

STUDI ALTERNATIF PENGUATAN TIMBUNAN TANAH DI BELAKANG ABUTMEN JEMBATAN SENGKALING

(Studi Kasus : Universitas Muhammadiyah Malang, jl. Raya Tlogomas no. 246, Malang)

Andris Putra Santosa

Dosen pembimbing:

Ir. Pujo Priyono,MT. ; Arief Alihudin,ST.,MT

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Jember

Jl. Karimata 49,Jember 98121,Indonesia

Email : andrispsps804@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 menggunakan software bantu yaitu software GEO5 dengan standar safeti faktor 1,50 dengan acuan standart internasional

Dari analisis kekuatan stabilitas yang telah dilakukan pada studi kasus ini menyatakan bahwa nilai analisis geser yang terbaca pada software GEO5 adalah kurang dari 1,50 dan perlu adanya perkuatan

Dengan adanya perkuatan menggunakan lembaran geotekstie untuk kedalaman 9 meter dengan jumlah geotekstie 57 mehasikan safety faktor $1,60 > 1,50$ dan dinyatakan stabil

Dengan adanya perkuatan menggunakan bore pile dengan jarak 1 meter dari dari aboutmen jembatan dengan diamete 60cm dengan kedalaman 60m maka di dapat safety faktor $1,58 > 1,50$ dan dinyatakan

Untuk perbandingan dari kedua perkuatan diatas bahwasannya untuk metode perkuatan menggunakan bore pile lebih efisien dari pada menggunakan metode perkuatan dengan penanaman lembaran geotekstil dengan prosentase 54% lebih efisien

Kata Kunci : Tekanan tanah pasif, Tekanan tanah aktif, Sliding momen, Momen geser.

PENDAHULUAN

Dalam memenuhi kebutuhan hidupnya manusia memerlukan sarana dan prasarana yang memadai. Saat ini kebutuhan sarana dan prasarana semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi manusia. Pembangunan suatu kontruksi sarana dan prasarana sangat memperhatikan kondisi fisik dan mekanis dari tanah. Perkembangan sarana dan prasarana transportasi yang semakin meningkat serta semakin sedikitnya lahan memaksa pemilihan lokasi kontruksi dengan kondisi tanah yang kurang baik dan topografi yang cenderung beragam tetap harus dilakukan. Jembatan adalah contoh prasarana sipil yang membentang di atas aliran sungai yang secara topografi tidak rata. Perbedaan elevasi dari daratan yang dilewati sungai ini membentuk suatu lereng. Lereng adalah bangunan permukaan tanah yang memiliki sudut kemiringan tertentu dan lereng.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana analisa stabilitas timbunan di belakang abutment pada jembatan dengan bentang 30 m
2. Bagaimana merencanakan tipe penguatan timbunan tanah di belakang abutment pada jembatan dengan metode perkuatan menggunakan tipe geosintetik dan bored pile.

3. Bagaimana stabilitas abutment setelah ada penguatan akibat timbunan dengan penahan tanah tipe geosintetik dan bored pile.

BATASAN MASALAH

Penelitian ini dibatasi dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penguatan menggunakan tipe borpile penahan penahan.
2. Penguatan menggunakan tipe geosintetik penahan penahan.
3. Analisis yang digunakan yaitu analisis geoteknik, kontrol stabilitas terhadap daya dukung tanah, keamanan terhadap guling dan geser,

TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan yang di rencanakan, tujuan pembahasan meliputi sebagai berikut:

1. Merencanakan suatu desain perkuatan tanah yang tepat di daerah jembatan
2. Mengetahui hasil analisis bangunan abutment tersebut terhadap keamanan bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah.

MANFAAT PENELITIAN

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Dapat menganalisis tekanan tanah lateral.
2. Dapat menganalisa keamanan terhadap guling, geser dan daya dukung tanah.
3. Dapat merencanakan struktur penguat tanah yang aman dan efektif.
4. Memberikan informasi dan bahan pertimbangan mengenai perencanaan penahan tanah sebagai pencegah bahaya longsor pada jembatan untuk kasus yang sama dan pada tempat yang berbeda.

LOKASI PENELITIAN



Gambar Lokasi Perencanaan



Gambar tampak udara

TamanRekreasi Sengkaling

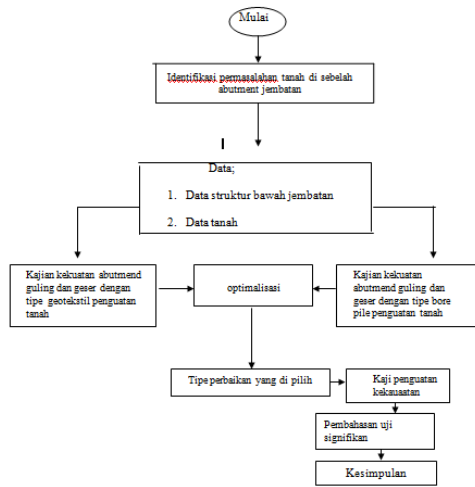
Objek lokasi yang saya ambil berada di Taman Rekreasi Sengkaling, Malang, Jawa Timur. Berupa Jembatan yang akan di pergunakan untuk mobilitas wisata dan akses mudah dari Universitas Muhammadiyah Malang.

DATA

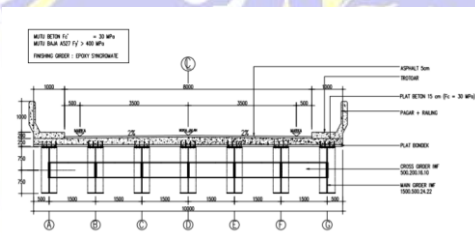
1. Survey Lokasi
2. Data – data :
 - a. Data Tanah
 - b. Data Struktur bawah jembatan
3. Perhitungam
 - a. Kekuatan abutmen terhadap guling dan geser tanpa penguat
 - b. Kekuatan abutmen terhadap guling dan geser dengan tipe penguat tanah tipe bore pile
 - c. Kekuatan abutmen terhadap guling dan geser dengan tipe penguat tanah tipe

TAHAPAN PENELITIAN

Berikut ini adalah diagram alur untuk tahapan penelitian.



HASIL DAN PEMBAHASAN Perhitungan Pada Konstruksi Jembatan



Gambar Potongan Abutment

URAIAN DIMENSI:

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	$h_s =$	1,20 m

Mutu beton:	K-	300
Kuat tekan beton	$f'c =$	24,9 Mpa
Modulus elastisitas	$E_c =$	25742,96 Mpa
Angka poisson	$\mu =$	0,2
Modulus geser	$G =$	10726,2334 Mpa
Koefisien muai panjang	$\alpha =$	1,00E-05

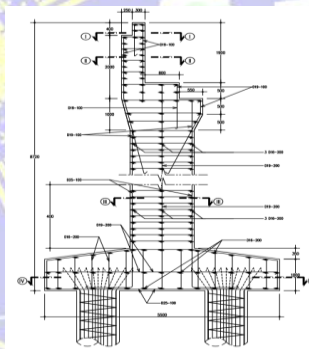
Mutu baja:

untuk baja tulangan dengan $d > 12$ mm: U-		39
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	390 Mpa
untuk baja tulangan dengan $d < 12$ mm, U-		24
Tegangan leleh baja,	$f_y =$	240 MPa

Specific Gravity

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
Berat jenis air	$w_w =$	10,0 kN/m ³
Berat baja	$w_{s1} =$	77,0 kN/m ³

Data struktur Bawah (Abutment)



Gambar Detail Abutment

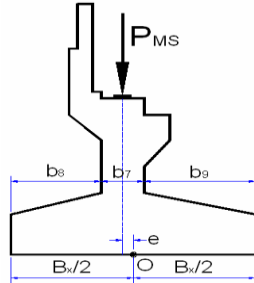
Tabel Data Struktur Bawah (Abutment)

NOTASI (m)	NOTASI (m)	KETERANGAN	NOTASI	(m)
$h_1 = 1,9$	$b_1 = 0,30$	Panjang abutment	$B_a =$	12,0
$h_2 = 1,5$	$b_2 = 0,55$	Tebal wing-wall	$h_w =$	0,5
$h_3 = 0,5$	$b_3 = 1,35$		TANAH TIMBUNAN	
$h_4 = 1$		Berat volume, $w_s =$	$w_s =$	17,2 kN/m ³
$h_5 = 0,5$	$b_5 = 0,55$	Sudut gesek,	$\phi =$	35°
$h_6 = 0,5$		Kohesi, $c =$	$c =$	0
$h_7 = 9,818$	$b_7 = 0,80$		TANAH ASLI (DI DASAR PILE CAP)	
$h_8 = 0,37$	$b_8 = 2,00$	Berat volume, $w_s =$	$w_s =$	18 kN/m ³
$h_9 = 0,37$	$b_9 = 2,00$	Sudut gesek,	$\phi =$	28°
$h_{10} = 1$	$b_{10} = 0,50$	Kohesi, $c =$	$c =$	15 kPa
$h_{11} = 1$			BAHAN STRUKTUR	
$c = 6,97$	$B_c = 5,50$	Mutu beton	K-	300
$d = 6,97$		Mutu baja tulangan	U-	39

Analisa Beban Kerja

Berat Sendiri (MS)

a. Berat Sendiri Struktur Atas



Tabel Perhitungan Pembebanan Struktur Atas

No.	Beban	parameter	volume	n	berat	satuan	Berat (kN)
		b(m)	t(m)	L(m)			
1	Slab	16	0,20	28,00	1	24 kN/m ³	2150,4
2	Deck slab	1,21	0,07	28,00	9	24 kN/m ³	512,2656
3	Trotor (slab, sandaran, dll)			28,00	0	0 kN/m	0
4	Girder plat baja			28,00	10	21,10 kN/m	5908,5642
5	Diaphragma			28,00	9	0,00 kN/m	0
Total berat sendiri struktur atas,						W _{MS} =	8571,2298

$$P_{MS} = \frac{1}{2} \times W_{MS} = 4285,6149 \text{ kN}$$

Beban pada abutment akibat berat sendiri struktur atas,

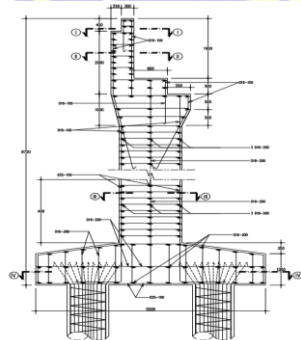
$$e = -\frac{B_x}{2} + b_8 + \frac{b_7}{2} = -0,35 \text{ m}$$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$$M_{MS} = P_{MS} \cdot e = 1499,96522 \text{ M}$$

Momen pada pondasi akibat berat sendiri struktur atas,

b. Berat Sendiri Struktur Bawah



$$\text{Berat beton, } W_c = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Berat tanah timbunan, } W_s = 17,2 \text{ KN/M}$$

$$\text{Lebar, } B_y = 13$$

$$2x \text{ tebal wing wall, } = 1,0$$

$$b_{12} = 0,9 \text{ m}$$

$$b_{13} = 0,65 \text{ m}$$

$$h_{13} = 9,97$$

$$H = 13,24$$

Tabel Berat Pembebanan Struktur Bawah

No.	PARAMETER BERAT BAGIAN				BERAT (kN)	LENGAN (m)	MOMEN (kNm)
	b	h	Shape	Direc			
ABUTMENT							
1	0,30	1,90	1	-1	164,16	1,00	-164,160
2	0,55	1,50	1	-1	237,60	1,13	-267,300
3	1,35	0,50	1	-1	194,40	0,73	-140,940
4	1,35	1,00	0,5	-1	194,40	0,50	-97,200
5	0,55	0,50	1	1	79,20	1,03	81,180
6	0,55	0,50	0,5	1	39,60	0,93	36,960
7	0,80	9,82	1	-1	2262,07	-0,35	791,724
8	2,00	0,37	0,5	-1	106,56	0,72	-76,368
9	2,00	0,37	0,5	1	106,56	1,42	150,960
10	2,00	1,00	1	-1	576,00	1,05	-604,800
11	2,00	1,00	1	1	576,00	1,75	1008,000

Tabel Berat Pembebanan Struktur Bawah

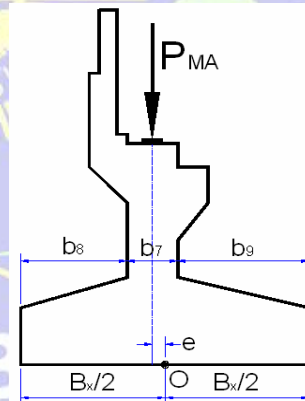
No.	PARAMETER BERAT BAGIAN				BERAT (kN)	LENGAN (m)	MOMEN (kNm)	
	b	h	Shape	Direc				
WING WALL								
12	2,85	1,35	1	-1	92,34	1,85	-170,829	
13	2,65	2,00	1	-1	127,20	1,98	-251,220	
14	2,65	0,75	1	-1	47,70	1,98	-94,208	
15	3,40	1,60	1	-1	130,56	1,30	-169,728	
16	3,40	0,60	0,5	-1	24,48	1,72	-42,024	
17	0,75	0,75	0,5	-1	6,75	0,95	-6,413	
18	Lateral stop block				10,00	0,00	0,000	
TANAH								
19	2,35	1,35	1	-1	654,80	1,60	-1047,686	
20	2,15	4,35	1	-1	1930,36	1,73	-3329,864	
21	0,75	0,75	0,5	-1	58,05	0,95	-55,148	
22	0,75	1,60	1	-1	247,68	0,73	-179,568	
23	2,90	0,60	0,5	-1	179,57	1,38	-248,402	
					P _{MS} =	8046,04	M _{MS} =	-4877,034

Beban Total Akibat Berat Sendiri

Tabel Beban Akibat Berat Sendiri

No.	berat sendiri	P _{MS} (kN)	M _{MS} (kN-m)
1	Struktur atas (slab, totorar, girder, dll)	4285,6149	-1499,965215
2	Struktur bawah (abutmen, pile cap, tanah)	8046,0352	-4877,03388
		12331,6501	-6376,999095

Beban Mati Tambahan (MA)



Tabel Beban Mati Tambahan

No.	Jenis beban mati tambahan	Tebal (m)	Lebar (m)	Panjang (m)	Jumlah	w (kN/m ³)	Berat (kN)	
1	Lap aspal + overlay	0,10	8,00	28,00	2	22	985,60	
2	Railing, lights dll	w(kN/m)=	0,5	28,00	2		28,00	
3	Instalasi ME	w(kN/m)=	0,1	28,00	2		5,60	
4	Air hujan	0,05	10,00	28,00	1	10	140,00	
							W _{MA} =	1159,20

Beban pada abutment akibat beban mati tambahan

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

Eksentrisitas beban thd pondasi

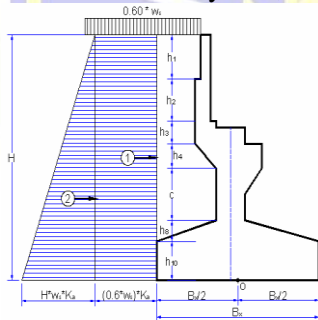
$$e = -\frac{B_x}{2} + b_8 + \frac{b_7}{2} = -0,35 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat berat sendiri struktur atas,
 $MMA = PMA \times e = -202,86 \text{ kN-m}$

Tekanan Tanah (TA)

Pada bagian tanah di belakang dinding abutment yang dibebani lalu-lintas, harus diperhitungkan adanya beban tambahan yang setara dengan tanah setebal 0,6 m yang berupa beban merata ekivalen beban kendaraan pada bagian tersebut. 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 c' $K_c = 1$
 Koefisien tekanan tanah aktif $K_a = \tan^2(45^\circ - \phi'/2)$
 Sudut gesek dalam $\phi' = 35^\circ$
 Kohesi $c = 0 \text{ kPa}$
 Lebar abutment $B_y = 12,0 \text{ m}$



Beban merata akibat berat timbunan tanah setinggi 0,6 m yang merupakan ekivalen beban kendaraan ;
 $0,6 \times W_s = 10,32 \text{ kPa}$
 $\phi' = \tan^{-1}(K \phi - \tan \phi) = 0,32025 \text{ rad} = 18,3490^\circ$
 $K_a = \tan^2(45^\circ - \phi'/2) = 0,521310$
 Tabel Perhitungan pembebanan akibat tekanan tanah

No.	Gaya akibat tekanan tanah	T_{TA} (kN)	Lengan (m)	y (m)	MTA (kNm)
1	$T_{TA} = (0,6 \times w_s) \times H \times K_a \times B_y$	854,762	$y = H/2$	6,620	5658,522
2	$T_{TA} = 1/2 \times H^2 \times w_s \times K_a \times B_y$	9430,871	$y = H/3$	4,413	41621,576
	$T_{TA} =$	10285,632		$M_{TA} =$	47280,099

Beban Lajur "D" (TD)

Beban kendaraan yang berupa beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi merata (*uniformly Distributed*

Load), UDL dan beban garis (*Knife Edge Load*), KEL seperti pada gambar 1. UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total L yang di bebani lalu lintas seperti pada gambar 2 atau dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$q = 9 \text{ kPa}$ Untuk $L < 30 \text{ m}$
 $q = 9(0,5 + 15/L) \text{ kPa}$ Untuk $L > 30 \text{ m}$
 Untuk panjang bentang $L = 28 \text{ m}$
 $q = 9 \text{ kPa}$

KEL mempunyai intensitas $P = 46 \text{ kPa}$

Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowance) untuk KEL diambil sebagai berikut:

$DLA = 0,4$ untuk $L < 50 \text{ m}$
 $DLA = 0,4 - 0,0025 \times (L - 50)$ untuk $50 < L < 90 \text{ m}$
 $DLA = 0,3$ untuk $L > 90 \text{ m}$
 Untuk harga, $L = 28,00 \text{ m}$, $b_1 = 8,00 \text{ m}$
 $DLA = 0,4$

$WTD = q \times L \times \frac{(5,5+b)}{2} + p \times DLA \times \frac{(5,5+b)}{2} = 1825,3 \text{ kN}$

Beban pada abutment akibat beban lajur "D",

Beban pada abutment akibat beban lajur "D",

$P_{TD} = 1/2 W_{TD} = 942,975 \text{ kN}$

Eksentrisitas beban thd pondasi

$e = -B_x/2 + b_8 + b_7/2 = -0,35 \text{ M}$

Momen pada pondasi akibat beban lajur "D"

$M_{TD} = P_{TD} \times e = -330,041$

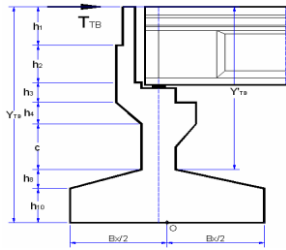
Gaya Rem

Pengaruh gaya pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung dari panjang jembatan (L), sebagai berikut :

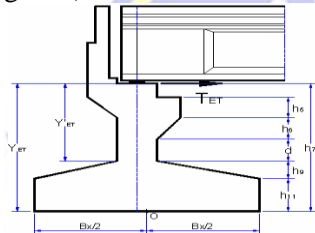
Gaya rem $TTB = 250 \text{ kN}$ untuk $L < 80 \text{ m}$

Gaya rem $TTB = 250 + 2,5 \times (L - 80) \text{ kN}$ untuk $80 < L < 180 \text{ m}$

Gaya rem $TTB = 500 \text{ kN}$ untuk $L > 180 \text{ m}$



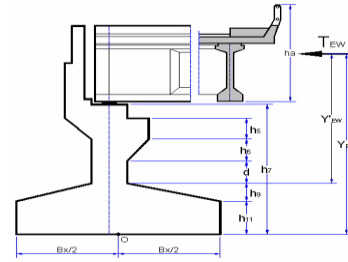
Untuk $L_t=L=28,00$ m
 Gaya rem, $T_{TB}=250$ kN
 Lengan terhadap pondasi akibat gaya rem $Y_{TB}=13,24$ m
 Momen pada breast wall $M'_{TB}=2967,5$ kN-m
 Kekakuan geser untuk tumpuan elastomeric $k=1500$ kN/m
 Panjang girder $L=28$ m
 Jumlah tumpuan elastomeric (jumlah girder) $n=7$ buah



Gaya pada abutment akibat pengaruh temperatur $T_{ET}=18,375$ kN
 Lengan terhadap pondasi $Y_{ET}=9,818$ m
 Momen pada pondasi $M_{ET}=180,405$ kN-m
 Lengan terhadap breast wall $Y'_{ET}=8,448$ m
 $M_{ET}=155,232$ kN-m

Beban Angin

1. Angin Yang Meniup Bidang Samping Jembatan
 Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin meniup bidang samping jembatan dihitung dengan : $T_{EW1}=0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$
 Dengan : C_w =Koefisien seret 1.25
 V_w = Kecepatan angin 35 m/det (PPJT-1992,Tabel 5) A_b = luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)
 $T_{EW1}=0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 = 1.84$ kN/m



Panjang bentang $L=28,00$ m
 Tinggi bidang samping jembatan, $h_a=3,50$ m
 $A_b=(L \times h_a)/2=49,00$ m^2
 Beban angin pada abutment :
 $T_{EW1}=0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b=45,02$ kN

Lengan terhadap pondasi :
 $Y'_{EW}=h_7-h_9-h_{11}+h_a/2=10,20$ m
 Momen pada breast wall
 $M'_{EW}=T_{EW1} \times Y'_{EW}=459,10$ kN-m

2. Angin gang Meniup Kendaraan.

Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan dihitung dengan

$T_{EW2}=0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times L/2$
 Dengan :

C_w = Koefisien seret 1,2

V_w = Kecepatan angin 35 m/det (PPJT-1992,Tabel 5)

$T_{EW2}=0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 = 1.764$ kN/m

Panjang bentang $L=28,00$ m
 Tinggi bidang samping jembatan $h_a=3,50$ m

$A_b=(L \times h_a)/2=4,90$ m^2

Beban angin pada abutment :

$T_{EW2}=0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times L/2=24,696$ kN

Lengan terhadap pondasi :

$Y'_{EW}=h_7-h_{11}-h_9=10,25$ m

Momen pada breast wall

3. Beban Angin Total Pada Abutment

Total beban angin pada abutment

$T_{EW}=69,715$ kN

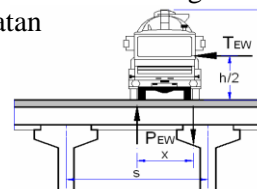
Total momen pada pondasi

$M_{EW}=807,695$ kN-m

Total momen pada breast wall

$M'_{EW}=712,186$ kN-m

4. Transfer Beban Angin ke Lantai Jembatan



5. Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 meter diatas lantai jembatan $h = 2$ m
 Jarak antar roda kendaraan $x = 1,75$ m

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

Beban Gempa

1. Beban Gempa Statistik Ekuivalen
 Beban gempa rencana dihitung dengan rumus $T_{EQ} = K_h \times I \times W_t$
 Dengan $K_h = C \times S$
 K_h = Koefisien gempa horizontal
 I = Faktor kepentingan
 C = Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu dan kondisi tanah setempat
 S = Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur. Waktu getar struktur dihitung dengan rumus : $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{W_t / (g \cdot K_p)}$
 W_t = Berat total yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan
 K_p = Kekakuan struktur yang merupakan gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan
 g = Percepatan gravitasi bumi = $9,8 \text{ m}^2/\text{det}^2$
- a. Beban Gempa Arah Memanjang Jembatan (Arah-X)
 Tinggi breast wall $L_b = 8,47$ m
 Ukuran penampang breast wall $b = 12,0$ m
 $H = 0,8$ m
 Inertia penampang breast wall $I_c = 0,5120 \text{ m}^4$
 Mutu beton K- 350 $f' = 24,9 \text{ Mpa}$
 Modulus elastisitas beton $E_c = 23452,95291 \text{ Mpa}$
 $E_c = 23452952,91 \text{ kPa}$
 Nilai kekakuan $K_p = 59284,13891$
 Percepatan gravitasi $g = 9,8 \text{ m}/\text{det}^2$
 Berat sendiri struktur atas $P_{MS(\text{str atas})} = 4285,6149 \text{ kN}$

Berat sendiri struktur bawah $P_{MS(\text{str bawah})} = 8046,0352 \text{ kN}$

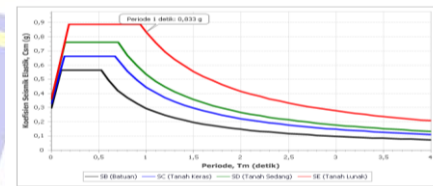
Waktu getar alami struktur $T = 0,8316$ detik

Berat sendiri total total struktur $W_{TP} = 10188,84265 \text{ kN}$

Data gempa dari Pusjatan

Tabel Data Gempa dari Pusjatan

PGA (g)	0,298	PSA (g)	0,425
S _s (g)	0,565	S _{DS} (g)	0,664
S _i (g)	0,296	T ₀ (detik)	0,134
SD1	0,445	T _s (detik)	0,671



Gambar Data Gempa dari Pusjatan
 Tabel Data Spektra Respons

PGA: 0,298 | S_s: 0,565 | S_i: 0,296

Spektrum Respons Desain di Permukaan Tanah

Variabel	T (detik)	S _a (g)
As	0	0,328
T0	0,134	0,664
SDS	0,2	0,664
Ts	0,671	0,664
Ts+0.1	0,8	0,556
Ts+0.2	0,9	0,495
Ts+0.3	1,0	0,445
SD1	1	0,445
Ts+0.4	1,1	0,405
Ts+0.5	1,2	0,371
Ts+0.6	1,3	0,342
Ts+0.7	1,4	0,316

Berdasarkan SNI 2833-2016

Faktor modifikasi respon untuk bangunan bawah $R = 2,000$

Koefisien beban gempa horisontal $S = 1,000$

Mencari nilai Csm untuk $T > T_0$

$C_{sm} = S_{ds} / T / R = 0,26710684$

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 $F = 1,25 - 0,025 \times n = 1,225$

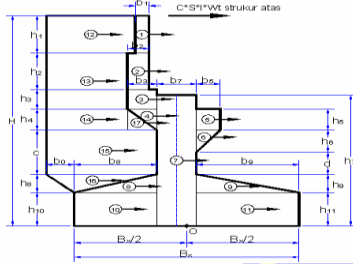
Faktor tipe struktur, $S = 1,225$

Koefisien beban gempa horisontal,

$K_h = C \times s = 0,2205$

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 $T_{EQ} = 0,2205 \times Wt$



h_{1a}	1,9 m	h_{1b}	0,5 m	h_{1c}	1 m
h_{2a}	1,5 m	h_{2b}	9,818 m	e	6,97 m
h_{3a}	0,5 m	h_{3b}	0,37 m	d	6,97 m
h_{4a}	1 m	h_{4b}	0,37 m	h_{12a}	9,97 m
h_{5a}	0,5 m	h_{5b}	1 m	H	12 m

Tabel Distribusi Beban Gempa Pada Abutment

No	Berat Wt(kN)	T_{EQ} (kN)	Urutan lengan thd titik O	Besar y(m)	M_{EQ} (kNm)
STRUKTUR ATAS					
P_{MS}	4285,615	944,9781	$y=H$	12,00	11339,74
P_{MA}	579,6	127,8018	$y=H$	12,00	1533,62
ABUTMENT					
1	164,16	36,19728	$y1 = h10+h8+c+h4+h3+h2+h1/2$	12,29	444,86
2	237,6	52,3908	$y2 = h10+h8+c+h4+h3+h2/2$	10,59	554,82
3	194,4	42,8652	$y3 = h10+h8+c+h4+h3/2$	9,59	411,08
4	179	39,4695	$y4 = h10+h8+c+2/3*h4$	9,01	355,49
5	79,2	17,4636	$y5 = h11+h9+d+h6+h5/2$	9,09	158,74
6	39,6	8,7318	$y6 = h11+h9+d+2/3*h6$	8,67	75,73
7	2262,067	498,7858	$y7 = h/2$	4,91	2448,54
8	106,56	23,49648	$y8 = h10+1/3*h8$	1,12	26,39
9	106,56	23,49648	$y9 = h11+1/3*h9$	1,12	26,39
10	576	127,008	$y10 = h10/2$	0,50	63,50
11	576	127,008	$y11 = h11/2$	0,50	63,50
			$y12 = y1$		
			$y13 = h10+h8+c+h4+(h3+h2)/2$		
			$y14 = h10+h8+c+h4/2$		
WINGWALL					
12	92,34	20,36097	$y15 = h10+h8+c/2$	12,29	250,24
13	127,2	28,0476	$y16 = h10+2/3*h8$	10,34	290,01
14	47,7	10,51785	$y17 = h10+h8+c+1/3*h4$	8,84	92,98
15	130,56	28,78848	$y18 = h7$	4,86	139,77
16	24,48	5,39784		1,25	6,73
17	6,75	1,483375	$y19 = H - h1/2$	8,67	12,91
18	10	2,205	$y20 = h10+h8+h13/2$	9,82	21,65
TANAH					
19	654,804	144,3843	$y21 = h10+h8+c+h4/3$	11,05	1995,45
20	1930,356	425,6435	$y22 = h10+h8+c/2$	6,36	2704,96
21	58,05	12,80035	$y23 = h10+2/3*h8$	8,67	111,02
22	247,68	54,61344		4,86	265,15
23	179,568	39,59474		1,25	49,36
T_{EQ}	2843,535			M_{EQ}	23042,64
Letak titik tangkap gaya horisontal gempa				Y_{EQ} (m)	8,10

b. Beban Gempa Arah Melintang Jembatan (Arah Y)

Tinggi breast wall

$L_b = 8,47$ m

Ukuran penampang breast wall

$b = 12$ m

$H = 0,80$ m

Inertia penampang breast wall

$I_c = 115,20$ m

Mutu beton K- 300

$f'c = 24,90$ Mpa

Modulus elastisitas beton

$E_c = 23452,95$ Mpa

$E_c = 23452952,91$ kPa

Nilai kekakuan

$K_p = 13338931,3$

Percepatan gravitasi

$g = 9.80$ m/det²

Berat sendiri srktuktur atas

$P_{MS}(\text{str atas}) = 4285,61$ kN

Berat sendiri struktur bawah

$P_{MS}(\text{str bawah}) = 8046,63$ kN

Berat sendiri total total struktur

$W_{TP} = 8308,63$ kN

Waktu getar alami struktur

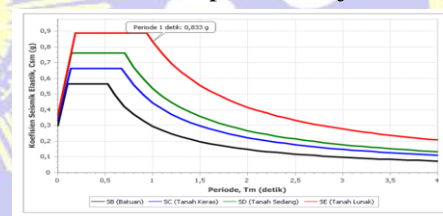
$T = 0.05$ detik

Data gempa dari Pusjatan

Tabel Data Gempa dari Pusjatan

PGA (g)	0,298	PSA (g)	0,425
Ss (g)	0,565	S _{DS} (g)	0,664
S1 (g)	0,296	T ₀ (detik)	0,134
SD1	0,445	T _S (detik)	0,671

Gambar Data Gempa dari Pusjatan



Tabel Data Spektra Respons

PGA: 0,298 S_S: 0,565 S₁: 0,296

Spektrum Respons Desain di Permukaan Tanah

Variabel	T (detik)	Sa (g)
As	0	0,328
T0	0,134	0,664
SDS	0,2	0,664
Ts	0,671	0,664
Ts+0.1	0,8	0,556
Ts+0.2	0,9	0,495
Ts+0.3	1,0	0,445
SD1	1	0,445
Ts+0.4	1,1	0,405
Ts+0.5	1,2	0,371
Ts+0.6	1,3	0,342
Ts+0.7	1,4	0,318

Berdasarkan SNI 2833-2016

Faktor modifikasi respon untuk bangunan bawah $R = 2,000$

Mencari nilai Csm untuk $T < T0$

$Csm = (Sds - PSA)$

$T/T0 + PSA / R$

$$= 0,261775$$

Untuk struktur jembatan dengan daerah sendi plastis beton bertulang, $S = 1.3 F$ $S = 1.0 F$ 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,

$$S = 1,5925$$

Koefisien beban gempa

horizontal, $K_h = C \times s = 0,2665$

Untuk jembatan yang memuat > 2000 kendaraan/hari, jembatan 2618 x W_t

$$P_{MA} = 579,600 \text{ kN}$$

$$W_t = 129911,250 \text{ kN}$$

Beban gempa arah melintang jembatan, $T_{EQ} = 3701,010 \text{ kN}$

Momen pada pondasi akibat beban gempa, $M_{EQ} = T_{EQ} \times Y_{EQ}$

$$= 29991,208 \text{ kN}$$

1. Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa

pada jalan tol, maka diambil faktor kepentingan $I = 1$

Gaya gempa

$$T_{EQ} = 0,$$

Gaya gempa arah lateral akibat tekanan tanah dinamis dihitung dengan menggunakan koefisien tekanan tanah dinamis ($\Delta K_a G$) sebagai berikut:

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

$$K_a G = \frac{1}{\cos^2(\varphi' - \theta)}$$

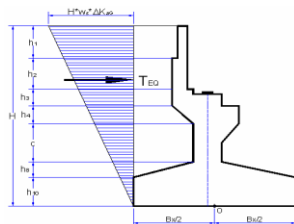
$$\theta / [\cos 2\theta \{1 + \sqrt{(\sin(\varphi' - \theta)) / \cos \theta}\}]$$

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

Tekanan tanah dinamis

$$p = H * w_s * \Delta k_a G \text{ kN/m}^2$$

$$H = 12 \text{ m}$$



$$B_y = 112,0 \text{ m}$$

$$K_h = 0,28665$$

$$\varphi' = 0,32025 \text{ rad}$$

$$K_a = 0,52131$$

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

$$\Theta = 0,27916 \text{ rad}$$

$$\cos 2(\varphi' - \theta) = 0,99831$$

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

$$1,033384$$

$$K_{aG} = 0,96606$$

$$\Delta K_{aG} = 0,44475$$

Gaya gempa lateral

$$T_{EQ} = 1/28 H^2 \times w_s \times \Delta k_a G \times B_y$$

$$= 2004,964 \text{ kN}$$

Lengan terhadap pondasi

$$y_{EQ} = 2/3 \times H = 8,0 \text{ m}$$

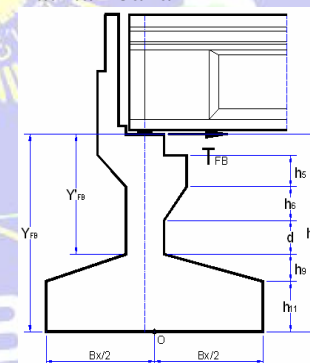
Momen akibat beban gempa

$$M_{EQ} = 52874,885 \text{ -m}$$

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



Reaksi abutmen akibat:

Berat sendiri struktur atas:

$$P_{MS} = 4285,6149 \text{ kN}$$

Beban mati tambahan

$$P_{MA} = 579,6 \text{ kN}$$

Gaya gesek pada perletakaan

$$T_{FB} = 875,739 \text{ kN}$$

Lengan terhadap pondasi

$$y_{FB} = 9,818 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat gempa

$$M_{FB} = 8598,002 \text{ kN-m}$$

Lengan terhadap breast wall

$y'_{FB} = 8,448 \text{ m}$
Momen pada breast wall
 $M'_{FB} = 7398,240 \text{ kN-m}$

Kombinasi Beban Kerja
Tabel Rekap Beban Kerja

No	Kombi. Beban	Arah Kode	Vertikal			Horizontal		Momen	
			P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)		
A. Aksi tetap									
1	Berat sendiri	MS	12911,25				-6377,00		
2	Beban mati tambah	MA	579,60				-202,86		
3	Tekanan tanah	TA		10285,63			47280,10		
B. Beban lalu lintas									
4	Beban lajur "D"	TD	942,98				-330,04		
5	Beban pedestrian	TP	123,37				-43,18		
6	gaya rem			250,00			3310,00		
C. Aksi lingkungan									
7	Temperatur	ET		18,38			180,41		
8	Beban angin	EW	28,22		69,71		-9,88	807,70	
9	Beban gempa	WQ		2843,53	3701,01		23042,64	29991,21	
10	Tek tanah dinamis			6609,36			52874,88		
D. Aksi lainnya									
11	Gesekan	FB		875,74			8598,00		

Tabel Rekap Kombinasi Beban Untuk Perencanaan Tegangan Kerja

No	KOMBINASI	Tegangan berlebih	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)
1	KOMBINASI-1	0%	14557,19	11161,37	0,00	48925,02	0,00
2	KOMBINASI-2	25%	14585,42	17144,99	69,71	96502,03	807,70
3	KOMBINASI-3	40%	14585,42	11411,37	69,71	52225,14	807,70
4	KOMBINASI-4	40%	14585,42	11429,75	69,71	52405,55	807,70
5	KOMBINASI-5	50%	13490,85	9452,90	3701,01	69337,67	29991,21

Kontrol Stabilitas Guling

Menurut SNI 8460-2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik faktor keamanan terhadap stabilitas guling minimum adalah 2.

Stabilitas Guling Arah X

Pondasi tiang tidak diperhitungkan dalam analisis stabilitas terhadap guling, sehingga digunakan $SF = 2.2$

Letak titik guling A (ujung pondasi) terhadap pusat pondasi:

$$\frac{B_x}{2} = 6,6185 \text{ m}$$

k = persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_x = momen penyebab guling arah X

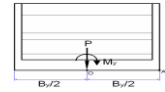
Momen penahan guling : $MP_x = P \times \left(\frac{B_x}{2}\right) \times (1 + k)$ Angka aman terhadap guling : $SF = MP_x/M_x$ harus ≥ 2.2

Tabel Stabilitas Guling Arah X

No	KOMBINASI BEBAN	k	P kN	Mx kNm	MPx kNm	SF	Keterangan
1	KOMBINASI-1	0%	14557,19	48925,022	40032,281	0,82	<2,2 No Go
2	KOMBINASI-2	25%	14585,42	96502,026	50137,371	0,52	<2,2 No Go
3	KOMBINASI-3	40%	14585,42	52225,144	56153,856	1,08	<2,2 No Go
4	KOMBINASI-4	40%	14585,42	52405,549	56153,856	1,07	<2,2 No Go
5	KOMBINASI-5	50%	13490,85	69337,668	55649,757	0,80	<2,2 No Go

Stabilitas Guling Arah Y

Letak titik guling A (ujung pondasi) terhadap pusat pondasi
 $B_y/2 = 16,5 \text{ m}$



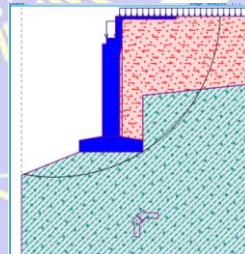
Tabel Stabilitas Guling Arah Y

No	KOMBINASI BEBAN	k	P kN	My kNm	Mpy kNm	SF	Keterangan
1	KOMBINASI-1	0%	14557,19	0,000	87343,1586		
2	KOMBINASI-2	25%	14585,42	807,695	109390,6283	135,44	>2,2 Aman
3	KOMBINASI-3	40%	14585,42	807,695	122517,5036	151,69	>2,2 Aman
4	KOMBINASI-4	40%	14585,42	807,695	122517,5036	151,69	>2,2 Aman
5	KOMBINASI-5	50%	13490,85	29991,208	121417,6509	4,05	>2,2 Aman

Tabel Rekap Rekap Perhitungan Panjang Geotekstile

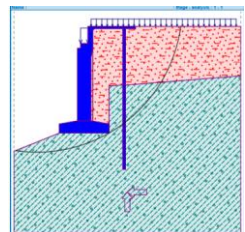
Z(m)	Sv (m)	L (m)	L1 (m)		L total (m)	Lapisan tiap Z	Total Lapisan	L Diperlukan (m)
			Perhitungan (m)	Dipakai (m)				
1	0,323	6,875	1,779	1	7,875	3,098	27,879	219,554
2	0,258	4,681	0,890	1	5,681	3,882	34,941	198,505
3	0,185	3,673	0,593	1	4,673	5,395	48,556	226,927
4	0,154	2,962	0,445	1	3,962	6,480	58,317	231,072
5	0,131	2,370	0,356	1	3,370	7,618	68,559	231,036
6	0,114	1,837	0,297	1	2,837	8,791	79,122	224,449
7	0,100	1,337	0,254	1	2,337	9,990	89,910	210,163
8	0,089	0,859	0,222	1	1,859	11,207	100,862	187,543
9	0,080	0,395	0,198	1	1,395	12,437	111,937	156,201

Analisa Stabilitas Aboutment Menggunakan Geo5 Kondisi Eksisting



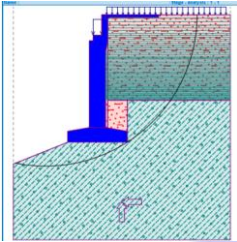
Tekanan aktif : $F_a = 3805,40 \text{ KN/m}$
Tekanan Pasif : $F_b = 3838,34 \text{ KN/m}$
Sliding momen : $M_a = 54531,34 \text{ KNm/m}$
Momen geser : $M_p = 55003,35 \text{ KNm/m}$
Factor of safety = 1,01 < 1,50
Slopestability NOT ACCEPTABLE

Kondisi Dengan Perkuatan Bored Pile



Tekanan aktive :Fa = 3987.53KN/m
 Tekanan Pasif : Fb=6318.89 KN/m
 Sliding momen : Ma=55745.62 KNm/m
 Momen geser : Mp=88338.13 KNm/m
 Factor of safety = 1,58 >1,50
 Slope stability ACCEPTABLE

Kondisi Dengan Perkuatan Geotekstile



Tekanan aktive :Fa =4498.36KN/m
 Tekanan Pasif : Fb=7311.58 KN/m
 Sliding momen :Ma=71928.74KNm/m
 Momen geser :Mp=115313.13KNm/m
 Factor of safety = 1,60 >1,50
 Slope stability ACCEPTABLE

Analisa Rancangan Anggaran Biaya Untuk Pemasangan Geotekstile

Tabe analisa harga satuan dari analisa rencana anggaran biasa pemasangan geotekstil

PASANGAN GEOTEKSTILE TYPE C (Tebal)					
NO	URAIAN	MODE	SATUAN	KODE/RSN	HARGA SATUAN
					(Rp)
A. TENAGA					
1	Pekerja	L01	OH	0,2400	79.400
2	Tukang tembok/pali	L01	OH	0,0480	100.000
3	Mandor	L01	OH	0,0240	120.000
JUMLAH TENAGA KERJA					26.836,80
B. BAHAN					
1	Geotekstile C (Tebal)	M084	m ²	1,1000	21.600
JUMLAH HARGA					23.760,00
C. PERALATAN					
1	Evaporator	E31	Sewa/jam	0,0400	322.400
2	Bubocor	E35	Sewa/jam	0,0280	325.400
JUMLAH HARGA ALAT					38.848,00
D. JUMLAH (A+B+C)					50.596,80
E	Overhead & Profit 15%			0,1500	7.589,52
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				58.186,32

Tabel rancangan anggaran biaya

RENCANA ANGGARAN BIAYA					
NO	JENIS PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA (Rp)
				(Rp)	
A. PEKERJAAN & PERSIAPAN					
1	Pembersihan & Perataan	m ²	195	Rp 292.169	Rp 56.972.955
2	pengukuran lahan	m ²	195		
B. PEKERJAAN TANAH					
1	galian tanah uruk	m ³	1755	Rp 89.600	Rp 157.248.000
2	galian tanah keras	m ³		Rp 125.200	
C. PEKERJAAN GEOTEKSTILE					
1	Pemasangan geotekstile	m ²	57	Rp 58.086	Rp 3.316.602
2	geotekstile yang di butuhkan	m ²	11115	Rp 23.760	Rp 264.092.400
JUMLAH					Rp 481.629.957

Analisa Rancangan Anggaran Biaya Untuk Pemasangan Bore Pile Dengan Jarak 1 Meter D Belakang Abutment Dengan Kedalaman 16m Dan Diameter 60cm

Tabel Analisa volume untuk besi tulangan dan Beton Readimix Bore pile

NO	URAIAN	PERHITUNGAN VOLUME	JUMLAH
A	Beton Readymix	0,25 x 3,14 x 0,6m x 0,6m x 16m x 10 x 1,05	47,476 m ³
B. Pemesian Besi Tulangan			
1	Besi Dia 16 mm	(16m x 40 x 16mm) x 18 bh x 1,578 kg/m x 10 titik x 1,05	3.053
2	Besi Dia 10 mm	(3,14 x 0,6) x (16m / 0,1) x 0,617 kg/m x 10 titik x 1,05	1.952
3	Total pemesanan	3.053 + 1.952	5.005

Tabel Rancana anggaran biaya pemasangan bore pile

RENCANA ANGGARAN BIAYA					
NO	URAIAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUA	JUMLAH
1	Mobilisasi Dan Demobilisasi Alat Bor	Ls	1	Rp 19.000.000	Rp 19.000.000
2	Sewa Genset 50 KVA	Ls	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
3	Pengukuran Dan Marking	Ls	1	Rp 3.500.000	Rp 3.500.000
4	Pengeboran D 60 cm	m ²	160	Rp 55.500	Rp 8.880.000
5	Beton Readymix 16 cm	m ³	47,476	Rp 1.441.900	Rp 68.455.644
6	Material + Perakitan Besi Tulangan	Kg	5.005	Rp 22.000	Rp 110.110.000
7	Upah Cor Beton Dengan Pipa tremie	m ³	160	Rp 50.000	Rp 8.000.000
8	Upah pemasangan besi tulangan	m ²	160	Rp 45.000	Rp 7.200.000
9	Buang lumpur hasil pengeboran	m ³	160	Rp 45.000	Rp 7.200.000
JUMLAH TOTAL					Rp 261.345.644

KESIMPULAN DAN SARAN KESIMPULAN

A. Berdasarkan analisis perhitungan stabilitas tanah di belakang abutment jembatan sengkaling malang

1. Dimana untuk kondisi eksisting dimana untuk sefti faktor nya adalah $1,01 \geq 1,50$ dan dinyatakan tidak aman
2. Dimana untuk kondisi adanya perkuatan dengan penambahan lembaran geotekstile untuk seftifaktornya adalah $1,60 > 1,50$ dengan kenaikan sefti faktor sebesar 59
3. Dimana untuk kondisi adanya perkuatan dengan penambahan pemasanga borepile d belakang abutmen dengan jarak 1 m dan kedalaman 16 m untuk seftifaktornya adalah $1,58 > 1,50$ dengan kenaikan sefti faktor sebesar 57

- B. Untuk hasil analisa perhitungan rencana anggaran biaya dari perkuatan Tanah di belah aboutmen adalah;
1. Untuk perkuatan tanah di belakang aboutmen jembatan dengan menggunakan geotekstile memerlukan biaya kuranglebih Rp. 481.629.957 rupiah
 2. Untuk perkuatan tanah di belakang aboutmen jembatan dengan menggunakan bore pile dengan kedalaman 16m dan diameter pile 60cm memerlukan biaya kuranglebih Rp. 261.345.644 rupiah
 3. Dengan SF yg sama persentase perbandingan dari perkuatan tanah di belakang aboutment dengan menggunakan bore pile adalah 54% lebih efisien di bandingkan dengan menggunakan perkuatan geotekstile dilihat dari hasil analisa anggaran biaya.
- Terhadap Beban Gempa. SNI 2833-2016. Jakarta
4. Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan*. SNI 2833-2008. Jakarta
 5. Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 8460-2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. SNI 8460-2017. Jakarta
 6. Brige Management System. 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*. BMS 1992. Departemen PU Bina Marga
 7. Iqbal, M, S. 1995. *Dasa-Dasar Jembatan Beton Bertulang*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta

Saran

Untuk struktur abutment perlu adanya perkuatan yaitu:

1. Untuk supaya tidak terjadi guling pada aboutmen akibat kondisi tanah di sekitar aboutment
2. Untuk supaya tidak memberi beban berlebih pada tiang pancang pada setruktur abutmen tersebut dan juga menghindari patahan pada tiang pancang

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Perencanaan untuk Jembatan*. SNI 1725-2016 Jakarta
2. Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. RSNI T-2833-2013. Jakarta
3. Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Perencanaan Jembatan*