langsung (dari tangan

pertama), sementara data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada.

- **Data Primer**
 Pada kali ini peneliti melakukan survei pengambilan data dengan alat yang seadanya yaitu meteran dan kamera handphone, lalu melakukan pengukuran terhadap Jembatan Binuang yaitu berupa lebar jembatan 5 m, panjang jembatan 20 m. Dengan minimnya alat yang digunakan untuk penelitian maka dari ini peneliti mendapatkan hasil penelitian dari survei Jembatan Aia Sariak Sungai Kapur Solok Selatan seperti yang ada diatas.
- **Data Sekunder**
 Dengan melakukan wawancara melalui tatap muka dan tanya jawab langsung antara pengumpulan data maupun peneliti terhadap narasumber atau sumber data, berikut data yang telah diperoleh dari narasumber : Untuk abutment ini tingginya adalah 6 m dari atas tanah dan tebal bagian bawah 1.20 m sedangkan tebal bagian atas 0.35 m dan untuk lebar 5 m. Dan pada samping kanan kiri bangunan abutment ini dilengkapi dengan dinding penahan tanah/ sayap sepanjang 3 m. Pada bagian atas bangunan abutment ini juga dilengkapi dengan plat lantai dan balok tumpuan. Balok sandung ini dimaksudkan untuk menahan adanya gaya tekan dari balok induk/ gelagar pada abutment. Sedangkan balok tumpuan ini sebagai landasan utama balok induk/ gelagar sebelum ke abutment. Data tanah menggunakan data sondir dan pembebanan.
- **Data Tanah**
 Data tanah didapat oleh proyek PT. PUTRA AULIA KONSULTAN. Data tanah tersebut dianggap mewakili keadaan tanah dilokasi tinjauan jembatan ini. Sudut geser dalam (Φ) = $3,0^\circ$, berat isi tanah (γ) = 1,800 t/m³, Kohesi C = 0 t/m², kedalaman tanah h = 3,6 m.
- **Data Spesifikasi Bangunan**

DATA - DATA ABUTMENT JEMBATAN			
Tinggi Abutment	Hab	=	6.24 m
Lebar Dasar Abutment	Bab	=	3.00 m
Panjang Abutment	Lab	=	6.00 m
DATA - DATA SAYAP ABUTMENT JEMBATAN			
Tinggi Sayap Abutment	Has	=	5.44 m
Panjang Sayap Abutment	Lsa	=	2.60 m
Tebal Sayap Abutment	Bsa	=	0.30 m
DATA - DATA PARAMETER TANAH			
Berat Volume Tanah	g	=	1.800 ton/m ³
Kohesi Tanah	c	=	7,5 kg/cm ²
Sudut Geser Tanah	f	=	30.00 °
BEBAN MATI			
Beton Bertulang	: yc	=	2.50 t/m ³
Beton Tumpuk	: yct	=	2.20 t/m ³
Baja Tuang	: yb	=	2.00 t/m ³
Aspal	: yas	=	2.50 t/m ³
Air	: yw	=	1.00 t/m ³

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Perencanaan Abutment

Pembebanan Bangun Atas

Berdasarkan pada perhitungan diatas, untuk beban mati total dapat disimpulkan pada tabel berikut:

Tabel 1 Analisa beban mati

Beban	Jumlah (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Berat isi (t/m ³)	Berat Jenis (t/m ³)	Berat Beban (t)
Lantai Kendaraan		20	5	0,2		2,5	50
Air Hujan (3cm)		20	5	0,03		1	3
Aspal (7cm)		20	5	0,07		2,2	15,4
Trotoar	2	20	0,5	0,2		2,5	10
Pipa Sandaraan	4	20			0,0009085		0,073
Tiang Sandaran	22	0,3	0,5	0,5		2,5	1,65
Gelagar Utama	4	20			0,1		8
Diafragma	3	5			0,1		1,5
Beban Total							89,623

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk menentukan gaya tekan akibat beban mati yaitu:

Rvd : Gaya tekan akibat beban dari atas

$$Rvd = \frac{P_{total}}{2} =ton$$

$$Rvd = \frac{89,623}{2} = 44,811 \text{ ton}$$

Beban Hidup

Gaya akibat muatan hidup

$$RqL = \frac{q}{2,75}xl =ton$$

$$RpL = \frac{P}{2,75}xkxl =ton$$

$$\text{Koefisien kejut} = \frac{20}{50+L} =ton$$

Ketentuan , Muatan hidup $P_L=12 \text{ ton}$, $q_L=2,2 \text{ t/m}$

Lebar jalur lalu lintas = 3,5 m

$$RqL = \frac{q}{2,75}xl = \frac{2,2}{2,75} \times 3,5 = 2,8 \text{ ton}$$

$$RpL = \frac{p}{2,75} xkxl = \frac{12}{2,75} \times 1,373 \times 3,5 = 20,97 \text{ ton}$$

$$\text{Koefisien kejut} = 1 + \frac{20}{50+L} = 1 + \frac{20}{50+3,5} = 1,357 \text{ ton}$$

$$RvL = (K \times RpL) + \left(\frac{1}{2} \times RqL\right) = (1,373 \times 20,97) + \left(\frac{1}{2} \times 2,8\right) = 30,191 \text{ ton}$$

Gaya akibat Rem dan Traksi

$$\text{Traksi } Rrt = \frac{5\% \times Rpl + Rql}{2} = \frac{5\% \times 20,97 + 2,8}{2} = 1,5 \text{ t}$$

Gaya Gesek pada Tumpuan Bergerak

Gg = koefisien gesek . RVD

Harga koefisien gerak diambil 0,25 dari PPPGJR pasal (2.6.2)

$$Gg = 0,25 \cdot 44,811 = 11,203 \text{ ton}$$

Gaya Gempa

$$E1 = K \cdot Rvd = 0,07 \times 44,811 = 3,137$$

Analisis Curah Hujan Rata - rata

Menghitung statistik yang ada

Tabel 2 Perhitungan Curah Hujan

TAHUN	Xi	X	(Xi - X)	(Xi - X) ²	(Xi - X) ³	(Xi - X) ⁴
2010	55	131.5	-76,5	5852,25	- 447697.62	34248830.06
2011	81	131.5	-50,5	2550,25	- 128787.62	6503775.06
2012	89	131.5	-42,5	1806,25	-76765.625	3262539.06
2013	109	131.5	-22,5	506,25	-11390.625	256289.06
2014	114	131.5	-17,5	306,25	-5359.375	93789.06
2015	116	131.5	-15,5	240,25	-3723.875	57720.06
2016	117	131.5	-14,5	210,25	-3048.625	44205.06
2017	127	131.5	-4,5	20,25	-91.125	311.1696
2018	160	131.5	28,5	812,25	23149.125	659750.06
2019	167	131.5	35,5	1260,25	44738.875	1588230.06
2020	180	131.5	48,5	2352,25	114084.125	52248518.77
JUMLAH	1315			15916,75	-494892.485	52248518.77

Sumber data : Hasil Perhitungan

1. Koefisien variasi (cv) Dihitung dengan persamaan :

$$Cv = \frac{sd}{x} = \frac{42,02}{131,5} = 0,31$$

Koefisien kepencengan /Skewness (cs) dihitung dengan persamaan :

$$Cs = \frac{n \sum (X-Xi)^3}{(n-1)(n-2).s^3} = \frac{10 \cdot (494892,485)}{(10-1).(10-2). 42,05^3} = 0,92$$

Koefisien kepuncakan/curtois (Ck) dihitung dengan persamaan :

$$Ck = \frac{n \sum (X-x_i)^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} = \frac{10^2 \cdot 52248518.77}{(10-1) \cdot (10-2) \cdot (10-3) \cdot (42.05)^4} = 3,31$$

- Menentukan Jenis Distribusi yang Digunakan Jadi dari nilai diatas,yang digunakan yaitu distribusi Log Pearson Tipe III dapat kita lihat ketentuannya pada Tabel di atas Persyaratan Masing-masing Distribusi.

Tabel 3 Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

TAHUN	Xi	Log X	(Log X - Log Xi) ²	(Log X - Log Xi) ³
2010	55	1,7403627	0,2711803542	-0,14121711521
2011	81	1,9084850	0,12434615376	-0,04384787333
2012	89	1,9493900	0,09717091701	-0,3029036118
2013	109	2,0374264	0,05003547133	-0,01119223944
2014	114	2,0569048	0,04170078474	-0,00851562134
2015	116	2,0644579	0,0386730317	-0,00760522958
2016	117	2,0681858	0,03722971157	-0,00718086906
2017	127	2,1038037	0,02474605856	-0,00389277278
2018	160	2,2041199	0,00324815645	-0,00018512088
2019	167	2,2227164	0,0014742605	-0,00005660585
2020	180	2,2552725	0,0000341056	-0,00000019918
JUMLAH	1315	22,611125	0.689839005	-0,5265972839
Rata-Rata	131,5	2,2611125	0,276	0,3

Nilai rata-rata (Log Xi) : $\frac{\sum \text{Log X}}{n} = \frac{22,611125}{10} = 2,2611125 \text{ mm}$

Standar deviasi (S Log) : $\sqrt{\frac{\sum (\text{Log Xi} - \text{Log X})^2}{10-1}} = \sqrt{\frac{0.689839005}{9}} = 0,276$

Hitung nilai koefisien kemencengan : $\frac{n \sum (\text{Log X} - \text{Log Xi})^3}{(n-1)(n-2) (S \text{Log X})^3} = \frac{(-0,5265972839)}{9 \cdot 8 \cdot (0,276)^3} = -0,3$

Dari Cs didapat nilai KTR dari Tabel 2.6 karena Cs didapat = -0,3 disajikan pada:

Tabel 4 Return Period in Years

	Return Period in Years						
	2	5	10	25	50	100	200
0,0	0	0,842	1,282	1,785	2,054	2,326	2,670
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294

Hitung curah hujan kala ulang T-tahun

Log Xt = Log Xi + G.Sx
 = 2,2611125 + (0,050 . 0,276) = 2,27

X = antilog X

Xt = 186,2087

Perhitungan selanjutnya pada

Tabel 5 Periode Ulang T(Tahun)

No	Periode Ulang T (Tahun)	G	Curah hujan Harian Maksimum (mm/24)
1	2	0,050	186,2087
2	5	0,0853	316,2278
3	10	1,245	398,1071
4	25	1,643	457,0881
5	50	1,890	602,5595
6	100	2,104	691,8309

Sumber data : Hasil perhitungan

Analisis Debit Banjir Metode Rasional

Metode ini digunakan dengan anggapan bahwa DPS memiliki :

- Intensitas curah hujan merata diseluruh DPS dengan durasi tertentu.
- Lamanya curah hujan = waktu konsentrasi dari DPS.
- Puncak banjir dan intensitas curah hujan mempunyai tahun berulang yang sama.
- Luas DAS < 300 km² .

Rumus:

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A$$

Di mana :

R = hujan maksimum (mm)

tc = waktu konsentrasi (jam)

Waktu konsentrasi dihitung menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$t_c = 0,00133 \cdot L \cdot i^{-0,6}$$

Di mana :

tc = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai (km)

S = kemiringan sungai

Data :

$$A = 80 \text{ km}^2$$

$$L = 10 \text{ km} = 10.000 \text{ m}$$

$$R_{maks} = 186,2087 \text{ mm}$$

$$S = 0,0214$$

$$t_c = L \cdot i^{-0,6} = 0,0133 \times 10 \times 0,0214^{-0,6} = 1,335 \text{ jam}$$

Intensitas hujan dapat hitung setelah tc didapat.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3}$$

$$I = \frac{186,2087}{24} \cdot \left(\frac{24}{1,335}\right)^{2/3} = 53,2446 \text{ mm}$$

Perhitungan Debit Banjir dengan Metode Rasional :

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A$$

$$Q = 0,278 \times 0,75 \times 53,2446 \times 80$$

$$Q = 887,11 \text{ m}^3/\text{det}$$

Analisis Tinggi Muka Air Banjir

Pada Analisis ini yang dihitung adalah tinggi muka air banjir yang dihasilkan oleh debit banjir tahunan untuk mengetahui pengaruh tinggi muka air banjir rencana yang pada akhirnya dapat diperhitungkan tinggi jagaan (freeboard) dan tinggi jembatan itu sendiri.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot R^{1/2} \cdot A$$

$$R = A/P$$

maka,

$$n_1 = 0,017$$

$$A_1 = 1/2(2h - 2,04) \cdot 0,200 = 1,00(2h - 2,04)$$

$$P_1 = 2,00 + h - 2,04$$

$$R_1 = (1/2 (2h-0,204) \cdot 0,200)/(0,200+h-0,204)$$

$$S_1 = 0,0214$$

$$Q_1 = 1/0,017 \{ (1/2 (h-2,04) \cdot 2,00)/(2,00 + h - 2,04) \}^{(2/3)} \cdot [0,0214]^{(1/2)} \cdot \{1,00(2h-2,04)\}$$

$$n_2 = 0,017$$

$$A_2 = 1/2 (2h - 0,78) \cdot 3,20 = 1,60(2h - 0,78)$$

$$P_2 = 5,20$$

$$R_2 = 3,07(2h - 0,78)$$

$$S_2 = 0,0214$$

$$Q_2 = 1/0,017 \{3,07(2h-0,78)\}^{(2/3)} \cdot [0,0214]^{(1/2)} \cdot \{1,60(h-0,78)\}$$

$$n_3 = 0,017$$

$$A_3 = 1/2 (2h - 2,00) \cdot 4,40 = 2,20(2h - 2,00)$$

$$P_3 = 9,60$$

$$R_3 = 2,30(2h - 2,0)$$

$$S_3 = 0,0214$$

$$Q_3 = 1/0,017 \{3,20(2h-0,78)\}^{(2/3)} \cdot [0,0214]^{(1/2)} \cdot \{1,60(h-0,78)\}$$

$$\text{Debit total saluran (Q)} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$887,11 \text{ m}^3/\text{dt} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

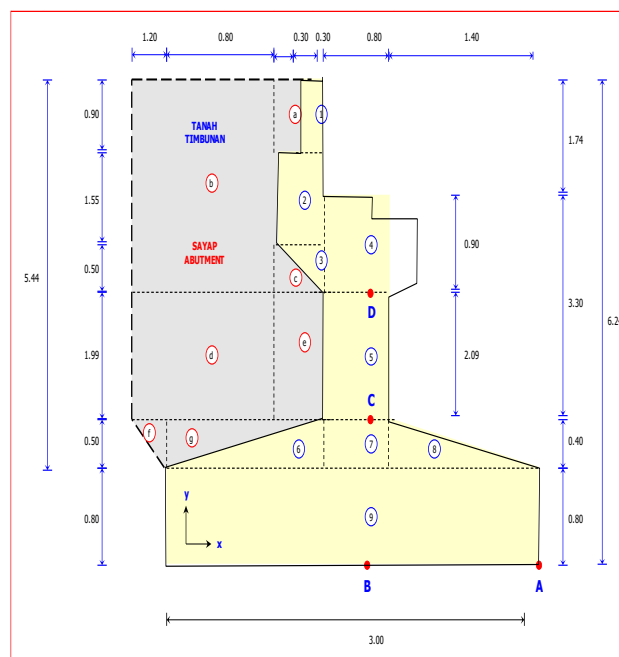
Dengan coba-coba didapatkan nilai :

$$h = 3,54\text{m}$$

Berdasar hasil perhitungan di atas, maka minimal tinggi jembatan dari dasar sungai adalah $h + \text{tinggi jagaan} = 3,54 + 1 = 4,54 \text{ m}$

Tinjauan Dimensi Abutment

Rencana tinjauan abutment dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2 Tinjauan dimensi pada abutment

Analisa tampang abutment dan Tekanan Tanah

a. Badan abutment

Tabel 6 Hitung titik berat badan abutment

Segmen	Luas segmen Ac (m ²)	Lengan dari 0		Mx (Ac.x)	My (Ac.y)
		X (m)	Y (m)		
1	0,30 . 0,90 = 0,270	2,350	5,85	0,634	1,579
2	0,60 . 1,55 = 0,930	2,500	5,34	3,43	4,966
3	½ . 0,60 . 0,50 = 0,150	2,400	3,456	2,55	0,518
4	0,80 . 0,90 = 0,720	1,800	3,74	1,296	2,692
5	0,80 . 2,09 = 1,672	1,800	2,245	3,009	3,753
6	½ . 1,40 . 0,50 = 0,350	2,667	0,93	0,933	0,325
7	0,80 . 0,50 = 0,400	1,800	1	0,72	0,4
8	½ . 1,40 . 0,50 = 0,350	0,933	0,93	0,933	0,325
9	3,00 . 0,80 = 2,400	1,500	0,4	3,6	0,96
Σ	7,242			17,105	15.518

Sumber : Hasil perhitungan titik berat badan abutment

Jarak dari titik 0 terhadap pusat berat adalah:

$$X_c = \frac{\sum M_x}{\sum A_c} = \frac{17,105}{7,242} = 2,361 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{\sum M_y}{\sum A_c} = \frac{15,518}{7,242} = 2,142 \text{ m}$$

b. Tanah disamping abutment

Tabel 7 Hitungan titik berat tanah di belakang abutment

Segmen	Luas segmen At ₁ (m ²)	Lengan dari 0		Mx (At ₁ .x)	My (At ₁ .y)
		X (m)	Y (m)		
A	0,30 . 0,90 = 0,27	2.650	5,85	0,715	1,579
B	2,00 . 2,95 = 5,9	3.800	4,765	22,42	28,113
C	0,60 . 0,50 = 0,3	2.400	3,456	0,72	1,036
D	2,00 . 1,99 = 3,98	3.800	2,295	15,124	9,134
E	0,60 . 1,99 = 1,194	2.500	2,295	2,985	2,74
F	1,20 . 0,50 = 0,6	4.000	1,05	2,4	0,63
G	1,40 . 0,50 = 0,35	3.133	0,96	1,096	0,336
Σ	12,594			45,46	43,571

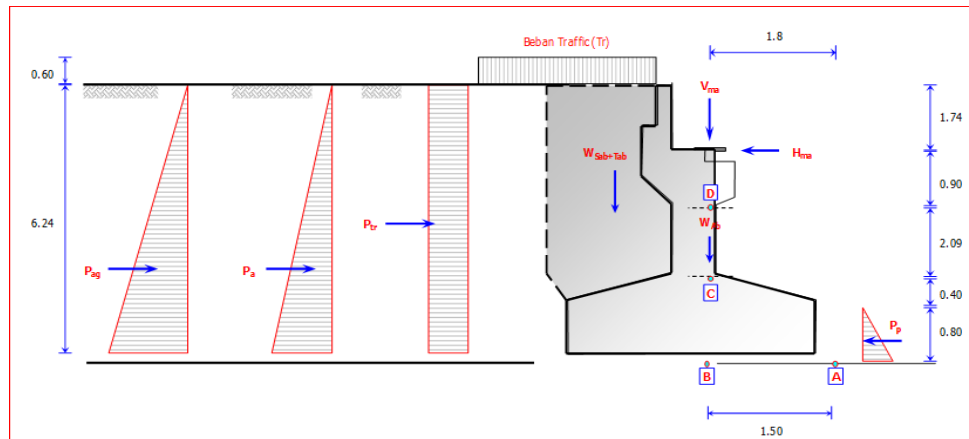
Sumber : Hasil hitungan titik berat tanah di belakang abutment

Jarak dari titik 0 terhadap pusat geometri adalah :

$$X_{t_1} = \frac{M_x}{A_{t_1}} = \frac{45,46}{12,594} = 3,609 \text{ m}$$

$$Y_{t_1} = \frac{M_y}{A_{t_1}} = \frac{43,571}{12,594} = 3,459 \text{ m}$$

Gaya-gaya yang bekerja pada abutment dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3 Gaya-gaya yang bekerja pada abutment Tekanan tanah

Data tanah didapat dari PT. Putra Aulia Konsultan. Data tanah tersebut dianggap mewakili keadaan tanah dilokasi tinjauan jembatan ini.

Tanah di belakang abutment :

- Sudut geser tanah : 30.00 °
- Kohesi C : 7.5 kg/m³
- Berat isi tanah (y) : 1.800 ton/m³
- Kedalaman tanah : 4 m

$$K_a = \frac{(1 - \sin \Phi)}{(1 + \sin \Phi)}$$

$$= \frac{(1 - \sin 30.00)}{(1 + \sin 30.00)} = 0,333 \text{ t}$$

$$K_p = 1 - \sin \Phi$$

$$= 1 - \sin 30.00 = 0,500 \text{ t}$$

$$K_{ag} = 0,316$$

$$H_{eg} = 0,600$$

Tekanan tanah aktif (Pa)

$$P_a = K_a \cdot q \cdot h \cdot b$$

$$= 0,333 \cdot 2,2 \cdot 6,24 \cdot 3$$

$$= 13,714 \text{ t}$$

Tekanan tanah pasif (Pp)

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

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,333 \cdot 1,800 \cdot [6,24]^2 \cdot 3$$

$$= 35,008 \text{ t}$$

Tekanan akibat gempa

$$P_{ag} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_{ag} \cdot h^2 \cdot b$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,800 \cdot 0,316 \cdot [6,24]^2 \cdot 3$$

$$= 33,221 \text{ t}$$

Tekanan akibat trafic

$$P_{tr} = \gamma \cdot H_{eg} \cdot h \cdot K_a \cdot b$$

$$= 1,800 \cdot 0,600 \cdot 6,24 \cdot 0,333 \cdot 3$$

$$= 6,7324 \text{ t}$$

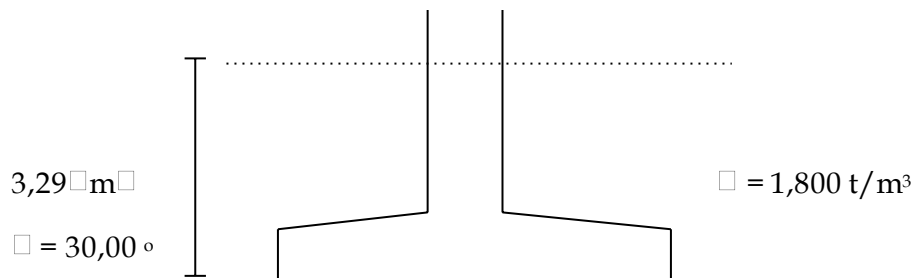
Tekanan air

$$P_{air} = p_{air} \cdot g \cdot h$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,52 \cdot 9,8 \cdot (887,41 \text{ m}^3/\text{det}) && \text{di konversikan ke ton} \\
 &= 4,52 \cdot 9,8 \cdot 0,353 \\
 &= 15,636 \text{ t} \\
 &\text{Reaksi pada bangunan bawah} \\
 &\text{Saat normal} \\
 R_v &= R_d + R_L \\
 &= 13,714 \text{ t} + 35,008 \text{ t} = 48,722 \text{ t} \\
 &\text{Berat abutment} \\
 W_c &= 7,242 \cdot 6,24 \cdot 2,5 \text{ t/m}^3 \\
 &= 112,975 \text{ t} \\
 &\text{Berat tanah dibelakang abutment} \\
 W_{t_1} &= 5,4 \cdot 12,594 \cdot 1,800 \\
 &= 122,413 \text{ t} \\
 &\text{Gaya akibat rem dan traksi} \\
 R_{rt} &= 1,5 \text{ t} \\
 &\text{Gaya gesek pada tumpuan bergerak} \\
 G_g &= 11,203 \text{ ton} \\
 2. &\text{ Saat gempa} \\
 &\text{Gaya gempa akibat bangunan atas} \\
 E_1 &= 3,137 \text{ t} \\
 &\text{Gaya gempa pada abutment} \\
 E_2 &= K_h \cdot W_c \\
 &= 0,07 \cdot 108,63 \\
 &= 1,532 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Hitungan Daya Dukung Tanah Abutment

Keadaan lapisan tanah untuk abutment dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4 Keadaan lapisan tanah abutment

Data tanah : pada lapisan 3 dengan $\phi = 30^\circ$ akan di dapat $\phi = \text{arc tg}(K_r \cdot \tan \phi)$ SNI03 - 3446 - 1994, halaman 8 - 9

$$= \text{arctg}(0,7 \cdot \tan 30^\circ) = 22^\circ$$

Dari harga $= 22^\circ$ dengan tabel 4 (SNI03-3446-1994) akan di peroleh faktor daya dukung $N_c = 12,92$; $N_q = 4,46$; $N_\gamma = 1,55$

Data pondasi :

Kedalaman pondasi $D = 3,29 \text{ m}$, Lebar pondasi $B = 3 \text{ m}$

Daya dukung tanah abutment berdasarkan rumus tarzaghi untuk pondasi

persegi pada kondisi tanah $C = 3,1 \text{ t/m}^2$

$$Q_{ult} = C \cdot N_c + D \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$= 7,5 \times 12,92 + 3,29 \times 1,800 \times 4,46 + 0,5 \times 3 \times 1,800 \times 1,55$$

$$= 127,497$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{CF} = \frac{127,497}{3} = 42,49904 \text{ t/m}^2$$

Hitungan Stabilitas Abutment

Table 8 Stabilitas Abutment

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan momen		Mx = V . Y Momen penahan (t/m)	My = H . Y momen penahan (t/m)
			X (m)	Y (m)		
Rv	48,722 t		1,72		83,801	
Wc	112,975 t		1,52		171,722	
Wt ₁	122,413 t		1,89		231,360	
Rrt		1,5		10,7		16,05
Gg		11,203		4,5		50,413
Pa		13,714		3,30		45,256
P _p		35,008		1,8		63,014
P _{air}		15,636	9,6			25,36
Σ	284,11	77,061			486,883	200,541

Sumber : hasil perhitungan Stabilitas Abutment

1. Stabilitas terhadap geser abutment

$$\Sigma V = \text{ gaya vertical} = 284,11 \text{ ton}$$

$$\Sigma H = \text{ Gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif)} = 77,061 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{284,11 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 30^\circ + 7,5 \times 3}{77,061}$$

$$= 1,578 \geq 1 \dots \text{OK}$$

2. Stabilitas terhadap guling abutment

$$\Sigma M_x = \text{momen penahan} = 486,883 \text{ tm}$$

$$\Sigma M_y = \text{momen guling} = 200,541 \text{ tm}$$

$$SF = \frac{486,883}{200,541} = 2,43 \geq 1 \dots \text{OK}$$

3. Stabilitas terhadap eksentrisitas (e)

$$E = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_x - \Sigma M_y}{\Sigma V} < \frac{B}{6} = \frac{3}{2} - \frac{486,883 - 200,541}{284,11} < \frac{3}{6}$$

$$= 0,491 < 0,5$$

4. Kontrol tegangan tanah pada abutment

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{B \cdot L} - \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B}\right) = \frac{284,11}{3 \times 6} - \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,409}{3}\right)$$

$$\sigma_{maks} = 15,784 + 0,818 = 16,601 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{min} = 15,784 - 0,818 = 14,965 \text{ t/m}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{maks} = 16,601 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{min} = 14,965 \text{ t/m}^2 \end{array} \right\} 23,5497 \text{ t/m}^2$$

Saat Beban Bangunan Atas Belum Bekerja

Table 9 beban Bangunan Atas belum belum bekerja

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan momen		Mx = V . Y Momen penahan (t/m)	My = H . Y momen penahan (t/m)
			X (m)	Y (m)		
Wc	112,975 t		1,52		171,722	
Wt ₁	122,413 t		1,89		231,360	
Pa ₁		13,714		2,67		36,616
Pa ₂		35,008		2,08		72,816

P _{air}		15,636	9,6			25,36
Σ	235,388	64,358			403,082	134,792

Sumber: Hasil hitungan saat beban Bangunan atas

1. Stabilitas terhadap geser abutment

$$\Sigma V = \text{gaya vertical} = 235,388 \text{ ton}$$

$$\Sigma H = \text{Gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif)} = 64,358 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{235,388 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 30^\circ + 7,5 \times 3}{64,358} = 1,626 \geq 1 \dots \text{OK}$$

2. Stabilitas terhadap guling abutment

$$\Sigma M_x = \text{momen penahan} = 403,082 \text{ tm}$$

$$\Sigma M_y = \text{momen guling} = 134,792 \text{ tm}$$

$$SF = \frac{403,082}{134,792} = 2,99 \geq 1 \dots \text{OK}$$

3. Stabilitas terhadap eksentrisitas (e)

$$E = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_x - \Sigma M_y}{\Sigma V} < \frac{B}{6} = \frac{3}{2} - \frac{403,082 - 134,792}{235,388} < \frac{3}{6} = 0,360 < 0,5$$

4. Kontrol tegangan tanah pada abutment

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{B.L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) = \frac{235,388}{3 \times 6} - \left(1 \pm \frac{6,0,259}{3}\right)$$

$$\sigma_{\text{maks}} = 13,077 + 0,518 = 13,595 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = 13,077 - 0,518 = 12,559 \text{ t/m}^2$$

23,5497 t/m ²

Saat keadaan gempa

Table 10 Gaya - gaya eksternal saat keadaan gempa

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan momen		M _x = V . Y Momen penahan (t/m)	M _y = H . Y momen penahan (t/m)
			X (m)	Y (m)		
R _v	48,722 t		1,72		83,801	
W _c	112,975 t		1,52		165,117	
W _{t1}	122,413 t		1,89		231,360	
R _{rt}		1,5		10,7		16,05
G _g		11,203		4,5		50,413
P _{a1}		55,766		3,90		217,027
P _{a2}		35,008		2,08		72,816
P _{air}		15,636	9,6			25,36
E ₁		3,137		6,24		19,574
E ₂		1,532		2,09		6,556
Σ	284,11	81,73			480,278	226,671

Sumber: Hasil hitungan gaya - gaya eksternal saat keadaan gempa

1. Stabilitas terhadap geser abutment

$$\Sigma V = \text{gaya vertical} = 284,11 \text{ ton}$$

$$\Sigma H = \text{Gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif)} = 81,73 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{284,11 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 30^\circ + 7,5 \times 3}{81,73} = 1,246 \geq 1 \dots \text{OK}$$

2. Stabilitas terhadap guling abutment

$$\Sigma M_x = \text{momen penahan} = 480,338 \text{ tm}$$

$$\Sigma M_y = \text{momen guling} = 226,671 \text{ tm}$$

$$SF = \frac{480,338}{226,671} = 2,12 \geq 1 \dots \text{OK}$$

3. Stabilitas terhadap eksentrisitas (e)

$$E = \frac{B}{2} - \frac{\sum Mx - \sum My}{\sum V} < \frac{B}{6} = \frac{3}{2} - \frac{480,338 - 226,671}{284,11} < \frac{3}{6} = 0,412 < 0,5$$

4. Kontrol tegangan tanah pada abutment

$$\sigma = \frac{\sum V}{B.L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) = \frac{279,765}{3 \times 6} - \left(1 \pm \frac{6.0,502}{3}\right)$$

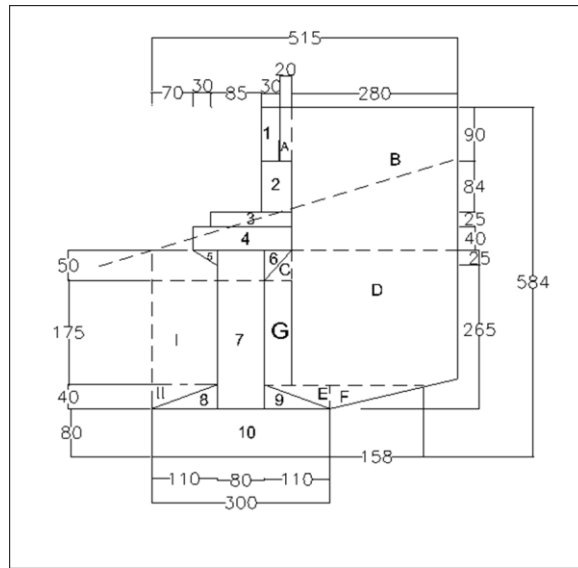
$$\sigma_{maks} = 15,5425 + 1,004 = 8,769 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{min} = 15,5425 - 1,004 = 6,201 \text{ t/m}^2$$

23,5497 t/m²

Tinjauan Dimensi Abutment 2

Rencana tinjauan abutment dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5 dimensi abutment 2

Analisa tampang abutment 2 dan Tekanan Tanah

1. Badan abutment 2

Tabel 11 Hitung titik berat badan abutment

Segmen	Luas segmen Ac (m ²)	Lengan dari 0		Mx (Ac.x)	My (Ac.y)
		X (m)	Y (m)		
1	0.30 x 0.90 = 0,27	2	5.09	0.54	1.3743
2	0.50 x 0.84 = 0.42	2,1	4.52	0.882	1.8984
3	1.35 x 0.25 = 0,3375	1.675	3.975	0.565313	1.341563
4	1.65 x 0.40 = 0.66	1.375	3.65	0.9075	2.409
5	$\frac{1}{2} \times 0,30 \times 0,25 = 0.0375$	0.8	3.075	0.03	0.115313
6	$\frac{1}{2} \times 0,50 \times 0,50 = 0.125$	2.06	2.980	0.2575	0.3725
7	0.80 x 2.25 = 1.8	1.5	3.117	2.7	5.6106
8	$\frac{1}{2} \times 1.10 \times 0.40 = 0.22$	0,73	0.933	0.1606	0.20526
9	$\frac{1}{2} \times 1.10 \times 0.40 = 0.22$	2,26	0.933	0.4972	0.20526
10	3.00 x 0.80 = 2.4	1,5	0.4	3.6	0.96

Σ	6,49		10.14011	14.4922
---	------	--	----------	---------

Sumber : Hasil perhitungan titik berat badan abutment 2

Jarak dari titik 0 terhadap pusat berat adalah:

$$X_c = \frac{\sum M_x}{\sum A_c} = \frac{10.14011}{6,49} = 1,562 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{\sum M_y}{\sum A_c} = \frac{14.4922}{6,49} = 2.233 \text{ m}$$

2. Tanah disamping Abutment 2

Tabel 12 Hitungan titik berat tanah di belakang abutment 2

Segmen	Luas segmen At ₁ (m ²)	Lengan dari 0		Mx (At ₁ .x)	My (At ₁ .y)
		X (m)	Y (m)		
A	0.20 x 0.90 = 0.18	2.35	5.04	0.423	0.9072
B	2.80 x 2.39 = 6.69	3.85	4.645	25.7565	31.07505
C	½ x 0.50 x 0.50 = 0.125	2.067	3.16	0.258375	0.395
D	2,80 . 2.24 = 6.272	3,8	2.325	23.8336	14.5824
E	½ x 1.10 x 0.40 = 0.22	2.267	0.933	0.49874	0.20526
F	½ x 1.58 x 0.40 = 0.316	3.527	0.933	1.114532	0.294828
G	0.50 x 1.74 = 0.87	2.15	1,675	1.8705	1.45725
Σ	14.673			53.755247	48.916988

Sumber : Hasil hitungan titik berat tanah di belakang abutment 2

Jarak dari titik 0 terhadap pusat geometri adalah :

$$X_{t_1} = \frac{M_x}{A_{t_1}} = \frac{45,46}{15,005} = 3,030 \text{ m}$$

$$Y_{t_1} = \frac{M_y}{A_{t_1}} = \frac{43,571}{15,005} = 2,903 \text{ m}$$

Tabel 13 Hitungan titik berat tanah di depan abutment 2

Segmen	Luas segmen At ₁ (m ²)	Lengan dari 0		Mx (At ₁ .x)	My (At ₁ .y)
		X (m)	Y (m)		
I	1,10 . 1,75 = 2	1	2.1	2	4.2
II	½ . 1,10 . 0.4 = 0.22	0.4	0.14	0.1	0.22
Σ	2.22			2.1	4.22

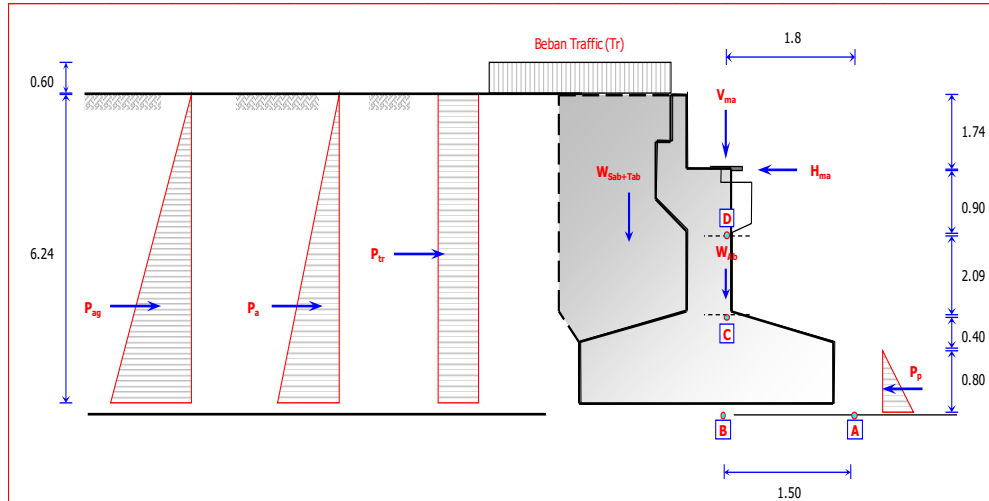
Sumber : Hasil hitungan titik berat tanah di depan abutment 2

Jarak dari titik 0 terhadap pusat geometri adalah :

$$X_{t_2} = \frac{M_x}{A_{t_2}} = \frac{2.1}{2.22} = 0.946 \text{ m}$$

$$Y_{t_2} = \frac{M_y}{A_{t_2}} = \frac{4.22}{2.22} = 1,901 \text{ m}$$

Gaya-gaya yang bekerja pada abutment dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 6 Gaya-gaya yang bekerja pada abutment

- P_{ag} = Tekanan akibat gempa
- P_a = Tekanan aktif
- P_{tr} = Tekanan akibat Trafic
- P_p = Tekanan pasif

a. Tekanan tanah

Data tanah didapat dari PT. Putra Aulia Konsultan. Data tanah tersebut dianggap mewakili keadaan tanah dilokasi tinjauan jembatan ini.

Tanah di belakang abutment :

- Sudut geser tanah : 30.00 °
- Kohesi C : 7.5 kg/m³
- Berat isi tanah (y) : 1.800 ton/m³
- Kedalaman tanah : 5.84 m

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

$$= \frac{(1 - \sin 40.00)}{(1 + \sin 40.00)} = 0,217 \text{ t}$$

$$K_p = 1 - \sin \phi$$

$$= 1 - \sin 40.00 = 0,357 \text{ t}$$

$$K_{ag} = 0,316$$

$$H_{eg} = 0,600$$

Tekanan tanah aktif (P_a)

$$P_a = K_a \cdot q \cdot h \cdot b$$

$$= 0,217 \cdot 2,2 \cdot 5,84 \cdot 3$$

$$= 8.378 \text{ t}$$

Tekanan tanah pasif (P_p)

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot b$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,217 \cdot 1,800 \cdot 5,84^2 \cdot 3$$

$$= 19.9825 \text{ t}$$

Tekanan akibat gempa

$$P_{ag} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_{ag} \cdot h^2 \cdot b$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,800 \cdot 0,316 \cdot 5,84^2 \cdot 3$$

$$= 29.0988 \text{ t}$$

Tekanan akibat trafic

$$\begin{aligned} P_{tr} &= \gamma \cdot H_{eg} \cdot h \cdot K_a \cdot b \\ &= 1,800 \cdot 0,600 \cdot 5,84 \cdot 0,217 \cdot 3 \\ &= 4.106 \text{ t} \end{aligned}$$

Tekanan air

$$\begin{aligned} P_{air} &= p_{air} \cdot g \cdot h \\ &= 4,52 \cdot 9,8 \cdot (887,41 \text{ m}^3/\text{det}) \longrightarrow \\ &= 4,52 \cdot 9,8 \cdot 0,353 \\ &= 15,636 \text{ t} \end{aligned}$$

di konversikan ke ton

b. Reaksi pada bangunan bawah

3. Saat normal

$$\begin{aligned} R_v &= R_d + R_L \\ &= 13,714 \text{ t} + 35,008 \text{ t} = 48,722 \text{ t} \end{aligned}$$

Berat abutment

$$\begin{aligned} W_c &= 6,49 \cdot 5,84 \cdot 2,5 \text{ t/m}^3 \\ &= 94,754 \text{ t} \end{aligned}$$

Berat tanah dibelakang abutment

$$\begin{aligned} W_{t_1} &= 5,04 \cdot 14,673 \cdot 1,800 \\ &= 133,113 \text{ t} \end{aligned}$$

Berat tanah didepan abutment

$$\begin{aligned} W_{t_2} &= 2,15 \cdot 2,22 \cdot 1,800 \\ &= 8,591 \text{ t} \end{aligned}$$

Gaya akibat rem dan traksi

$$R_{rt} = 1,5 \text{ t}$$

Gaya gesek pada tumpuan bergerak

$$G_g = 11,203 \text{ ton}$$

4. Saat gempa

Gaya gempa akibat bangunan atas

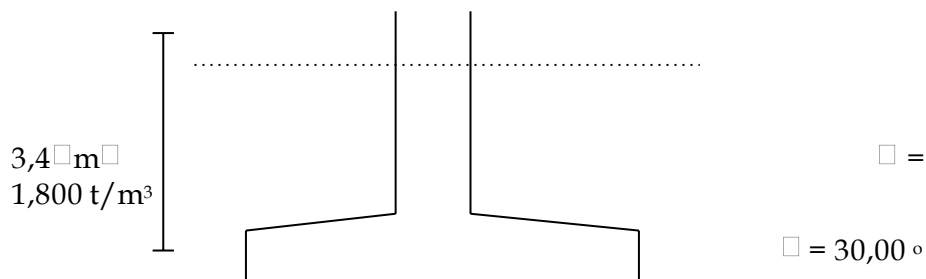
$$E_1 = 3,137 \text{ t}$$

Gaya gempa pada abutment

$$\begin{aligned} E_2 &= K_h \cdot W_c \\ &= 0,07 \cdot 94,754 \\ &= 6,633 \text{ t} \end{aligned}$$

Hitungan Daya Dukung Tanah Abutment

Keadaan lapisan tanah untuk abutment dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 7 Keadaan lapisan tanah abutment

Data tanah : pada lapisan 3 dengan $\phi = 30^\circ$ akan di dapat $\phi = \text{arc tg} (K_r \cdot \tan \phi)$
 SNI03 - 3446 - 1994, halaman 8 - 9

$$= \text{arctg} (0,7 \cdot \tan 30^\circ) = 22^\circ$$

Dari harga $\phi = 22^\circ$ dengan tabel 4 (SNI03-3446-1994) akan di peroleh faktor daya dukung $N_c = 12,92$; $N_q = 4,46$; $N_\gamma = 1,55$

Data pondasi :

Kedalaman pondasi $D = 3,4$ m , Lebar pondasi $B = 3$ m

Daya dukung tanah abutment berdasarkan rumus tarzaghi untuk pondasi

persegi pada kondisi tanah $C = 3,1$ t/m²

$$Q_{ult} = C \cdot N_c + D \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$= 7,5 \times 12,92 + 3,4 \times 1,800 \times 4,46 + 0,5 \times 3 \times 1,800 \times 1,55 = 71,5972$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} = \frac{127.497}{3} = 42,499 \text{ t/m}^2$$

Hitungan Stabilitas Abutment 2

Table 14 Stabilitas Abutment

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan momen		Mx = V . Y Momen penahan (t/m)	My = H . Y momen penahan (t/m)
			X (m)	Y (m)		
Rv	48,722 t		1,72		83.802	
Wc	94.754 t		1,52		144.026	
Wt ₁	133.113 t		1,89		251.583	
Wt ₂	8.591 t		1,65		14.175	
Rrt		1,5		10,7		16.05
Gg		11,203		4,5		50.4
Pa		8.378		1.9		15.92
P _p		19.9825		1,8		35.968
P _{tr}		4.106		2.9		11.9074
P _{air}		15,636		2		31.272
P _{ag}		29.0988		1.9		55.188
Σ	285.18	89.01			493.586	200.705

Sumber: hasil perhitungan Stabilitas Abutment

5. Stabilitas terhadap geser abutment

$$\Sigma V = \text{ gaya vertical} = 285.18 \text{ ton}$$

$$\Sigma H = \text{ Gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif)} = 89.01 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{285.18 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 30^\circ + 7,5 \times 3}{89.01} = 1.37 \geq 1 \dots \text{OK}$$

6. Stabilitas terhadap guling abutment

$$\Sigma M_x = \text{momen penahan} = 493.586 \text{ tm}$$

$$\Sigma M_y = \text{momen guling} = 200.705 \text{ tm}$$

$$SF = \frac{493.586}{200.105} = 2,45 \geq 1 \dots \text{OK}$$

7. Terhadap eksentrisitas (e)

$$E = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_x - \Sigma M_y}{\Sigma V} < \frac{B}{6} = \frac{3}{2} - \frac{493.586 - 200.705}{285.18} > \frac{3}{6} = 0,472 < 0,5$$

8. Kontrol tegangan tanah pada abutment

$$\sigma = \frac{\sum V}{B.L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) = \frac{285.18}{3 \times 6} - \left(1 \pm \frac{6.0,509}{3}\right)$$

$$\sigma_{maks} = 15,8433 + 0,818 = 16.661 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{min} = 15,8433 - 0,818 = 15.033 \text{ t/m}^2 \quad \left. \vphantom{\sigma_{min}} \right\} \boxed{23,866 \text{ t/m}^2}$$

Saat beban bangunan Atas belum bekerja

Table 15 beban Bangunan Atas belum bekerja

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan momen		Mx = V . Y Momen penahan (t/m)	My = H . Y momen penahan (t/m)
			X (m)	Y (m)		
Wc	94.754 t		1,52		144.026	
Wt ₁	133.113 t		1,89		251.583	
Pa		8.378		1.9		15.92
Pp		19.9825		1,8		35.968
P _{tr}		4.106		2.9		11.9074
P _{ag}		29.0988		1.9		55.188
Σ	227.858	32.4665			395.609	118.9834

Sumber : Hasil hitungan saat beban Bangunan atas

5. Stabilitas terhadap geser abutment

$$\sum V = \text{gaya vertical} = 227.858 \text{ ton}$$

$$\sum H = \text{Gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif)} = 32.4665 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{227.858 \times \tan \frac{2}{3} + 7,5 \times 3}{32.4665} = 3.14 \geq 1 \dots \text{OK}$$

6. Stabilitas terhadap guling abutment

$$\sum M_x = \text{momen penahan} = 395.609 \text{ tm}$$

$$\sum M_y = \text{momen guling} = 118.983 \text{ tm}$$

$$SF = \frac{395.609}{118.983} = 3.33 \geq 1 \dots \text{OK}$$

7. Terhadap eksentrisitas (e)

$$E = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_x - \sum M_y}{\sum V} < \frac{B}{6} = \frac{3}{2} - \frac{395.609 - 118.9834}{227.858} < \frac{3}{6} = 0,286 < 0,5$$

8. Kontrol tegangan tanah pada abutment

$$\sigma = \frac{\sum V}{B.L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) = \frac{227.858}{3 \times 6} - \left(1 \pm \frac{6.0,259}{3}\right)$$

$$\sigma_{maks} = 12.659 + 0,518 = 13.176 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{min} = 12.659 - 0,518 = 12.141 \text{ t/m}^2 \quad \left. \vphantom{\sigma_{min}} \right\} \boxed{23,5497 \text{ t/m}^2}$$

Saat keadaan gempa

Table 16 Gaya - gaya eksternal saat keadaan gempa

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan momen		Mx = V . Y Momen penahan (t/m)	My = H . Y Y momen penahan (t/m)
			X (m)	Y (m)		
Rv	48.722		1.72		83.802	
Wc	94.754		1.52		144.026	
Wt ₁	133.113		1.89		251.583	
Wt ₂	8.591		1.65		14.175	
Rrt		1.5		10.7		16.05
Gg		11.203		4.5		50.4
Pa		8.378		1.9		15.92
Pp		19.9825		1.8		35.968
P _{tr}		4.106		2.9		11.9074
P _{air}		15.636		2		31.272
E ₁		3.137		6.24		19.574
E ₂		1.532		2.09		6.556
Σ	285.179	94.573			493.586	181.657

Sumber : Hasil hitungan gaya - gaya eksternal saat keadaan gempa

4 Stabilitas terhadap geser abutment

$$\Sigma V = \text{gaya vertical} = 285.179 \text{ ton}$$

$$\Sigma H = \text{Gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif)} = 94.573 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{285.179 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 30^{\circ} + 7,5 \times 3}{94.573} = 2,6 \geq 1 \dots \text{OK}$$

5 Stabilitas terhadap guling abutment

$$\Sigma Mx = \text{momen penahan} = 493.586 \text{ t/m}$$

$$\Sigma My = \text{momen guling} = 181.657 \text{ t/m}$$

$$SF = \frac{493.586}{181.657} = 2,4 \geq 1 \dots \text{OK}$$

6 Terhadap eksentrisitas (e)

$$E = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma Mx - \Sigma My}{\Sigma V} < \frac{B}{6}$$

$$= \frac{3}{2} - \frac{493.586 - 181.657}{285.179} < \frac{3}{6}$$

$$= 0,406 < 0,5$$

7 Kontrol tegangan tanah pada abutment

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{B.L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) = \frac{285.179}{3 \times 6} - \left(1 \pm \frac{6.0,502}{3}\right)$$

$$\sigma_{\text{maks}} = 15.8433 + 1,004 = 16.8473 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = 15.8433 - 1,004 = 14.8393 \text{ t/m}^2$$

23,866 t/m²

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil tinjauan Abutment Jembatan dapat ditarik sebagai kesimpulan yaitu :

1. Gaya-gaya yang bekerja terhadap stabilitas Abutment Aia Saria k Sungai Kapur Solok Selatan Berikut adalah macam-macam gaya yang bekerja terhadap kestabilan Abutment :
 - a) Gaya akibat rem dan traksi 1,5 t
 - b) Gaya gesek terhadap tumpuan bergerak 11,203 t
 - c) Gaya Tekanan Akibat Beban Mati 44,811 t
 - d) Gaya Tekanan tanah aktif 13,714 t
2. Untuk hasil kesimpulan kestabilan konstruksi Abutment 1 dan Abutment 2 jembatan pada (saat normal, saat bangunan atas belum bekerja, dan saat keadaan gempa.) ada pada table dibawah:

Tabel 17 Hasil kesimpulan kestabilan konstruksi Abutment 1 dan 2

Abutment 1						Abutment 2					
Saat keadaan normal		Beban atas belum bekerja		saat keadaan gempa		Saat keadaan normal		Beban atas belum bekerja		saat keadaan gempa	
SF	E	SF	E	SF	E	SF	E	SF	E	SF	E
2,4	0,49	2,9	0,36	2,1	0,41	2,4	0,49	3,3	0,286	2,4	0,40
3	1	9	$\geq 0,5$	2	$2 \geq$	5	$1 \geq$	3	$\geq 0,5$	≥ 1	$6 \geq$
≥ 1	$\geq 0,5$	≥ 1	$\geq 0,5$	≥ 1	0,5	≥ 1	0,5	≥ 1	$\geq 0,5$	≥ 1	0,5

Saran

1. Adapun saran yang dapat dijadikan pertimbangan dan masukan bagi pembaca adalah sebagai berikut :
2. Dalam menghitung debit air ,maka data-data yang diperlukan harus lengkap.
3. Untuk analisa perhitungannya agar lebih cepat dan cermat dapat dilakukan dengan menggunakan program computer.
4. Masih banyaknya kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu berharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim; 2017; SE No. 05/SE/Db/2017; Kriteria Disain Jembatan Standar, DIREKTORAT JENDRAL BINA MARGA, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta Selatan.
- Anonim; 1971; Peraturan Beton Bertulang Indonesia; DIREKTORAT JENDRAL CIPTA KARYA, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim; 2016; Standart Nasional Indonesia; Pembebanan Untuk Jembatan; BADAN STANDARDISASI NASIONAL, Jakarta.

Buku tentang Jembatan DR.IR BAMBANG SUPRIYADI, CES, DEA,. AGUS SETYO MUNTOHAR, ST CETAKAN KE-IV

Gunawan, Rudy.; 1983 Pengantar Teknik Pondasi; Penerbit Kanisius,

<https://www.situstekniksipil.com/2017/11/pelaksanaan-pengerjaan-abutment.html>

Supardi; 1998; Materi Kuliah Beton II (Struktur Pelat); Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Surakarta.

Yogyakarta. Struyk, H.J.; Jembatan; Penerbit Pradnya Paramitha, Jakarta.

Anonim; 2002; Standart Nasional Indonesia; BADAN STANDARDISASI NASIONAL, Bandung.

Fathona Fajri Junaidi. 2014. " Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi.

(Ruas Jembatan Ampera Sampai Dengan Pulau Kemaro), Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Asdak, C., 2014. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Hardianto Bambang, dkk. 2014. Open Channel, Closed Conduit, dan Tipe-tipe Aliran . Universitas Islam Malang. Malang

Mangelsdorf, J., dan K. Scheurmann. 1980. Flussmorphologie. Miinchen.: R. Olden-bourg

Miller, W., 2003. Model for The Time Rate of Local Sediment Scour At A Cylindrical Structure, Disertasi, PPS Universitas Florida.