

**STUDI KEKUATAN STABILITAS ABUTMENT PADA JALAN TOL
PANDAAN – MALANG STA 15 + 916 TERHADAP PENGARUH GEMPA
SESUAI DENGAN SNI 2833 - 2016
(STUDI KASUS: JALAN TOL PANDAAN – MALANG STA 15 + 916, PASURUAN – JAWA TIMUR)**

Lilonna Ayu Heragita

Dosen Pembimbing:

Ir. Pujo Priyono, MT. ; Ir. Suhartinah, MT.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

Email : heragita484@gmail.com

RINGKASAN

Secara struktural jembatan dipisahkan menjadi bangunan atas dan bangunan bawah. Sesuai fungsinya, bangunan bawah jembatan menopang dan meneruskan beban dari bangunan atas jembatan ke lapisan tanah yang kuat dan stabil/solid. Bangunan bawah jembatan terdiri dari abutmen dan pondasi, dimana abutmen bisa juga berfungsi sebagai pondasi jembatan.

Metode yang digunakan untuk analisis kestabilan abutmen pada penelitian ini adalah metode pendekatan berdasarkan SNI 2833 – 2016 gempa jembatan. Kemudian dianalisa kestabilannya dengan syarat harus memenuhi nilai faktor keamanan SF Geser pons $> P_u$, SF Guling $> 2,5$, SF daya dukung borepile Pijin $> P_{maks}$.

Dari analisis kekuatan stabilitas yang telah dilakukan pada studi kasus ini menyatakan bahwa nilai analisis geser pons menyisakan ratio presentase sebesar 46,82 %, nilai stabilitas guling arah x menyisakan ratio presentase sebesar 7,41 %, dan nilai kekuatan daya dukung bore pile menyisakan ratio presentase sebesar 34,45 %.

Kata kunci : Kestabilan terhadap geser pons, guling arah x, dan kekuatan bore pile.

ABSTRACT

Structurally the bridges are separated into upper buildings and lower buildings. According to its function, the building under the bridge supports and continues the load from the building over the bridge to a strong and stable / solid soil layer. The building under the bridge consists of abutments and foundations, where abutments can also function as a bridge foundation.

The method used to analyze the stability of the abutment in this study is the approach method based on SNI 2833 - 2016 earthquake bridge. Then the stability is analyzed with the condition that it must meet the SF safety factor values Slide punch $> P_u$, SF Bolster > 2.5 , SF carrying capacity borepile Pijin $> P_{maks}$.

From the analysis of the stability of strength that has been carried out in this case study states that the pons shear analysis value leaves a percentage ratio of 46.82 %, the value of the x direction bolster stability leaves a percentage ratio of 7.41 %, and the carrying capacity of bore pile leaves a percentage ratio amounting to 34.45 %.

Keywords: Stability against punch slides, x direction bolsters, and bearing strength bore pile.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan struktur yang sangat penting untuk menghubungkan sungai, selat, lembah, laut, dan lainnya. Sehingga dapat memperlancar transportasi darat dimana dengan adanya jembatan dapat mempersingkat waktu perjalanan.

Untuk menunjang ekonomi masyarakat secara keseluruhan dan berkesinambungan, sangat perlu adanya sarana dan prasarana infrastruktur diantaranya meningkatkan layanan jalan guna memperlancar laju pertumbuhan ekonomi di semua sektor. Dalam upaya mendukung kemudahan akses, pemerintah merencanakan pembangunan jalan tol Pandaan – Malang.

Terkait kemampuan jembatan pada stabilitas kekuatan abutment menerima beban, diantaranya adalah beban gempa serta dipengaruhi 3 lempengan tektonik yang terletak di Indonesia. Mengenai pengaruh beban gempa pada stabilitas kekuatan abutment menurut SNI 2833-2013 harus diperhitungkan dan diproyeksikan dalam perencanaan struktur bawah jembatan.

Maka dalam kesempatan Tugas Akhir kali ini, Penulis tertarik mengambil topik permasalahan tentang perencanaan jembatan yakni dengan mengambil judul “Studi Kekuatan Stabilitas Abutment Pada Jalan Tol Pandaan – Malang Sta 15 + 916 Terhadap Pengaruh Gempa Sesuai dengan SNI 2833-2016”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh stabilitas geser dan guling terhadap konstruksi abutment STA 15 + 916 di jalan tol Pandaan – Malang ?
2. Berapa besar kekuatan bore pile menahan beban kekuatan akibat struktur jembatan pada STA 15 + 916 di jalan tol Pandaan Malang ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui perhitungan stabilitas geser dan guling pada abutment.
2. Untuk mengetahui kekuatan bore pile yang menahan beban keseluruhan akibat beban struktur jembatan.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang didefinisikan dalam pembuatan Tugas Akhir antara lain:

1. Aspek yang ditinjau adalah jembatan Jalan Tol Pandaan – Malang STA 15 + 916 , meliputi aspek kontruksi jembatan, perhitungan struktur jembatan, gambar kontruksi.
2. Perancangan pada struktur abutment jembatan Jalan Tol Pandaan – Malang STA 15 + 916 serta kombinasi yang didalamnya terdapat faktor beban gempa.
3. Tidak menghitung dan menganalisis sambungan dan manajemen proyek

1.5 Manfaat

1. Untuk memberikan manfaat dan informasi secara lebih detail tentang kekuatan stabilitas geser dan guling pada struktur bawah jembatan.
2. Dari hasil perhitungan analisis struktur bawah jembatan Jalan Tol Pandaan – Malang STA 15 + 916, maka diharapkan dapat mengetahui pengaruh stabilitas geser dan guling pada abutment serta kekuatan borepile.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Definisi Jembatan

Jembatan ialah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas). Jembatan yang merupakan bagian dari jalan, sangat diperlukan dalam sistem jaringan transportasi darat

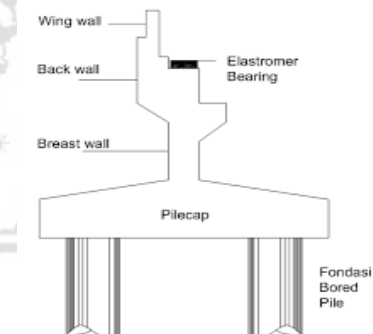
yang akan menunjang pembangunan pada daerah tersebut (Struyk, 1984).

Secara garis besar konstruksi jembatan terdiri dari dua komponen utama yaitu bangunan atas (*super structure/upper structure*) dan bangunan bawah (*sub structure*). Bangunan atas merupakan bagian jembatan yang menerima langsung beban dari orang dan kendaraan yang melewatinya. Bangunan atas terdiri dari komponen utama yaitu rantai jembatan, rangka utama, gelagar melintang, gelagar memanjang, diafragma, pertambahan dan perletakan/andas. Selain itu juga terdapat komponen penunjang pada bangunan atas yaitu trotoir, perlengkapan sambungan, *ralling*, pagar jembatan, drainase, penerangan dan parapet. Bangunan bawah merupakan bagian jembatan yang menerima beban dari bangunan atas ditambah tekanan tanah dan gaya tumbukan dari perlintasan di bawah jembatan. Bangunan bawah meliputi pilar jembatan (*pier*), pangkal jembatan (*abutment*) dan pondasi.

Secara umum konstruksi abutment terdiri dari beberapa bagian, aapun bagian-bagian konstruksi abutment terdiri dari :

1. Pile Cap (Pelat Dasar) terdiri dari tumpuan muka dan tumpuan belakang, pelat dasar ini juga disebut footing slab. Apabila menggunakan pondasi tiang pancang (Spun Pile) ataupun pondasi sumuran (Bore Pile), maka pelat dasar ini berfungsi untuk mengikat dan menyatukan antara abutment dengan tiang (pile).
2. Breast Wall disebut juga tembok longitudinal, dimana konstruksi ini harus mampu menerima gaya horizontal akibat tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif, gaya gempa, serta menyeluruh gaya vertikal yang bekerja.

3. Tempat Sepatu konstruksi tempat perletakan dari gelagar memanjang maupun melintang.
4. Perletakan (Elastomeric bearing pad) bantalan yang berfungsi untuk mengurangi getaran yang terjadi pada gelagar akibat beban dan kendaraan yang bergerak. Getaran tersebut kemudian diteruskan ke dinding abutment untuk kemudian diteruskan ke pondasi.
5. Back Wall konstruksi dinding yang berfungsi sebagai pembatas antara gelagar dengan tanah belakang abutment. Selain itu juga, back wall berfungsi sebagai penahan gelagar agar tidak bergeser ke arah belakang abutment.
6. Wing Wall berfungsi untuk melindungi bagian belakang abutment dari tekanan tanah yang bekerja.



Gambar 2.5 Bagian-bagian Pada Abutment

2.2 Kriteria Perencanaan Abutment

Pada perencanaan abutment jembatan ini akan diperhitungkan banyak gaya dan beban yang bekerja pada abutment tersebut. Gaya-gaya tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

2.3 Gaya-gaya yang bekerja pada abutment

- Gaya akibat beban mati
- Gaya Horizontal akibat gesekan tumpuan bergerak (Hg)
Koefisien gesekan = 0,25
(PPPJJR / 1987 pasal 2.6.2)
H gesekan = koefisien gesekan Rvd

$$R_{vd} = \frac{P_{total}}{2} = \dots \text{t} \dots \dots \dots (2.7)$$

- Gaya akibat beban hidup

$$R_{qL} = \frac{P}{2} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$R_{PL} = \frac{P}{2,75} \times k \times l = \dots \text{ton} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$\text{Koefisien kejut} = 1 + \frac{20}{50+L} = \dots \text{ton} \dots \dots \dots (2.10)$$

- Gaya akibat rem dan traksi
Diperhitungkan 5% dari beban D tanpa koefisien kejut dengan titik tangkap 1,8m diatas permukaan lantai kendaraan (PPPJJR / 1987 hal 15).

- Gaya gempa akibat bangunan atas

$$\text{Traksi } R_{rt} = \frac{5\% \times (R_{PL} + R_{qL})}{7} = \dots \text{ton} \dots \dots \dots (2.11)$$

- Gaya horizontal tanah

$$K_a = \frac{1}{2} g^2 (45^\circ - \frac{\phi}{2}) \dots \dots \dots (2.13)$$

$$K_p = \frac{1}{2} g^2 (45^\circ + \frac{\phi}{2}) \dots \dots \dots (2.14)$$

2.4 Hitungan daya dukung tanah dasar pondasi

Daya dukung tanah dasar pondasi berdasarkan rumus Tarzhagi untuk pondasi

$$Q_{ult} = C \cdot N_c + D \cdot \gamma_1 \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \dots \dots \dots (2.18)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \dots \dots \dots (2.19)$$

Perhitungan stabilitas abutment

- Syarat aman terhadap geser

$$SF = \frac{\sum V \cdot \tan \frac{2}{3} \phi + c \cdot B}{\sum H} \dots \dots \dots (2.20)$$

- Syarat aman terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M_x}{\sum M_y} \dots \dots \dots (2.21)$$

- Syarat aman terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_x - \sum M_y}{\sum V} < \frac{B}{6} \dots \dots \dots (2.22)$$

- Kontrol terhadap tegangan

$$\sigma = \frac{F_v}{B \cdot L} - \left[1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right] \dots \dots \dots (2.23)$$

$$\sigma_{maks} = Q_{all} \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_{min} \leq Q_{all} \quad (\text{OK})$$

2.5 Penulangan Abutment

- Pelat Injak

Beban Sendiri plat injak (wd) = Luasan x Berat jenis (kN/m)

Beban Tanah timbunan (wd) = Luasan x Berat jenis (kN/m)

Berat aspal (wd) = Luasan x Berat jenis (kN/m)

Berat Kendaraan (wl) = Luasan x Berat jenis (kN/m)

Didapat

$$q_u = 1,3 \text{ wd} + 1,8 \text{ wl} = \dots (\text{kN/m}) \dots \dots \dots (2.24)$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 \dots \dots \dots (2.25)$$

Mu = momen ultimate (kN.m)

qu = beban merata ultimate (kN/m)

L = lebar plat injak (m)

- Penulangan

$$\rho_{min} = \left(\frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \dots \dots (2.26)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{min} \dots \dots \dots (2.27)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y \times \frac{1,4}{f_y}} \dots \dots \dots (2.28)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 + f'_c} \dots \dots \dots (2.29)$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \dots \dots \dots (2.30)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \dots \dots \dots (2.31)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right\} \dots \dots \dots (2.32)$$

Jarak tulangan tekan dengan serat terluar

$$d' = h + p + 0,5 \phi \dots \dots \dots (2.33)$$

- Perhitungan Dinding Sayap

$$K_a = (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi) \dots \dots \dots (2.38)$$

- Akibat tekanan tanah pada dinding sayap

$$T_{t1} = q_u \times K_a \times h \dots \dots \dots (2.39)$$

$$T_{t2} = 0,5 \times \gamma \text{ tanah} \times h^2 \times K_a \dots \dots \dots (2.40)$$

$$T_{t3} = P_{aq} + P_{ah} \dots \dots \dots (2.41)$$

- Beban gempa statikekivalen
 $T_{EQ} = Kh \times I \times Wt = 0,238875 \times Wt \dots\dots\dots(2.43)$
- Tekanan tanah dinamis akibat gempa
 $T_{EQ2} = H \times Ws \times \Delta K_{AG} \times B_y \dots\dots\dots(2.44)$



Gambar 3.2 Gambar Abutment

2.6 Perhitungan Pondasi Bore pile

Untuk memprediksi besarnya kapasitas dukung selimut maupun kapasitas dukung ujung dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Reese & Wright (1997)* dan metode *kulhawy*. Kapasitas dukung ultimit pada ujung (Q_p) tiang bor disajikan sebagai berikut :

$$Q_p = q_p \cdot A \dots\dots\dots(2.49)$$

Dimana :

Q_p = Kapasitas dukung ultimit ujung tiang

q_p = Kapasitas dukung ultimit pada ujung tiang per satuan luas (ton/m²)

A = Luas penampang tiang bor (m²)

Perhitungan kapasitas dukung selimut (Q_s) tiang bor pada tanah homogen :

$$Q_s = f_s \cdot L_p \cdot P \dots\dots\dots(2.50)$$

Untuk tanah kohesif menggunakan formula :

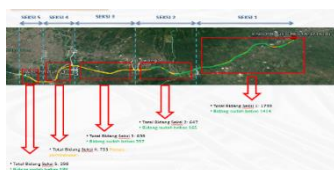
$$f_s = \alpha \cdot c_u \dots\dots\dots(2.51)$$

Jika tiang bor terletak pada tanah berlapis maka formula untuk memperoleh nilai kapasitas dukung ultimit selimut tiang (Q_s) dapat dimodifikasi menjadi :

$$Q_s = \sum_{i=1}^n f_i \text{ lip} \dots\dots\dots(2.52)$$

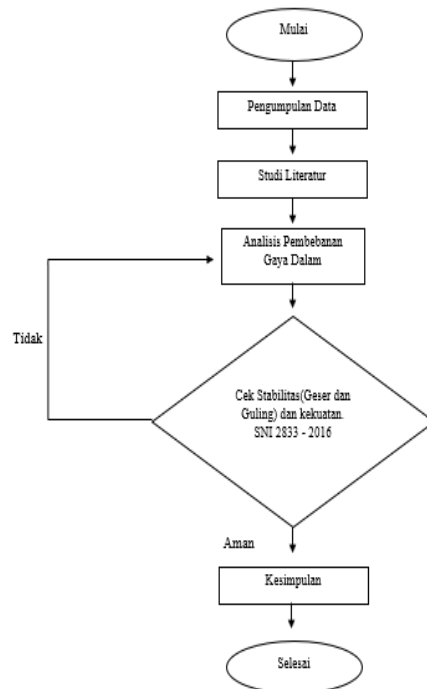
2.7 Lokasi Proyek

Lokasi proyek jalan tol Pandaan – Malang berada di Kabupaten Pasuruan dan Kabupaten Malang. Jembatan yang di tinjau berupa di seksi 2 STA 15 + 916 pada desa Parerejo, Kecamatan Purwodadi – Pasuruan.



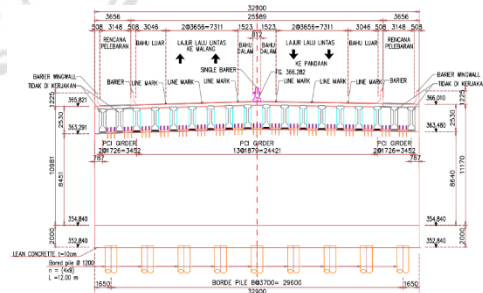
Gambar 3.1 Peta lokasi proyek

2.8 Kerangka Pemikiran



3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Perhitungan Pembebanan dan Momen Pada Abutment



Gambar 4.1 Potongan Abutment

3.1.1 Data Struktur Atas

Uraian Dimensi :

- Tebal Slab Lantai = 0.25 m
- Tebal aspal+overlay = 0.10 m
- Tebal lantai trotoar = 0.30 m
- Tebal Genangan Hujan = 0.05 m
- Jumlah Balok Utama = 18 buah

- Jarak Antar Balok = 1.88 m
 - Lebar jalur lalu lintas = 15.54 m
 - Lebar Median = 0.81 m
 - Lebar total = 32.90 m
 - Panjang bentang = 41.10 m
 - Tinggi bidang samping = 1.23 m
 - Tinggi girder prategang = 1.70 m
- Bahan Struktur :
- Mutu Beton : K 300
 - Kuat Tekan : 24.9 Mpa

3.1.2 Analisis Beban Kerja

Dari perhitungan analisis beban kerja pada abutment didapatkan rekap beban kerja sebagai berikut :

Tabel 4.13 Rekap beban kerja

No	Aksi Beban	Kode	Vertikal P (kN)	Horizontal		Momen	
				Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)
A.							
1	Aksi tetap						
1	Berat sendiri	MS	58669.83			-160232.94	
2	Beban mati tambahan	MA	1767.83			2483.81	
3	Tekanan tanah	TA		45288.09		268441.48	
B.							
4	Beban lajur "D"	TD	1786.03			0.00	
5	Beban pedestrian	TP	97.22			0.00	
6	gaya rem			250.00		4230.00	
C.							
7	Aksi lengkungan						
7	Temperatur	ET		69.36		737.98	
8	Beban angin	EW	41.43		102.33	0.00	1278.76
9	Beban gempa	WQ		19243.86	18358.28	137861.39	110025.43
10	Tek tanah dinamis			32543.77		183546.89	
D.							
11	Aksi lintang						
11	Gesekan	FB		2405.69		25596.59	

3.1.3 Kontrol Stabilitas Guling

3.1.3.1 Stabilitas Guling Arah X

Pondasi tiang tidak diperhitungkan dalam analisis stabilitas terhadap guling, sehingga SF = 2.5

Letak titik guling A (ujung pondasi) terhadap pusat pondasi

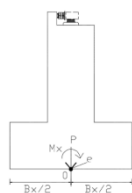
$$B_x/2 = 6.6185m$$

k = persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_x = momen penyebab guling arah X

Momen penahan guling : $M_{px} = P \times (B_x/2) \times (1+k)$

Angka aman terhadap guling : SF = M_{px}/M_x harus ≥ 2.5



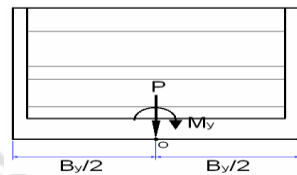
Tabel 4.20 Stabilitas Guling Arah X

No	KOMBINASI BEBAN	k	P kN	M _x kNm	M _{px} kNm	SF	Keterangan
1	KOMBINASI-1	0%	62320,93	133288,933	412471,045	3,1	>2,5(OK)
2	KOMBINASI-2	25%	62362,354	192842,819	515931,552	2,7	>2,5(OK)
3	KOMBINASI-3	40%	62362,354	137518,933	577843,338	4,2	>2,5(OK)
4	KOMBINASI-4	40%	62362,354	138256,884	577843,338	4,2	>2,5(OK)
5	KOMBINASI-5	50%	60437,669	163659,144	600010,071	3,7	>2,5(OK)

3.1.3.2 Stabilitas Guling Arah Y

Letak titik guling A (ujung pondasi) terhadap pusat pondasi

$$B_y/2 = 16.5 m$$

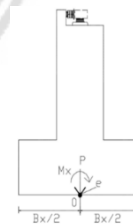


Tabel 4.21 Stabilitas Guling Arah Y

No	KOMBINASI BEBAN	k	P kN	M _y kNm	M _{py} kNm	SF	Keterangan
1	KOMBINASI-1	0%	62320,925	0,000	1025179,22		
2	KOMBINASI-2	25%	62362,354	1278,760	1282325,91	1002,79	>2,5(OK)
3	KOMBINASI-3	40%	62362,354	1278,760	1436205,02	1123,12	>2,5(OK)
4	KOMBINASI-4	40%	62362,354	1278,760	1436205,02	1123,12	>2,5(OK)
5	KOMBINASI-5	50%	60437,669	110025,430	1491299,49	13,55	>2,5(OK)

3.1.4 Kontrol Stabilitas Guling

3.1.4.1 Stabilitas Geser Arah X



Parameter pile cap :

Sudut gesek dalam $\phi = 14^\circ$

Kohesi $c = 0.16 \text{ kPa}$

Ukuran pile cap $B_x = 13,2 \text{ m}$

$B_y = 32.9 \text{ m}$

k = persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

T_x = gaya penyebab geser

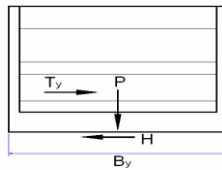
Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan \phi) * (1 + k) \quad \text{harus} > 1.2$$

Tabel 4.22 Stabilitas Geser Arah X

No	KOMBINASI BEBAN	k	T _x	P	H	SF	Keterangan
1	KOMBINASI-1	0%	47493,783	6320,9254	155469,515	3,3	>1,2(OK)
2	KOMBINASI-2	25%	78081,863	62362,3542	194448,605	2,5	>1,2(OK)
3	KOMBINASI-3	40%	47943,78	62362,3542	217774,076	4,5	>1,2(OK)
4	KOMBINASI-4	40%	48013,139	62362,3542	217774,076	4,5	>1,2(OK)
5	KOMBINASI-5	50%	51787,64	60437,6693	226125,466	4,4	>1,2(OK)

3.1.4.1 Stabilitas Geser Arah X



Parameter tanah dasar pile cap :

Sudut gesek dalam $\phi = 14^\circ$

Kohesi $c = 0.16 \text{ kPa}$

Ukuran pile cap Bx = 13.24 m

By = 32.9 m

k = persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

T_x = gaya penyebab geser

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan \phi) * (1 + k) \quad \text{harus} > 1.2$$

Tabel 4.23 Stabilitas Geser Arah Y

No	KOMBINASI BEBAN	k	T _y (kN)	P (kN)	H (kN)	OT	Keterangan
1	KOMBINASI-1	0%	0	6320,9254	15609,6632	190,63	>1,2(OK)
2	KOMBINASI-2	25%	102,33129	62362,3542	21840,1192	213,43	>1,2(OK)
3	KOMBINASI-3	40%	102,33129	62362,3542	21840,1192	213,43	>1,2(OK)
4	KOMBINASI-4	40%	102,33129	62362,3542	21840,1192	213,43	>1,2(OK)
5	KOMBINASI-5	50%	15358,285	60437,6693	22675,2682	1,48	>1,2(OK)

3.2 Analisis Beban Ultimit

3.2.1 Pile Cap

Tabel 4.30 Rekap Kombinasi Beban Ultimit Pile Cap

No	KOMBINASI BEBAN	P _o (kN)	T _{ux} (kN)	T _{uy} (kN)	M _{ux} (kNm)	M _{uy} (kNm)
1	KOMBINASI-1	83428,23	57195,34	122,80	137812,17	1534,51
2	KOMBINASI-2	83378,52	59599,0325	0	163408,7667	0
3	KOMBINASI-3	83428,23	59515,81	122,80	162523,28	1534,51
4	KOMBINASI-4	83622,48	57195,34	122,80	137812,17	1534,51
5	KOMBINASI-5	79806,45	78299,47	153,5828	449874,91	110025,43

3.2.2 Breast Wall

3.2.2.1 Tekanan Tanah (TA)

$$H' = 14.92 \text{ m} \quad \phi' = 0,3203 \text{ rad}$$

$$K_a = 0.530152 \quad W_s = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$0.6 \times W_s = 10.2 \text{ kN/m}^3$$

$$B_y = 32.9$$

Tabel 4.31 Gaya Akibat Tekanan Tanah

No.	Gaya akibat tekanan tanah	T _{TA} (kN)	Lengan thd O	y (m)	M _{TA} (kNm)
1	TTA = (0.60 * ws) * H * K _a * B _y	2654,99	y = H / 2	7,46	19801,770
2	TTA = 1/2 * H ² * ws * K _a * B _y	33002,95	y = H / 3	4,97	164134,673
	T _{TA} =	33657,94			183936,443

3.2.2.2 Beban Gempa

$$T_{EQ} = K_h \times I \times W_t = 0.3272059 \times W_t$$

Tabel 4.32 Beban Gempa Pada Bagian Breast Wall

No.	Berat Wt (kN)	TEQ (kN)	Uraian lengan terin dtp titik O	Besar (m)	MEQ (kNm)
STRUKTUR ATAS					
P _{ur}	11597,14	3794,6517	y = H	14,92	56616,203
P _{MA}	1767,83	578,44578	y = H	14,92	8630,411
BREAST WALL					
1	221,5618	72,496311	v1 = c-h4+h3+h2-h1/2	14,46	1048,297
2	387,7331	126,86834	h2 = c-h4+h3+h2/2	13,20	1674,030
3	168,5796	55,160237	v3 = c-h4+h3/2	12,04	664,129
4	36,1242	11,820051	v4 = c+2/3*h4	11,59	136,994
5	0	0	v5 = d-h6+h5/2	0	0,000
6	0	0	v6 = d+2/3*h6	0,000	0,000
7	-3667,81	-1200,129	v7 = h/2	-1,525	1830,197
	T _{EQ}	3439,3134			70600,262

3.2.2.3 Beban Ultimit Breast Wall

Tabel 4.35 Beban Ultimit Breast Wall

No	KOMBINASI BEBAN	Arah	Vertikal		Horizontal		Momen	
			Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)	
A								
1	Alas tetap							
1	Berat sendiri	1,3	11878,32					
2	Beban mati tambahan	2,0	2535,67					
3	Tekanan tanah	1,3		44671,68		228920,66		
B								
4	Beban hidup	2,0	3572,07					
5	Beban pedestrian							
6	gaya geser	2,0	500,00			760,00		
C								
7	temperatur	1,2		82,23		719,00		
8	Beban angin	1,2	49,71		122,80		1288,92	
9	Beban gempa							
10	Efek tanah gersam							
D								
11	Desain		18534,77	45154,91	122,80	238029,64	1288,92	

Tabel 4.41 Rekap Kombinasi Beban Ultimit Breast Wall

No	KOMBINASI BEBAN	P _o (kN)	T _{ux} (kN)	T _{uy} (kN)	M _{ux} (kNm)	M _{uy} (kNm)
1	KOMBINASI-1	18534,77	45154,91	122,80	238029,64	1288,92
2	KOMBINASI-2	18497,058	47560,6012	0	258884,8434	0
3	KOMBINASI-3	18534,77	47477,37	122,80	258165,76	1288,92
4	KOMBINASI-4	18923,67	45154,91	122,80	238029,64	1288,92
5	KOMBINASI-5	14914,99	73770,61	3489,31	555612,43	70800,26

3.2.3 Back Wall

Tabel 4.45 Beban Ultimit Back Wall Bawah

No	Aksi Beban	Kode beban	Faktor Beban	Beban Kerja		Beban Ultimit	
				T (kN)	M (kN-m)	Tu (kN-m)	Mu (kN-m)
A							
1	Berat sendiri						
2	Beban mati tambahan						
3	Tekanan tanah	TA	1,25	1599,09	1549,69	1748,86	1712,11
B							
4	Beban lalu lintas						
5	Beban pedestrian						
6	gaya rem						
C							
7	Aksi lingkungan						
8	Temperatur						
9	Beban angin						
10	Tek tanah dinamis	EQ	1,0	199,4	252,2	199,4	252,2
11	Aksi lainnya						
D							
Gesekan				5997,66	4987,70	5947,43	7330,13

Tabel 4.49 Beban Ultimit Back Wall Atas

No	Aksi Beban	Kode beban	Faktor Beban	Beban Kerja		Beban Ultimit	
				T (kN)	M (kN-m)	Tu (kN-m)	Mu (kN-m)
A							
1	Berat sendiri						
2	Beban mati tambahan						
3	Tekanan tanah	TA	1,25	289,16	113,77	361,45	142,22
B							
4	Beban lalu lintas						
5	Beban pedestrian						
6	gaya rem						
C							
7	Aksi lingkungan						
8	Temperatur						
9	Beban angin						
10	Tek tanah dinamis	EQ	1,0	71,5	33,3	71,5	33,3
11	Aksi lainnya						
D							
Gesekan				4095,49	1879,44	4167,78	1907,88

3.2.4 Wing Wall

Tabel 4.55 Beban Ultimit Wing Wall

No	Aksi Beban	Faktor beban	Vu (kN)	Muy (kN-m)	Mux (kN-m)
A					
1	Berat sendiri				
2	Beban mati tambahan				
3	Tekanan tanah	1,25	10380,19	53545,63	39766,5023
B					
4	Beban lalu lintas				
5	Beban pedestrian				
6	gaya rem				
C					
7	Aksi lingkungan				
8	Temperatur				
9	Beban angin				
10	Tek tanah dinamis	1,0	359,09	2678,84	1375,67
11	Aksi lainnya	1,0	5999,09	59407,66	22982,53
D					
Gesekan			16738,37	115632,10	64124,70

3.3 Analisis Pondasi Abutment

1. Data Material Pondasi

Bahan Material Pondasi :

Mutu beton K-350

Kuat tekan beton $f'_c=29.5$ Mpa

Mutu baja tulangan U- 39

Tegangan leleh baja $f_y=390$ MPa

Modulus elastisitas beton
 $E_c=25332.084$ MPa

Berat beton bertulang
 $w_c=24.00$ kN/m³

Pondasi End Bearing Dan Friction :

Berat volume tanah $w_s=23$ kN/m³

Sudut gesek dalam $\phi=44^\circ$

Kohesi tanah, $c=10$ kPa

Dimensi Pile Cap :
 Lebar arah x, $B_x=13.2$ m
 Tebal, $h_p=2.00$ m

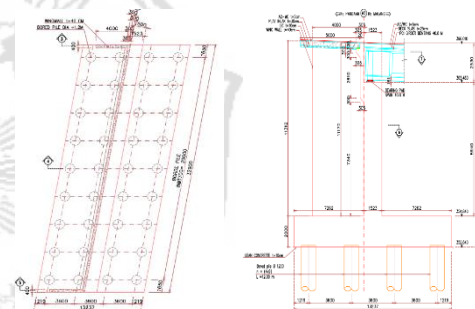
Lebar arah y, $B_y=32.9$ m
 Tebal, $h_t=2.00$ m

Dimensi tiang Bore Pile :

Diameter luar $D=0.8$ m

Panjang, $L=12.0$ m

Jarak pusat tiang pancang terluar terhadap sisi luar Pile cap $a=1.65$ m



Gambar 4.5 Denah Bore Pile & Detail Abutment

Data Susunan Bore Pile :

Jumlah baris tiang $n_y=9$

Jumlah tiang dalam satu baris $n_x=4$

Jarak antara tiang dalam arah X

$X=3.6$ m

Jarak antara tiang dalam arah Y

$Y=3.7$ m

3.2.1 Rekap Daya Dukung Aksial Tiang

Untuk daya dukung aksial tiang diambil berdasarkan kekuatan bahan yaitu 4782.17 kN.

Jumlah baris tiang, $n_y = 19$

Jumlah tiang dalam satu baris, $n_x = 4$

Jarak antara tiang, $X(m) = 3.6$

$Y(m) = 3.7$

Jarak antara tiang terkecil, $S = 3.6$

Jarak antar tiang $S_b = 3.7$ m, harus < 6.166 ok!

Diameter Tiang, $D = 1.2$ m

Efisiensi kelompok tiang (menurut BDM) $Eff = 0.6643$

$P_{ijin} = 10014.53$ kN

Diambil daya dukung aksial ijin tiang :

$P_{ijin} = 10014.53$ kN

3.2.2 Daya Dukung Lateral Ijin Tiang

Kedalaman ujung tiang,

$$L_a = h_p = 2 \text{ m}$$

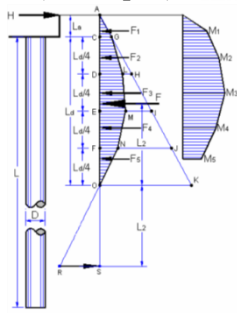
Sudut gesek, $\phi = 40^\circ$

Panjang Tiang $L = 12$ m

Panjang jepitan tiang, $L_d = 4$ m, $B_y = 32.9$, $W_s = 23$ kN/m³

Koefisien tekanan tanah pasif,

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2) = 5.5537$$



Gambar 4.6 Diagram Tekanan Tanah Pasif

4.2.3 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang

- Daya Dukung Ijin Aksial

Tabel 4.65 Perhitungan daya dukung aksial terhadap beban arah X

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persentase Pijin	P_{ult} kN	Kontrol terhadap Daya dukung ijin	P_{ijin} kN	Keterangan
1	KOMBINASI-1	100%	2965,293606	$< 100\% \cdot P_{ijin}$	10014,5	Aman
2	KOMBINASI-2	125%	3517,869272	$< 125\% \cdot P_{ijin}$	12518,2	Aman
3	KOMBINASI-3	140%	3005,611072	$< 140\% \cdot P_{ijin}$	14020,3	Aman
4	KOMBINASI-4	140%	3012,443947	$< 140\% \cdot P_{ijin}$	14020,3	Aman
5	KOMBINASI-5	150%	3376,300173	$< 150\% \cdot P_{ijin}$	15021,8	Aman

Tabel 4.66 Perhitungan daya dukung aksial terhadap beban arah Y

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persentase Pijin	P_{ult} kN	Kontrol terhadap Daya dukung ijin	P_{ijin} kN	Keterangan
1	KOMBINASI-1	100%	1731,136816	$< 100\% \cdot P_{ijin}$	10014,5	Aman
2	KOMBINASI-2	125%	1738,047796	$< 125\% \cdot P_{ijin}$	12518,2	Aman
3	KOMBINASI-3	140%	1738,047796	$< 140\% \cdot P_{ijin}$	14020,3	Aman
4	KOMBINASI-4	140%	1738,047796	$< 140\% \cdot P_{ijin}$	14020,3	Aman
5	KOMBINASI-5	150%	2174,43419	$< 150\% \cdot P_{ijin}$	15021,8	Aman

3.2.4 Daya Dukung Ijin Lateral

Dari perhitungan pondasi diatas didapat daya dukung lateral ijin pondasi bore pile

Tabel 4.67 Daya dukung ijin lateral

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persentase Pijin	Imak	Kontrol terhadap Daya dukung ijin	q_{ult}	Keterangan
1	KOMBINASI-1	100%	1324,627396	$< 100\% \cdot q_{ijin}$	4709,65	Aman
2	KOMBINASI-2	125%	2168,940618	$< 125\% \cdot q_{ijin}$	5887,96	Aman
3	KOMBINASI-3	140%	1331,77175	$< 140\% \cdot q_{ijin}$	6593,51	Aman
4	KOMBINASI-4	140%	1333,898313	$< 140\% \cdot q_{ijin}$	6593,51	Aman
5	KOMBINASI-5	150%	1514,308439	$< 150\% \cdot q_{ijin}$	7064,47	Aman

- Geser Pons

Kuat geser pons yang disyaratkan, $f_v = 1.497$ Mpa

Faktor reduksi, $\phi = 0,6$

$n_x = 3600$ mm, $n_y = 3700$ mm

$a = 1650$ mm

$r = r/x = 1800$ mm

$r = y/x = 1850$ mm

maka diambil, $r = 1000$ mm, $h_p = 2000$ mm, $h_t = 2000$ mm, $L_t = 7262$ mm

Tebal bidang kritis geser pons

$h = 2000$ mm

Panjang total bidang kritis

$L_v = 68771.43$

tebal efektif bidang kritis geser pons $d = 1900$ mm

Luas bidang geser

$A_v = 13742857.14$ mm²

Gaya geser pons nominal

$P_n = 20573015.8$ N

$\phi P_n = 12343.8$ kN

Beban ultimit satu tiang

$P_u = 6564.5 \text{ N} < \phi P_n \text{ Aman}$
(OK)

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

1. analisis perhitungan stabilitas abutment terhadap pengaruh Gempa Sesuai dengan SNI 2833-2016 :
 - Analisis geser pons dengan gaya geser pons nominal, ϕP_n adalah 12343.8 kN, dan pada analisis nilai beban ultimit satu *borepile*, P_u adalah 6564.5, sehingga geser pons menyisakan ratio persentase kekuatan sebesar 46.82 %.
 - Analisis stabilitas guling arah x dengan nilai *safety factor* adalah 2.5, dan pada analisis nilai *safety factor* maksimum adalah 2.7 yakni pada kombinasi I, sehingga stabilitas guling arah x menyisakan ratio persentase kekuatan sebesar 7.41 %.
2. Analisis kekuatan borepile dengan daya dukung aksial *borepile*, P_{ijin} adalah 10015 kN, dan pada analisis nilai gaya aksial maksimum yang diderita satu *borepile*, P_{maks} adalah 6564.5 kN yakni pada kombinasi V, sehingga kekuatan *borepile* menyisakan ratio persentase kekuatan sebesar 34.45 %. Berdasarkan studi yang telah dilakukan pada stabilitas abutment jembatan pada Jalan Tol Pandaan – Malang Sta 15 + 916 terhadap pengaruh Gempa Sesuai dengan SNI 2833-2016 ini menyatakan bahwa stabilitas abutment jembatan dalam kondisi aman.

4.2 Saran

1. Penggunaan program bantu perangkat lunak diperlukan dalam analisis komponen jembatan yang lebih detil bagian gelagar jembatan serta abutment.
2. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat diteliti mengenai kondisi – kondisi tanah pada abutment

jembatan sesuai SNI 2833-2013 atau keadaan tanah pada saat menerima beban gempa terhadap struktur jembatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Perencanaan untuk Jembatan*. SNI 1725-2016 Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. RSNI T-2833-2013. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. SNI 2833-2016. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan*. SNI 2833-2008. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 8460-2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. SNI 8460-2017. Jakarta
- Brige Management System. 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*. BMS 1992. Departemen PU Bina Marga
- Iqbal, M, S. 1995. *Dasa-Dasar Jembatan Beton Bertulang*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta