

TINJAUAN KAPASITAS ABUTMEN JEMBATAN SENGKALING MALANG DENGAN BEBAN GEMPA

Nindi Rizki Apriliani¹, Pujo Priyono², Arief Alihudien³.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Jember Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia
Email : nindirizki68@gmail.com

Abstract

The bridge is a construction that's the point of continue on the path through the obstacles that are lower. This obstacle is usually another way such as roads water or ordinary traffic. On planning and bridge work Planning the Structure of the Bottom can not be ignored. Part of the bridge structure is located at the bottom of very decisive for the strength and security of the building thereon. And for a direct link between the structure of the bridge structure under the bridge is the "Abutment" which is included on the structure under the bridge. Abutments of a building that serves to continue the load. Loading code that is used to plan bridge this refers to Indonesian National Standard SNI 1725:2016. The intensity of the earthquake is greatly increased, cause a change in the planning of bridges, the changes contained in the regulation SNI 2833:2016 about planning for earthquake resistance of the bridge. Bridge Sengkaling is a bridge alternative to ease the traffic toward Sengkaling Recreational Park located in Malang, East Java. With a length of 28m and a width of 10m this is behind the University of Muhammadiyah Malang.

Keywords : *Abutment, Earthquake Loads, Of The Bridge, Sengkaling Recreation Park, The University Of Muhammadiyah Malang.*

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan sebuah struktur penting yang dibuat untuk menyeberangi suatu rintangan seperti jurang, sungai, rel kereta api, ataupun jalan raya. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran suatu perjalanan atau lalu lintas, karena sebagai penghubung antar daerah untuk menunjang perkembangan ekonomi, sosial, budaya, dan pariwisata suatu daerah.

Suatu jembatan terdiri atas bagian bawah dan bagian atas. Bagian bawah memikul atau mendukung bagian atas jembatan dan meneruskan beban bagian atas beserta beban lalu lintasnya kepada dasar tanah. Bagian bawah juga terdiri atas tembok-tembok penahan, abutmen, pilar-pilar, dan juga pondasi. Akibat beban berulang, cuaca, maupun beban yang bertambah seiring perkembangan transportasi antar daerah akan mengakibatkan penurunan daya dukung jembatan.

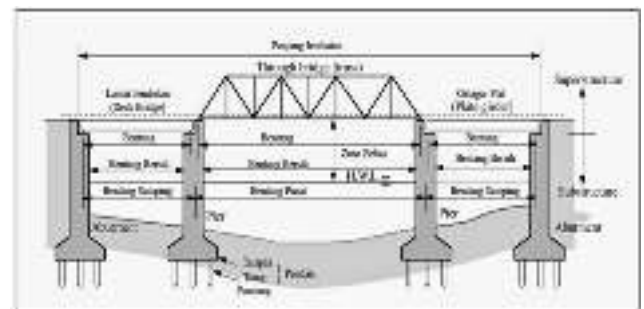
Maka dari itu adanya perencanaan ulang ataupun tinjauan ulang sangat diperlukan guna mendukung beban yang melintas pada jembatan agar jembatan tetap stabil dalam menerima beban. Karenanya sangat pentingnya, maka jembatan harus dibuat cukup kuat. Agar tidak menimbulkan gangguan terhadap kelancaran lalu-lintas sendiri, terlebih di jalan yang memang padat lalu-lintasnya. Jembatan segkaling merupakan jembatan yang berada di Malang Jawa Timur. Jembatan ini dibuat untuk jalur alternatif menuju tempat wisata tersebut. Dengan semakin banyaknya minat masyarakat mengunjungi salah satu tempat wisata ini, sangat memungkinkan terjadi kemacetan, maka dari itu direncanakan sebuah jembatan penghubung kelancaran lalu lintas, sebelum jembatan ini terealisasi, maka di rencanakan dari segala sapek bangunan, kekuatan, hingga pengaruh terhadap gaya gempa itu sendiri. Dengan lebar jembatan 10 m dan panjang 28

meter. Menggunakan peraturan SNI 2833:2016 mengenai perencanaan jembatan terhadap beban gempa dan SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan.

2. METODE

Struktur konstruksi jembatan

Secara umum konstruksi jembatan memiliki dua bagian yaitu bangunan atas (*upper structure*), bangunan bawah (*sub structure*), dan pondasi. Bangunan atas adalah konstruksi yang berhubungan langsung dengan beban-beban lalu lintas yang bekerja. Sedangkan bangunan bawah adalah konstruksi yang menerima beban-beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke lapisan pendukung (tanah keras) di bawahnya. Dan pondasi yang meneruskan beban menyebar ke tanah.



Gambar 2.1 Bagian-bagian konstruksi jembatan

Sumber: Chen and Duan, 2000

1. Bangunan atas Jembatan

Bangunan atas terletak pada bagian atas konstruksi jembatan yang menampung beban-beban lalu lintas, orang, barang dan berat sendiri konstruksi yang kemudian menyalurkan beban tersebut ke bagian bawah. Bagian-bagian bangunan atas suatu jembatan terdiri dari:

a. Sandaran

Berfungsi untuk membatasi lebar dari suatu jembatan agar membuat rasa aman bagi lalu lintas kendaraan maupun orang yang melewatinya.

b. Rangka Jembatan

Rangka jembatan terbuat dari

baja profil seperti tipe WF, sehingga lebih baik dalam menerima beban-beban yang bekerja secara lateral

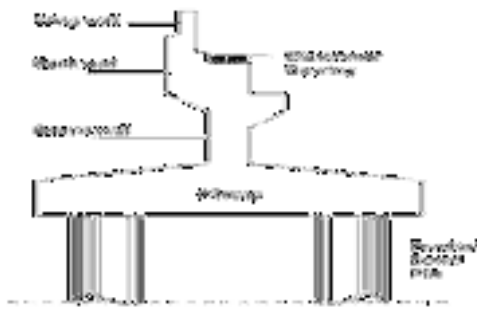
- c. Trotoar
Merupakan tempat pejalan kaki yang terbuat dari beton, bentuknya lebih tinggi dari lantai jalan atau permukaan aspal.
 - d. Lantai kendaraan
Merupakan lintasan utama yang dilalui kendaraan, lebar jalur kendaraan yang diperkirakan cukup untuk berpapasan.
 - e. Gelagar Melintang
Berfungsi menerima beban lantai kendaraan, trotoar dan beban lainnya
 - f. Ikatan Angin atas/bawah dan Ikatan rem
Ikatan angin berfungsi untuk menahan atau melawan gaya yang diakibatkan oleh angin,
 - g. Landasan/perletakan
Landasan atau perletakan dibuat untuk menerima gaya-gaya dari konstruksi bangunan atas baik secara horizontal, vertikal maupun lateral.
2. Bangunan Bawah Jembatan
Bangunan ini terletak pada bagian bawah konstruksi yang fungsinya untuk memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas, kemudian disalurkan ke pondasi dan dari pondasi diteruskan ke tanah keras di bawahnya.
- a. Abutment
Abutment atau kepala jembatan adalah salah satu bagian konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung-ujung jembatan
 - b. Pilar (Pier)
Pilar adalah suatu bangunan bawah yang terletak di tengah-tengah bentang

antara dua buah abutment yang berfungsi juga untuk memikul beban-beban

- c. Pondasi
Pondasi berfungsi untuk memikul beban di atas dan meneruskannya ke lapisan tanah
- d. Plat Injak
Pelat injak berfungsi untuk menahan hentakan pertama roda kendaraan ketika akan memasuki awal jembatan.

Bagian-bagian Abutmen

- a. Pelat Dasar/Tumpuan (*Pile Cape*)
Pelat Dasar/tumpuan (*Pile Cap*) yang terdiri dari tumpuan muka dan tumpuan belakang,
- b. Dinding (*Breast Wall*)
Dinding (*Breast Wall*) yang disebut juga tembok longitudinal, dimana konstruksi ini harus mampu menerima gaya-gaya yang ada pada jembatan.
- c. Tempat Sepatu
Merupakan konstruksi tempat perletakan dari gelagar memanjang maupun melintang.
- d. Perletakan
Perletakan, merupakan bantalan yang berfungsi untuk mengurangi getaran yang terjadi pada gelagar akibat beban dan kendaraan yang bergerak.
- e. *Back Wall*
Back wall merupakan konstruksi dinding yang berfungsi sebagai pembatas antara gelagar dengan tanah belakang abutmen.
- f. *Wing Wall*
Wing wall berfungsi untuk melindungi bagian belakang abutment dari tekanan tanah yang bekerja.



Gambar 2.2 Bagian – Bagian Abutmen
 Sumber: Chen and Duan, 2000

Standart Perhitungan Konstruksi Jembatan

Adapun acuan yang penulis gunakan dalam laporan ini adalah sebagai berikut:

- SNI 1725:2016 Standar Pembebanan Jembatan
- SNI 2833:2016 Standar Perencanaan Gempa untuk Jembatan.

Standart Pembebanan Jembatan

Berdasarkan SNI 1725-2016 tentang Standar Pembebanan Untuk Jembatan, beban pada jembatan terbagi atas:

- Aksi Beban Tetap
 - Beban Sendiri berat dari bagian tersebut dan Beban T Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat Berat dari masing-masing masing disebarkan elemen-elemen struktural lain yang dipikulkan. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap.
 - Beban mat tambahan adalah berat seluruh bagian yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat

berubah selama umur jembatan.

- Tekanan Tanah Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung berdasarkan sifat-sifat tanah, harus diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian tanah baik di lapangan ataupun laboratorium.

➤ Beban Lalu Lintas

- Beban D Beban lajur "D" terdiri dari beban transfer merata (BTR) yang digabungkan dengan beban arteri perpus at (BGT) menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara rod dengan permukaan lantai.
- Gaya Rem Bekerja yang gayanya ke arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas.
- Beban Angin Gaya nominal ultimate dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana.
- Beban Gempa Pasal ini menetapkan metode untuk menghitung beban statis ekuivalen untuk jembatan dimana analisa statis ekuivalen adalah sesuai untuk jembatan besar, rumit dan penting mungkin diperlukan analisa dinamis
- Gaya Akibat perletakan pada gesekan Gesekan pada perletakan termasuk pengaruh kekakuan geser dari perletakan elastomer.

Perhitungan Struktur Bawah

Perhitungan bangunan jembatan bagian bawah meliputi abutment, plat injak, pondasi.

1. Perhitungan Abutment

Pembebanan yang terjadi pada abutment:

- Berat sendiri abutmen
- Akibat beban hidup
- Akibat tekanan tanah aktif
- Beban angin
- Gaya rem

- Gaya gempa
 - Gesekan pada perletakan
 - Beban pelaksanaan
- Kombinasi pembebanan abutment:
- Daya Layan 1
 - Daya Layan 2
 - Daya Layan 3
 - Daya Layan 4
 - Ekstrim 1

2. Analisis Beban Kerja Pada Abutment:

- Berat Sendiri Struktur atas (MS)

$$P_{MS} = \frac{1}{2} \times W_{MS} \dots \dots \dots (2.1)$$

- Beban mati tambahan (MA)

$$P_{MA} = \frac{1}{2} W_{MA} \dots \dots \dots (2.2)$$

- Tekanan Tanah (TA)

$$\varphi' = \tan^{-1} (K \phi R \cdot \tan \phi) \dots (2.3)$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \varphi'/2) \dots \dots (2.4)$$

- Beban Lajur "D"

$$WTD = q \times L \times \frac{(5.5+b)}{2} + p \times DLA \times \frac{(5.5+b)}{2}$$

$$PTD = \frac{1}{2} WTD \dots \dots \dots (2.6)$$

- Beban Pedestrian/pejalan kaki (TP)

$$P_{TP} = A \times q \dots \dots \dots (2.7)$$

- Gaya rem

$$TTB = n \times TTB \dots \dots \dots (2.8)$$

- Pengaruh Temperatur

$$\Delta T = (T_{max} - T_{min}) / 2 \dots (2.9)$$

$$TET = \alpha \cdot \Delta T \cdot k \cdot L/2 \cdot n \dots (2.10)$$

- Beban Angin

$$TEW1 = 0.0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \dots (2.11)$$

$$TEW2 = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot L/2 \dots (2.12)$$

$$P_{EW} = 2 \times \left(0.5 \times \frac{h}{x} \times T_{EW} \right) \times \left(\frac{L}{2} \right) \dots (2.13)$$

- Beban Gempa

$$TEQ = K_h \cdot I \cdot W_t \dots \dots \dots (2.14)$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{[WTP / (g \cdot KP)]} \dots (2.15)$$

$$K_h = C \cdot S \dots \dots \dots (2.16)$$

$$C_{sm} = (SDS - A_s) T/T_0 + A_s \dots \dots (2.17)$$

- Gesekan Pada Perletakan

$$TFB = \mu \cdot PT \dots \dots \dots (2.18)$$

3. Perhitungan Stabilitas Abutment

- Kontrol Stabilitas Guling arah x

$$M_{px} = P \cdot (B_x / 2) \cdot (1 + k) \dots \dots (2.19)$$

$$SF = M_{px} / M_x \text{ harus } \geq 2.2 \dots \dots (2.20)$$

$$M_{py} = P \cdot (B_y / 2) \cdot (1 + k) \dots \dots (2.21)$$

$$SF = M_{py} / M_y \text{ harus } \geq 2.2 \dots \dots (2.22)$$

- Kontrol Stabilitas Geser

$$H = (C \cdot B_x \cdot B_y + P \cdot \tan \phi) \cdot (1 + k) \dots (2.23)$$

$$H = (C \cdot B_x \cdot B_y + P \cdot \tan \phi) \cdot (1 + k) \text{ hrs } \geq 1,1$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini membahas tentang kapasitas abutmen dengan beban gempa pada jembatan Taman Rekreasi Sengkaling Malang. Struktur abutmen yang memenuhi segi keamanan dan ekonomis merupakan suatu hal yang sangat penting. Oleh karena itu dibutuhkan analisis mengenai abutmen jembatan dengan perhitungan analisis yang tepat guna mendapatkan hasil perencanaan yang maksimal.

Berikut peraturan yang digunakan adalah:

- SNI 1725:2016 (Pembebanan untuk jembatan)
- SNI 2833:2016 (Perencanaan Beban Gempa pada Jembatan)

1. Data Struktur Atas



Gambar 3.1 Potongan Melintang Jembatan

Sumber: Data Proyek

Uraian Dimensi	Notasi	(m)	Satuan
Tebal slab lantai jembatan	$t_s =$	0,20	M
tebal aspal +overlay	$t_a =$	0,10	M
Tebal lantai trotoar	$t_t =$	0,20	M
tebal genangan air hujan	$t_h =$	0,05	M
jumlah balok utama	$n =$	7	Buah
jarak antara balok utama	$s =$	1,50	M
lebar jalur lalu lintas	$b_1 =$	8,00	M
lebar trotoar	$b_2 =$	1,00	M
lebar median (pemisah jalur)	$b_3 =$	0,00	M
lebar total jembatan	$b =$	10,00	M
panjang bentang jembatan	$L =$	28,00	M
tinggi girder plat baja	$h_b =$	1,50	M
tinggi bidang samping jembatan	$h_a =$	1,20	M

Bahan Struktur	Notasi	(m)
Mutu beton	K-	300
Kuat tekan beton	$f_c =$	30
Modulus elastisitas	$E_c =$	25742,96
Angka poison	$\mu =$	0,2
Modulus geser	$G =$	10726,2334
Koefisien muai panjang		1,00E-05

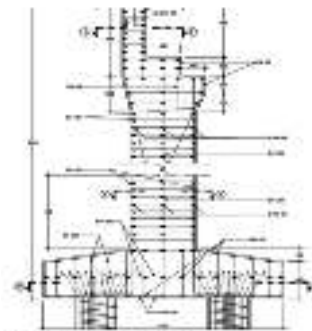
Tabel 3.3 Muju Baja

Mutu Baja	Notasi	(m)	Satuan
untuk baja tulangan dengan $d > 12\text{mm}$, U-39	$f_y =$	390	Mpa
Tegangan leleh baja, untuk baja tulangan dengan $d < 12\text{ mm}$, U-24	$f_y =$	240	Mpa

Tabel 3.4 Spesi Gravity

Spesi Gravity	Notasi	(m)	Satuan
Berat beton prategang	$w_c =$	25,0	kN/m ³
Berat beton bertulang	$w_c =$	24,0	kN/m ³
Berat aspal	$w_a =$	22,0	kN/m ³
Barat jenis air	$w_w =$	10,0	kN/m ³
Berat baja	$w_{st} =$	77,0	kN/m ³

2. Data Struktur Bawah



Gambar 3.2 Abutmen

Sumber: Data Struktur proyek

Tabel 3.4 Data Struktur Bawah

NOTASI	(a)	NOTASI	(a)	KETERANGAN	NOTASI	(a)
$E_1 =$	3,0	$E_2 =$	0,25	Pondasi beton	$\beta_1 =$	10%
$E_3 =$	1,0	$E_4 =$	0,25	Abutmen-balok	$\alpha_1 =$	0,5
$E_5 =$	1,0	$E_6 =$	1,25			
$E_7 =$	1			Berat total beton	$w_{bt} =$	17,1 kN/m ³
$E_8 =$	1,5	$E_9 =$	0,25	Saluran air	$\beta_2 =$	20%
$E_{10} =$	1,5			Kalasan	$\alpha_2 =$	3
$E_{11} =$	2,85	$E_{12} =$	1,25			
$E_{13} =$	1,35	$E_{14} =$	1,0	Berat total beton	$w_{bt} =$	14 kN/m ³
$E_{15} =$	1,35	$E_{16} =$	1,0	Saluran air	$\beta_2 =$	20%
$E_{17} =$	1	$E_{18} =$	0,0	Kalasan	$\alpha_2 =$	5,7 kPa
$E_{19} =$	1					
$\alpha_1 =$	10%	$\beta_1 =$	1,0	Mutu beton	$w_c =$	24,0 kN/m ³
$\alpha_2 =$	3,5			Berat baja tulangan	$w_{st} =$	77

3. Analisis Beban Kerja

- Berat Sendiri Struktur Atas

Beban pada abutemen akibat berat sendiri struktur atas,

$$P_{MS} = \frac{1}{2} \times W_{MS} = 1466,5 \text{ kN}$$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$$e = -\frac{B_x}{2} + b_8 + \frac{b_7}{2} = 0,15 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat berat sendiri struktur atas,

$$M_{MS} = P_{MS} \times e = 219,975 \text{ kNm}$$

- Berat sendiri Struktur Bawah
Berat Beton $w_c = 24 \text{ kN/m}^3$
Berat Tanah Timbunan $w_s = 17,2 \text{ kN/m}^3$
Lebar $B_y = 13,0 \text{ m}$
2x tebal wingwall = 1,0 m
 $b_{12} = 0,85 \text{ m}$
 $b_{13} = 0,65 \text{ m}$
 $h_{13} = 4,6 \text{ m}$
 $H = 9,72 \text{ m}$

• Beban Mati Tambahan
Beban pada abutmen akibat beban mati tambahan,

$$P_{MA} = \frac{1}{2} W_{MA} = 579,60 \text{ kN}$$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$$e = -\frac{B_x}{2} + b_8 + \frac{b_7}{2} = 0,15 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat berat sendiri struktur atas,

$$M_{MA} = P_{MA} \times e = 86,94 \text{ kN-m}$$

• Tekanan tanah lateral dihitung berdasarkan harga nominal dari berat tanah (w_s). Sudut gesek dalam (ϕ), dan kohesi c dengan :

$$W_s' = W_s$$

$\phi' = \tan^{-1}(K_\phi \times \tan \phi)$ dengan faktor reduksi untuk ϕ $K_\phi = 0,7$

$c' = K_c \times c$ dengan faktor reduksi untuk c'
 $K_c = 1$

Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi'/2)$$

Berat tanah $W_s = 17,2 \text{ kN/m}^3$

Sudut gesek dalam $\phi = 20^\circ$

Kohesi $c = 0 \text{ kPa}$

Tinggi total abutment $H = 9,72 \text{ m}$

Lebar abutment $B_y = 13 \text{ m}$

Beban merata akibat berat timbunan tanah setinggi 0,6 m yang merupakan ekuivalen beban kendaraan :

$$0,6 \times W_s = 10,32 \text{ kPa}$$

$$\phi' = \tan^{-1}(K_\phi R * \tan \phi) = 1,000250 \text{ rad} = 57,4387^\circ$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi'/2) = 0,085343$$

• Beban Lajur D

Untuk harga, $L = 28,00 \text{ m}$ $b_1 = 8,00 \text{ m}$

$DLA = 0,4$

Besar beban lajur "D" :

$$WTD = q \times L \times \frac{(5,5+b)}{2} + p \times DLA \times \frac{(5,5+b)}{2}$$

1825,2 kN

Beban pada Abutmen akibat beban lajur "D"

$$PTD = \frac{1}{2} WTD = 912,6 \text{ kN}$$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$$e = -\frac{B_x}{2} + b_8 + \frac{b_7}{2} = 0,15 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat beban lajur "D"

$$M_{TD} = P_{TD} \times e = 136,89 \text{ kN-m}$$

• Beban Pejalan kaki

$A =$ Luas trotoar yang dibebani pejalan kaki (m^2)

Beban hidup merata q :

Untuk $A < 10 \text{ m}^2$

$$q =$$

5 kPa

Untuk $10 \text{ m}^2 < A < 100 \text{ m}^2$

$$q =$$

$5 - 0,033 \times (A - 10) \text{ kPa}$

Untuk $A > 100 \text{ m}^2$

$$q =$$

2 kPa

Luas bidang trotoar yang di dukung abutmen,

$$A = b_2 \times \frac{L}{2} \quad n = 28 \text{ m}$$

Beban merata pada pedestrian,

$$q = 5 - 0,033 \times (A - 10) = 4,406 \text{ kPa}$$

Beban pada Abutmen akibat pejalan kaki

$$P_{TP} = A \times q = 123,368 \text{ kN}$$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$$e = -\frac{B_x}{2} + b_8 + \frac{b_7}{2} = 0,15 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat pejalan kaki

$$M_{TP} = P_{TP} \times e = 18,5052 \text{ kN-m}$$

• Gaya Rem

Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung dari panjang jembatan (L), sebagai berikut:

Gaya Rem TTB = 250 kN

untuk $Lt < 80 \text{ m}$

Gaya Rem TTB = $250 + 2,5 \times (Lt - 80) \text{ kN}$

untuk $80 < Lt < 180 \text{ m}$

Gaya Rem TTB = 500 kN

untuk $Lt > 180 \text{ m}$

Untuk $Lt = L = 28,00 \text{ m}$

Gaya Rem TTB = 250 kN

Lengan terhadap pondasi akibat gaya rem,

$YTB = 9,72 \text{ m}$

Momen pada pondasi akibat gaya rem,

$MTB = 2430 \text{ kN-m}$

Lengan terhadap breast wall, $Y'TB = 8,37$

m

• Pengaruh Temperatur

temperatur maksimum rata-rata $T_{maks} = 40^{\circ}\text{C}$
temperatur minimum rata-rata $T_{min} = 15^{\circ}\text{C}$

$$dT = (T_{maks} - T_{min})/2$$

Perbedaan temperatur pada slab $dT = 12,5^{\circ}\text{C}$

Koefisien muai panjang beton $\alpha = 1,00 \times 10^{-5}$

Modulus elastisitas beton $E_c = 25742,9602 \text{ Mpa}$

Kekakuan geser untuk tumpuan berupa elastomeric $k = 1500 \text{ kN/m}$

Panjang girder $L = 28,00 \text{ m}$

Jumlah tumpuan elastomeric (Jumlah girder)

$n = 7$ buah

Gaya pada abutmen akibat pengaruh temperatur

$$T_{ET} = 18,375 \text{ kN}$$

Lengan terhadap pondasi $Y_{ET} = 2,85 \text{ m}$

Momen pada pondasi $M_{ET} = 52,36875 \text{ kN-m}$

Lengan terhadap breast wall $Y'_{ET} = 1,5 \text{ m}$

$$M'_{ET} = 27,5625 \text{ kN-m}$$

• Beban Angin

Angin meniup samping jembatan

$$T_{EW} = 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

Dengan: $C_w =$ Koefisien seret $1,25$

$V_w =$ kecepatan angin rencana 35 m/det

$A_b =$ luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 = 1,84 \text{ kN/m}$$

Beban angin pada abutment :

$$T_{EW1} = 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b = 45,02 \text{ kN}$$

Lengan thd pondasi : $Y_{EW} = h_7 + h_a/2 = 4,60 \text{ m}$

Momen pada pondasi akibat beban angin :

$$M_{EW} = T_{EW1} \times Y_{EW} = 207,09 \text{ kN-m}$$

Lengan terhadap breast wall :

$$Y'_{EW} = h_7 - h_9 - h_{11} + h_a/2 = 3,25 \text{ m}$$

Momen pada breast wall

$$M'_{EW} = T_{EW1} \times Y'_{EW} = 146,31 \text{ kN-m}$$

Tabel 3.5 Data gempa dari pusjatan

Angin meniup kendaraan

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times L/2$$

Dengan, $C_w =$ Koefisien seret $1,25$

$V_w =$ kecepatan angin rencana 35 m/det

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 = 1,764 \text{ kN/m}$$

Panjang bentang $L = 28,00 \text{ m}$

Tinggi bidang samping jembatan $h_a = 3,50 \text{ m}$

$$A_b = (L \times h_a)/2 = 49,00 \text{ m}^2$$

Beban angin pada abutment :

$$T_{EW2} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times L/2 = 24,696 \text{ kN}$$

Lengan terhadap pondasi :

$$Y_{EW} = h_7 + h_b + t_s + t_a = 4,65 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat beban angin :

$$M_{EW} = T_{EW1} \times Y_{EW} = 114,8364 \text{ kN-m}$$

Lengan terhadap breast wall :

$$Y'_{EW} = h_7 - h_{11} - h_9 = 3,30 \text{ m}$$

Momen pada breast wall

$$M'_{EW} = T_{EW2} \times Y'_{EW} = 81,4968 \text{ kN-m}$$

Beban angin ke lantai jembatan

Bidang vertical yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi $2,0$ meter diatas lantai jembatan $h = 2,0 \text{ m}$

Jarak antar roa kendaraan $x = 1,75 \text{ m}$

Transfer beban angin kelantai jembatan

$$P_{EW} = 2 \times \left(0,5 \times \frac{h}{x} \times T_{EW}\right) \times \left(\frac{L}{2}\right) = P_{EW} = 28,224 \text{ kN}$$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi $e = 0,15 \text{ m}$

Momen pada pondasi akibat transfer beban angin $M_{EW} = 4,2336 \text{ kN-m}$

• Beban Gempa

Beban gempa statik ekuivalen

$$T = 2 * \pi * \sqrt{(Wt / (g * Kp))}$$

Beban Gempa Arah Memanjang Jembatan (Arah-X) Tinggi Breast wall $L_b = 6,47 \text{ m}$

Ukuran penampang breast wall

$$b = 13,0 \text{ m} \quad h = 1,5 \text{ m}$$

Inertia penampang breast wall $I_c = 3,6563 \text{ m}^4$

Mutu beton, K-361 $f_c = 30 \text{ MPa}$

Modulus elastisitas beton

$$E_c = 25742,9602 \text{ MPa}$$

$$E_c = 25742960,2 \text{ kPa}$$

Nilai Kekakuan

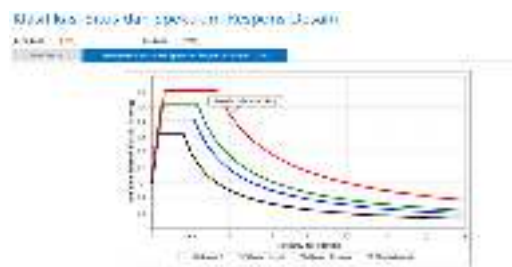
$$K_p = 1042564,14$$

Percepatan Gravitasi

$$g = 9,8 \text{ m/det}^2$$

Berat sendiri struktur atas
 $P_{MS(str\ atas)} = 1466,5 \text{ kN}$
 Berat Sendiri struktur bawah
 $P_{MS(str\ bawah)} = 7416,5395 \text{ kN}$
 Berat sendiri total struktur
 $W_{TP} = 8149,7895 \text{ kN}$
 Waktu getar alami struktur
 $T = 0,1773652 \text{ detik}$
 Untuk Wilayah kota Malang, lebih tepatnya lokasi jembatan Sengkaling menggunakan koordinat -7.921290 LS dan 112.597403 BT.

PGA (g)	0,3	PSA (g)	0,360
S _s (g)	0,571	S _{DS} (g)	0,767
S ₁ (g)	0,299	T ₀ (detik)	0,141
SD1	0,539	T _S (detik)	0,767



Gambar 4.15 Data Gempa dari Pusjatan
 Sumber: petagempa.pusjatan.pu.go.id

Tabel 3.6 Data Spektra Respon

Waktu (s)	Spektra Respon (g)	Spektra Respon (g)	Spektra Respon (g)
0,1	0,571	0,360	0,360
0,2	0,571	0,360	0,360
0,3	0,571	0,360	0,360
0,4	0,571	0,360	0,360
0,5	0,571	0,360	0,360
0,6	0,571	0,360	0,360
0,7	0,571	0,360	0,360
0,8	0,571	0,360	0,360
0,9	0,571	0,360	0,360
1,0	0,571	0,360	0,360

Sumber: petagempa.pusjatan.pu.go.id

$$\frac{\sum t_i = 30}{\sum \frac{t_i}{n} = 0,2 + 0,16 + 0,15 + 0,1} = \frac{30}{0,61} = 49,1 \approx 50$$

Nilai rata-rata SPT adalah 50 (Kelas situs tanah Keras)
 Mencari nilai C_{sm} untuk T > T₀
 $C_{sm} = (S_{DS} - A_s) T / T_0 + A_s = 0,388$

untuk struktur jembatan dengan daerah sendi plastis beton bertulang, $S = 1,3F$ $S = 1,0F$
 dengan, $F = 1,25 - 0,025 \times n$ dan F harus diambil > 1
 F = faktor perangkaan
 n = jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral
 Untuk, n = 1
 Maka $F = 1,25 - 0,025 \times n = 1,225$
 Faktor tipe struktur, $S = 1,225$
 Koefisien beban gempa horisontal,

$K_h = C \times s = 0,4753$
 Untuk jembatan yang memuat > 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri, dan jembatan dimana terdapat route alternatif, maka diambil faktor kepentingan, I = 1
 Gaya gempa $T_{EQ} = 0,4753 \times W_t$



Gambar 4.16 Beban Gempa statik ekuivalen
 Sumber: [C] 2010:MNI-BE

$h_1 =$	0,4 m	$h_6 =$	0,5 m	$h_{11} =$	1 M
$h_2 =$	1,5 m	$h_7 =$	2,85 m	$c =$	4,97 M
$h_3 =$	0,5 m	$h_8 =$	0,35 m	$d =$	0,8 M
$h_4 =$	1 m	$h_9 =$	0,35 m	$h_{13} =$	7,97 M
$h_5 =$	0,5 m	$h_{10} =$	1 m	$h =$	9,72 M

Beban Gempa Arah Melintang Jembatan (Arah Y)
 Tinggi Breast wall $L_b = 6,47 \text{ m}$
 Ukuran penampang breast wall $b = 13,0 \text{ m}$
 $h = 1,5 \text{ m}$
 Inertia penampang breast wall $I_c = 3,6563 \text{ m}^4$

Mutu beton, K-361 $f_c = 30$ MPa
 Modulus elastisitas beton
 $E_c = 25742,96$ MPa
 $E_c = 25742960,20$ kPa
 Nilai Kekakuan $K_p = 1042564,14$
 Percepatan Gravitasi $g = 9,8$ m/det²
 Berat sendiri struktur atas $P_{MS(str\ atas)} = 1466,50$ kN
 Berat Sendiri struktur bawah $P_{MS(str\ bawah)} = 7416,54$ kN
 Berat sendiri total struktur $W_{TP} = 8149,7895$ kN
 Waktu getar alami struktur $T = 0,1773652$ detik
 Kondisi tanah dasar termasuk = Tanah Sedang lokasi wilayah gempa 2
 Kondisi tanah dasar termasuk = Tanah Sedang lokasi gempa Malang.
 Faktor modifikasi respon untuk bangunan bawah
 $R = 1,5$
 Mencari nilai C_{sm} untuk $T > T_0$
 $C_{sm} = (SDS - AS) T/T_0 + A_s = 0,388$
 untuk struktur jembatan dengan daerah sendi plastis beton bertulang,
 $S = 1,3F$ $S = 1,0F$
 dengan, $F = 1,25 - 0,025 \times n$ dan F harus diambil > 1
 $F =$ faktor perangkaan
 $n =$ jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral
 Untuk, $n = 1$ maka $F = 1,25 - 0,025 \times n = 1,225$
 Faktor tipe struktur, $S = 1,225$
 Koefisien beban gempa horisontal,
 $K_h = C/R \times S = 0,4119$
 Untuk jembatan yang memuat >2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri, dan jembatan dimana terdapat route alternatif.maka diambil faktor kepentingan,
 $I = 1$
 Gaya Gempa
 $T_{EQ} = 0,4119 \times W_t$
 $P_{MA} = 579,600$ kN
 $W_t = 9462,640$ kN
 Beban gempa arah melintang jembatan
 $T_{EQ} = 3897,914$ kN

Momen pada pondasi akibat beban gempa
 $M_{EQ} = T_{EQ} \times Y_{EQ} = 21055,010$ kN-m
 Tekanan Tanah Dinamis Akibat Beban Gempa

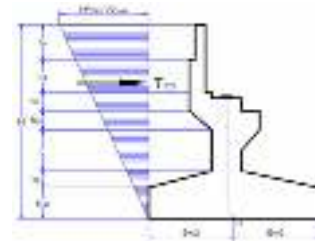
Gaya gempanarah lateral akibat tekanan tanah dinamis dihitung dengan menggunakan koifisien tekanan tanah dinamis ($\Delta K_a G$) sebagai berikut:

$$\theta = \tan^{-1}(K_h)$$

$$K_a G = \cos^2(\varphi' - \theta) / [\cos 2\theta \{1 + \sqrt{(\sin(\varphi' - \theta)) / \cos \theta}\}]$$

$$\Delta k_a G = K_a G - K_a$$

Tekanan tanah dinamis $p = H * w_s * \Delta k_a G$
 kN/m²



Gambar 4.17 Tekanan tanah dinamis akibat beban gempa

Sumber: [C] 2010: MNI-BE

$$H = 9,72$$
 m

$$B_y = 13,0$$
 m

$$K_h = 0,41193$$

$$\varphi' = 1,00250$$
 rad

$$K_a = 0,085343$$

$$W_s = 17,2$$
 kN/m³

$$\theta = 0,39074552$$
 rad

$$\cos^2(\varphi' - \theta) = 0,6701721$$

$$\left[\cos 2\theta \left\{ 1 + \frac{\sqrt{\sin(\varphi' - \theta)}}{\cos \theta} \right\} \right] = 1,498220$$

$$K_a G = 0,44731233$$

$$\Delta K_a G = 0,36196908$$

$$\text{Gaya gempa lateral } T_{EQ} = 1/28 H^2 \times w_s \times \Delta k_a G \times B_y = 3823,365$$
 kN

$$\text{Lengan terhadap pondasi } y_{EQ} = 2/3 \times H = 6,5$$
 m

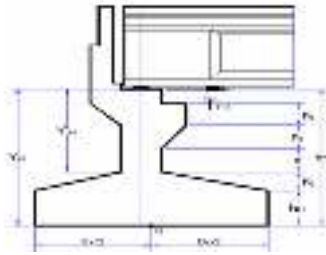
$$\text{Momen akibat b. gempa } M_{EQ} = 24775,408$$
 kN-m

$$\text{Momen akibat b. gempa } M_{EQ} = 24775,408$$
 kN-m

• Gesekan Pada Perletakan (FB)

Koefisien geser tumpuan elastomer, $\mu = 0,18$

Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau terhadap beban berat sendiri dan beban mati tambahan



Gambar 4.18 Gesekan pada perletakan (FB)
 Sumber: [C] 2010:MNI-BE

Kombinasi Beban Kerja

Reaksi abutmen akibat: Berat sendiri struktur atas:			
$P_{MS} =$	1466,5	kN	
Beban mati tambahan,			
$P_{MA} =$	579,600	kN	
Reaksi abutmen akibat beban tetap:			
$P_T =$	2046,100	kN	
Gaya gesek pada perletakaan			
$T_{FB} =$	368,298	kN	
Lengan terhadap pondasi			
$y_{FB} =$	2,85	M	
Momen pada pondasi akibat gempa,			
$M_{FB} =$	1049,649	m	
Lengan terhadap breast wall			
$y'_{FB} =$	1,5	M	
Momen pada breast wall			
$M'_{FB} =$	552,447	m	

Tabel 3.7 Rekap Beban Kerja

REKAP BEBAN KERJA						
No	Uraian	Kode	Yakut	Hokous	Sb	Sy
A	Akibat					
1	Berat sendiri	SB	810,0		810,0	
2	Beban mati tambahan	MA	179,6		179,6	
3	Tahanan angin	TA		121,7		121,7
B	Beban hidup					
4	Debit air	DA	112,0		112,0	
5	Debit angin	DA	112,0		112,0	
6	Debit gempa	DT		21,0		21,0
7	Debit gempa	DT	21,0		21,0	
8	Debit gempa	DT	21,0		21,0	
9	Debit gempa	DT	21,0		21,0	
10	Debit gempa	DT	21,0		21,0	
C	Akibat					
11	Beban	BB	810,0		810,0	

Tabel 3.8 Daya Layan 1

No	Uraian	Kode	Yakut		Hokous		Sb	
			P	Ty	P	Ty	Sb	Sy
1	Berat sendiri	SB	810,0				810,0	
2	Beban mati tambahan	MA	179,6				179,6	
3	Tahanan angin	TA		121,7				121,7
4	Beban hidup							
5	Debit air	DA	112,0				112,0	
6	Debit angin	DA	112,0				112,0	
7	Debit gempa	DT		21,0				21,0
8	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
9	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
10	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
11	Debit gempa	DT	21,0				21,0	

Tabel 3.9 Daya Layan 2

No	Uraian	Kode	Yakut		Hokous		Sb	
			P	Ty	P	Ty	Sb	Sy
1	Berat sendiri	SB	810,0				810,0	
2	Beban mati tambahan	MA	179,6				179,6	
3	Tahanan angin	TA		121,7				121,7
4	Beban hidup							
5	Debit air	DA	112,0				112,0	
6	Debit angin	DA	112,0				112,0	
7	Debit gempa	DT		21,0				21,0
8	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
9	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
10	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
11	Debit gempa	DT	21,0				21,0	

Tabel 3.10 Daya Layan 3

No	Uraian	Kode	Yakut		Hokous		Sb	
			P	Ty	P	Ty	Sb	Sy
1	Berat sendiri	SB	810,0				810,0	
2	Beban mati tambahan	MA	179,6				179,6	
3	Tahanan angin	TA		121,7				121,7
4	Beban hidup							
5	Debit air	DA	112,0				112,0	
6	Debit angin	DA	112,0				112,0	
7	Debit gempa	DT		21,0				21,0
8	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
9	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
10	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
11	Debit gempa	DT	21,0				21,0	

Tabel 3.11 Daya Layan 4

No	Uraian	Kode	Yakut		Hokous		Sb	
			P	Ty	P	Ty	Sb	Sy
1	Berat sendiri	SB	810,0				810,0	
2	Beban mati tambahan	MA	179,6				179,6	
3	Tahanan angin	TA		121,7				121,7
4	Beban hidup							
5	Debit air	DA	112,0				112,0	
6	Debit angin	DA	112,0				112,0	
7	Debit gempa	DT		21,0				21,0
8	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
9	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
10	Debit gempa	DT	21,0				21,0	
11	Debit gempa	DT	21,0				21,0	

Tabel 3.12 Ekstrim 1

No	Jenis	k	Vertikal		Horizontal		SF	Keterangan
			P (kN)	Tx (kN)	Py (kN)	Px (kN)		
1	DAYA LAYAN 1	0%	11106,4315	1631,04	4450,403	2,729	>1,1 Aman	
2	DAYA LAYAN 2	25%	11106,4315	5454,41	4450,403	0,816	<1,1 No Go	
3	DAYA LAYAN 3	40%	11106,4315	1649,42	4450,403	2,698	>1,1 Aman	
4	DAYA LAYAN 4	40%	11106,4315	1649,42	4450,403	2,698	>1,1 Aman	
5	EKSTRIM 1	50%	11078,2075	8674,24	6456,419	1,116	>1,1 Aman	

Kontrol Stabilitas Guling

Stabilitas guling arah X

Pondasi tiang tidak diperhitungkan dalam analisis stabilitas terhadap guling, sehingga SF = 2,2

Letak titik guling A (Ujung Pondasi) Terhadap pusat Pondasi :

$$\frac{B_x}{2} = 2,75 \text{ m}$$

k = persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

Mx = momen penyebab guling arah X

Momen penahan guling : $MP_x = P \times \left(\frac{B_x}{2}\right) \times (1 + k)$ Angka aman terhadap guling:

$$SF = \frac{MP_x}{M_x} \text{ harus } \geq 2,2$$

No	KOMBINASI BEBAN	k	Tx	P	H	SF	Keterangan
1	DAYA LAYAN 1	0%	1631,04	11106,4315	4450,403	2,729	>1,1 Aman
2	DAYA LAYAN 2	25%	5454,41	11106,4315	4450,403	0,816	<1,1 No Go
3	DAYA LAYAN 3	40%	1649,42	11106,4315	4450,403	2,698	>1,1 Aman
4	DAYA LAYAN 4	40%	1649,42	11106,4315	4450,403	2,698	>1,1 Aman
5	EKSTRIM 1	50%	8674,24	11078,2075	6456,419	1,116	>1,1 Aman

Nilai SF pada daya layan 1, daya layan 3 dan daya layan 4 bernilai negatif, jadi nilai tersebut di absoltukan.

No	KOMBINASI BEBAN	k	Ty	P	H	SF	Keterangan
1	DAYA LAYAN 1	0%	69,7148	11106,4315	4450,403	63,84	>1,1 Aman
2	DAYA LAYAN 2	25%	69,7148	11106,4315	5461,117	78,34	>1,1 Aman
3	DAYA LAYAN 3	40%	69,7148	11106,4315	6067,545	87,03	>1,1 Aman
4	DAYA LAYAN 4	40%	69,7148	11106,4315	6067,545	87,03	>1,1 Aman
5	EKSTRIM 1	50%	3897,91	11078,2075	6456,419	1,66	>1,1 Aman

Stabilitas Guling arah Y

Letak titik guling A (Ujung Pondasi) terhadap pusat pondosi $B_y/2 = 6,5 \text{ m}$

No	KOMBINASI BEBAN	k	Tx	P	H	SF	Keterangan
1	DAYA LAYAN 1	0%	1631,04	11106,4315	4450,403	2,729	>1,1 Aman
2	DAYA LAYAN 2	25%	5454,41	11106,4315	4450,403	0,816	<1,1 No Go
3	DAYA LAYAN 3	40%	1649,42	11106,4315	4450,403	2,698	>1,1 Aman
4	DAYA LAYAN 4	40%	1649,42	11106,4315	4450,403	2,698	>1,1 Aman
5	EKSTRIM 1	50%	8674,24	11078,2075	6456,419	1,116	>1,1 Aman

Kontrol Stabilitas Geser

Stabilitas geser arah X

Parameter pile cap :

Sudut gesek dalam $\phi = 20^\circ$

Kohesi $c = 5,7 \text{ kPa}$

Ukuran pile cap $B_x = 5,5 \text{ m}$

$B_y = 13,0 \text{ m}$

k = persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

Tx = gaya penyebab geser

Gaya penahan geser :

$$H = (c \cdot B_x \cdot B_y + P \cdot \tan \phi) \cdot (1 + k) \text{ harus } > 1.1$$

No	KOMBINASI BEBAN	k	Tx	P	H	SF	Keterangan
1	DAYA LAYAN 1	0%	1631,04	11106,4315	4450,403	2,729	>1,1 Aman
2	DAYA LAYAN 2	25%	5454,41	11106,4315	4450,403	0,816	<1,1 No Go
3	DAYA LAYAN 3	40%	1649,42	11106,4315	4450,403	2,698	>1,1 Aman
4	DAYA LAYAN 4	40%	1649,42	11106,4315	4450,403	2,698	>1,1 Aman
5	EKSTRIM 1	50%	8674,24	11078,2075	6456,419	1,116	>1,1 Aman

Stabilitas Geser Arah Y

Parameter pile cap :

Sudut gesek dalam $\phi = 20^\circ$

Kohesi $c = 5,7 \text{ kPa}$

Ukuran pile cap $B_x = 5,5 \text{ m}$

$B_y = 13,0 \text{ m}$

k = persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

Tx = gaya penyebab geser

Gaya penahan geser :

$$H = (c \cdot B_x \cdot B_y + P \cdot \tan \phi) \cdot (1 + k) \text{ harus } > 1.1$$

No	KOMBINASI BEBAN	k	Ty	P	H	SF	Keterangan
1	DAYA LAYAN 1	0%	69,7148	11106,4315	4450,403	63,84	>1,1 Aman
2	DAYA LAYAN 2	25%	69,7148	11106,4315	5461,117	78,34	>1,1 Aman
3	DAYA LAYAN 3	40%	69,7148	11106,4315	6067,545	87,03	>1,1 Aman
4	DAYA LAYAN 4	40%	69,7148	11106,4315	6067,545	87,03	>1,1 Aman
5	EKSTRIM 1	50%	3897,91	11078,2075	6456,419	1,66	>1,1 Aman

Pembahasan

Berdasarkan analisa kapasitas abutmen dengan beban gempa pada jembatan Taman Rekreasi Sengkaling Malang. Di dapatkan beberapa analisa sebagai berikut:

1. Menurut SNI 2833:2016 Kelas situs pada lokasi yang di tinjau merupakan Tanah

sangat padat atau keras karena nilai hasil uji penetrasi standar tanah adalah 50

$$\frac{\sum ti}{\sum ti/n} = \frac{30}{0,2 + 0,16 + 0,15 + 0,1} = \frac{30}{0,61} = 49,1 \approx 50$$

2. Untuk Stabilitas Guling arah X

Pada kombinasi beban nilai SF kurang dari 2,2 dan nilai kombinasi beban daya layan 1,3 dan 4 bernilai negatif (-) yaitu daya layan 1 sebesar -14,52 menjadi 14,52 dan untuk daya layan 3,4 sebesar -14,93 menjadi 14,93 nilai-nilai tersebut di absoltukan karena ketinngian abutmen kurang.

3. Untuk Stabilitas geser arah X

Pada kombinasi beban daya layan 2 tersebut tidak aman karena tekanan tanah mengalami geser dengan nilai SF 0,816 < dari 1,1 agar di katakana aman. Jika terjadi gempa akan geser karena ketinggian abutmen kurang bisa menopang jembatan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa kapasitas abutmen dengan beban gempa pada jembatan Taman Rekreasi Sengkaling Malang. Di dapatkan beberapa analisa sebagai berikut:

- Kapasitas abutmen pada jembatan sengkaling jika terjadi gempa mengalami guling dalam arti stabilitas geser dan guling abutmen tidak memenuhi standart dari pembebanan jembatan.

- Menurut SNI 2833:2016 Kelas situs pada lokasi yang di tinjau merupakan Tanah sangat padat karena nilai hasil uji penetrasi standar tanah adalah 50

$$\frac{\sum ti}{\sum ti/n} = \frac{30}{0,2 + 0,16 + 0,15 + 0,1} = \frac{30}{0,61} = 49,1 \approx 50$$

- Untuk Stabilitas Guling arah X

Pada kombinasi beban nilai SF kurang dari 2,2 dan nilai kombinasi beban daya layan 1,3 dan 4 bernilai negatif (-) yaitu daya layan 1 sebesar -14,52 dan untuk daya layan 3,4 sebesar -14,93 nilai-nilai tersebut di absoltukan karena ketinngian abutmen kurang. Sehingga abutmen

perlu ditinjau kembali.

- Untuk Stabilitas geser arah X

Pada kombinasi beban daya layan 2 tersebut tidak aman karena tekanan tanah mengalami geser dengan nilai SF 0,816 < dari 1,1 agar di katakana aman. Jika terjadi gempa akan geser karena ketinggian abutmen kurang bias menopang jembatan.

5. REFERENSI

- [1] Das, Braja M. 2006, "Principles of Geotechnical Engginering 7rd". USA: PWS Publishers.
- [2] SNI 2833-2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung:
- [3] SNI 1725-2016. *Pembebanan untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung:
- [4] Peta Gempa. <http://www.petagempa.pusjatan.pu.go.id/kementrian> Pekerjaan Umum.
- [5] 2010:MNI-BE. "Analisis Beban Abutment". Yogyakarta:
- [6] Widyaningrum, A., Indriyati, E.W., HAr dini. P. 2016 "Pengaruh Perubahan Pembebanan dan Beban Gempa Terhadap Kinerja Jembatan Sungai Serayu Patikraja Banyumas". Purbalingga: Universitas Jendral Soedirman.
- [7] Ardiani, K., Harry, M. 2015. *Program Analisa Stabilitas Abutment*. Bandung:
- [8] Bowles, Joseph E. 1991. *Analisa dan Desain Pondas*", jilid 1, Jakarta: Erlangga.
- [9] Bowles, Joseph E. 1991. "Analisa dan Desain Pondasi", jilid 2, Jakarta: Erlangga.
- [10] Tandra, D., Warman. H., Farni, I. "Perencanaan Abutmen Struktur Bawah Jembatan Purus". Padang: Universitas Bung Hatta.

Telford, Thomas. 2000. *“Ice Manual of Bridge Engineering”*. London: *1 Heron Quay Publiher*.