

**PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN AKIBAT
KETIDAKSERAGAMAN BENTANG PADA PIER JEMBATAN JALAN TOL
PORONG-GEMPOL**

(Studi Kasus : Jalan Tol Porong–Gempol p16)

Muhammad Dicky Setiawan

Dosen Pembimbing :

Ir. Pujo Priyono, MT ; Ir. Totok Dwi K, MT

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jalan Karimata 49, Jember 68172, Indonesia

RINGKASAN

Proyek pembangunan Jalan tol Porong–Gempol merupakan rangkaian dari program Trans Java Tollway System. Pembebasan lahan merupakan hal yang biasa terjadi dalam situasi saat ini. Pembebasan lahan akan sangat berpengaruh dengan perencanaan bentang-bentang jembatan ,sehingga akan terdapat bentang-bentang jembatan yang berbeda. Dengan ini saya mengambil studi kasus tentang “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Akibat Ketidakseragaman Bentang Yang diderita Pier Pada Jembatan Jalan Tol Porong-Gempol”.

Pilar jembatan sederhana adalah suatu kontruksi beton bertulang yang menumpu diatas pondasi tiang-tiang pancang yang terletak ditengah sungai atau yang lain yang berfungsi sebagai pemikul antara bentang tepi dan bentang tengah bangunan atas jembatan (SNI 2847,2019). Pilar (*pier*) berfungsi menyalurkan gaya – gaya vertikal dan horisontal dari bangunan atas ke pondasi.

Pada kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X ada pengaruh nilai keamanan pada service IV P_{mak} dari 597.575 menjadi 1282.470, ada kenaikan sebesar 53.40% dan masih dalam batas “aman”. Pada kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X ada pengaruh nilai keamanan pada ekstrem 1 P_{mak} dari 1131.108 menjadi 1816.003, ada kenaikan sebesar 37.71% dan masih dalam batas “aman”. Pada kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X ada pengaruh nilai keamanan pada ekstrem 2 P_{mak} dari 921.934 menjadi 1606.829, ada kenaikan sebesar 42.62% dan masih dalam batas “aman”. Kontrol stabilitas guling arah memanjang jembatan ada pengaruh nilai keamanan pada service IV (SF) dari 127.1 menjadi 1.8, ada penurunan sebesar 98.57% dan masih dalam batas “aman”.

Kata Kunci : Jalan Tol Porong-Gempol P16, ketidak seragaman bentang

THE INFLUENCE OF THE BALANCE OF LOADS DUE TO THE FORM OF UNDERSTANDING IN PIER PORONG-GEMPOL TOLL ROAD BRIDGE

(Case Study: Porong Toll Road-Gempol p16)

Muhammad Dicky Setiawan

Advisor :

Ir. Pujo Priyono, MT; Ir. Totok Dwi K, MT

Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of
Jember

at Karimata 49, Jember 68172, Indonesia

ABSTRACT

The Porong - Gempol toll road construction project is a series of Trans Java Tollway System programs. Land acquisition is a common thing in the current situation. Land acquisition will be very influential with the planning of bridge spans, so that there will be different bridge spans. I hereby take a case study on "The Influence of Load Unbalance Due to the Spread Unevenness that the Pier Suffers on the Porong-Gempol Toll Road Bridge".

A simple bridge pillar is a construction of reinforced concrete that rests on the foundation of piles located in the middle of the river or the other which functions as a bearer between the span and middle span of the building on the bridge (SNI 2847,2019). Pillars can be in the form of supporting frame arrangements, namely reinforced concrete caps which act as transverse beams with pole heads embedded in a hat, or column arrangement, which use separate pile cap systems, beam systems and separate transverse columns. Pilar (pier) serves to channel vertical and horizontal forces from the upper building to the foundation..

In the bearing power control of the pile permit towards X direction load there is an influence of the security value on Pmak IV service from 597,575 to 1282,470, there is an increase of 53.40% and is still within the "safe" limit. In the bearing control of the pole permit on the direction of X load there is the influence of the security value on the extreme of 1 Pmak from 1131,108 to 1816,003, there is an increase of 37.71% and is still within the "safe" limit. In carrying capacity control of the pole permit on the direction X load there is the influence of the security value on the extremes of 2 Pmak from 921,934 to 1606,829, there is an increase of 42.62% and is still within the "safe" limit. The stability control of the longitudinal direction of the bridge is influenced by the security value of service IV (SF) from 127.1 to 1.8, there is a decrease of 98.57% and is still within the "safe" limit..

Keywords: Porong-Gempol P16 Toll Road, spatial unevenness

I . PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan dalam bidang prasarana transportasi darat merupakan salah satu program utama pemerintah untuk mendorong pertumbuhan perekonomian suatu wilayah. Pertumbuhan perekonomian yang disertai peningkatan jumlah penduduk, peningkatan jumlah kendaraan, peningkatan lalu lintas angkutan barang dan jasa. Perlu diimbangi dengan penambahan jaringan jalan baru ataupun penambahan kapasitas jalan eksisting yang terdapat dikawasan tersebut.

Proyek pembangunan Jalan tol Porong–Gempol merupakan rangkaian dari program Trans Java Tollway Sytem. Yaitu jalan tol yang dimulai dari merak, Jawa Barat sampai dengan bagian timur Pulau Jawa yaitu Banyuwangi, Jawa Timur. Keberadaan jalan tol ini sangat penting dalam kelancaran arus lalu lintas. Perkembangan teknologi dalam bidang kontruksi teknik sipil mengalami perkembangan yang pesat, membuat para perencana struktur dituntut lebih produktif,kreatif, dan inovatif terutama dalam hal perencanaan struktur. Pembebasan lahan merupakan hal yang biasa terjadi dalam situasi saat ini. Untuk pembangunan proyek skala besar maupun kecil terkadang perlu di lakukan pembebasan lahan masyarakat.

Pembebasan lahan adalah usaha untuk mendapatkan tanah/lahan dari masyarakat dengan cara memberikan ganti rugi kepada pihak yang melepaskan atau menyerahkan tanahnya, bangunan dan benda-benda lain yang berada di atas tanah tersebut. Perencanaan (*pier*) dan bentang pada jembatan didesain sesuai

dengan hasil pembebasan lahan. Pembebasan lahan akan sangat berpengaruh dengan perencanaan bentang-bentang jembatan ,sehingga akan terdapat bentang-bentang jembatan yang berbeda.

Dengan ini saya mengambil studi kasus tentang “Pengaruh Ketidak Seimbangan Beban Akibat Ketidak Searagaman Bentang Yang diderita *Pier* Pada Jembatan Jalan Tol Porong-Gempol”.

1.2 Identifikasi masalah

Pilar (*pier*) merupakan bangunan pendukung pada jembatan, yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya vertikal dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi. Dengan adanya pilar pada tengah-tengah bentang maka momen maksimum dan lendutan yang terjadi pada balok akan lebih kecil. Perencanaan pilar pada jembatan tergantung pada besarnya beban-beban yang berkerja sebagai reaksi dari struktur atas jembatan. Pilar (*pier*) harus direncanakan terhadap perbedaan bentang-bentang girder yang ada di lapangan.

1.3 Rumusan Masalah

Dari pelaksanaan teknis dilapangan yang selama ini dilakukan pihak kontraktor pelaksana proyek pembangunan Jalan tol Porong–Gempol, Penulis mengamati serta merumuskan perlu ditentukan pola sistem kerja yang efektif dan efisien yaitu :

1. Seberapa besar ketidak seimbangan beban momen yang diderita oleh *PIER P16-PC* pada jalan tol Porong-Gempol ?
2. Bagaimana peningkatan efek guling pada *pier* kontruksi jembatan jalan tol Porong-Gempol ?

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis membatasi beberapa permasalahan diantaranya :

1. Tidak membahas permasalah yang terkait dengan pembebasan lahan.
2. Tidak membahas masalah lalu lintas disekitar lokasi proyek saat dikerjakan.
3. Tidak membahas masalah perhitungan perencanaan struktur jalan raya, pembuatan saluran drainase dan dimensi saluran.
4. Tidak membahas perhitungan geometri jalan dan perkerasan baik pada jalan dan jembatan.

1.5 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktur pilar (*pier*) pada proyek jalan tol Porong–Gempol yang terdiri dari :

1. Mengetahui kekuatan pier dengan ketidak seragaman bentang.

2. Mengetahui peningkatan efek guling pada *pier* kontruksi jembatan tol Porong-Gempol.

1.6 Manfaat dan kegunaan

Hasil dari penelitian ini memiliki beberapa manfaat dan kegunaan, antara lain :

1. Memberikan informasi mengenai tahapan perencanaan pilar (*pier*) pada pembangunan jembatan.
2. Dapat digunakan sebagai pedoman perencanaan pilar (*pier*).
3. Hasil dari perencanaan pilar (*pier*) dapat berguna sebagai referensi pembangunan jembatan pada proyek jalan tol Porong-Gempol serta pembangunan jembatan lain yang sejenis dengan jembatan tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kontruksi *Pier* dengan Perencanaan Bentang *Equivalent*

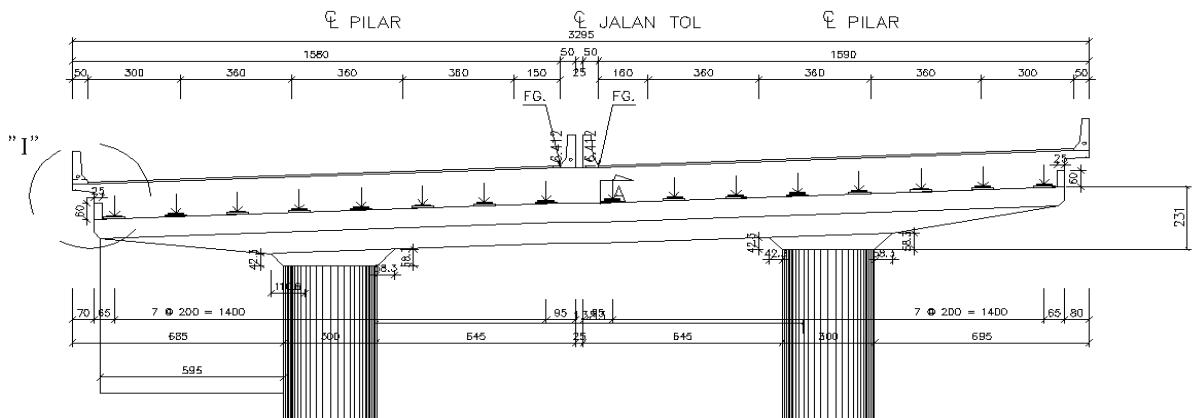
Penelitian ini mengetahui besar ketidakseimbangan momen yang diderita *pier* dan peningkatan efek guling pada *pier* kontruksi jembatan jalan tol Porong-Gempol STA 40+726.560.

Metode struktur jembatan yang ekonomis dan memenuhi segi keamanan serta rencana penggunaannya, merupakan suatu hal yang sangat penting. Oleh karena itu diperlukan analisis struktur yang akurat dengan metode analisis yang tepat guna mendapatkan hasil perencanaan struktur yang digunakan ada dua macam yaitu :

- a. Metode perencanaan ultimit dengan pemilihan faktor beban ultimit sesuai peraturan yang berlaku,yaitu :
 - SNI-2847-2013
 - SNI-1726-2016 : Standart pembebanan jembatan
- b. Metode perencanaan tegangan ijin dengan beban kerja.

Perhitungan struktur jembatan dilakukan dengan komputer bebasis elemen hingga (*finite element*) untuk berbagai kombinasi pembebanan yang meliputi berat sendiri,beban mati tambahan,beban lalu lintas kendaraan (beban lajur, pedestrian) dan beban pengaruh lingkungan (temperatur,angin,gempa)

4.1.1 Data Struktur Atas



Gambar 4.1 tampak depan *Pier Head*

Tabel 4.1 data struktur atas

URAIAN DIMENSI	NOTASI	DIMENSI	SATUAN
Lebar jalan (jalur lalu lintas)	$b_1=$	30,7	m
Lebar trotoar	$b_2=$	0,00	m
Lebar median	$b_3=$	1,25	m
Lebar total jembatan	$b=$	32,950	m
Tebal slab lantai jembatan	$t_s=$	0,250	m
Tebal lapisan aspal+overlay	$t_a=$	0,050	m
Tebal trotoar/median	$t_t=$	1,250	m
Tebal genangan air hujan	$t_h=$	0,050	m
Tinggi girder prategang	$h_b=$	1,700	m
Tinggi bidang samping jembatan	$h_a=$	1,450	m
Jumlah girder	$n=$	16	buah
Jarak antar balok prategang	$s=$	2,00	m
panjang bentang jembatan	$L=$	40,00	m

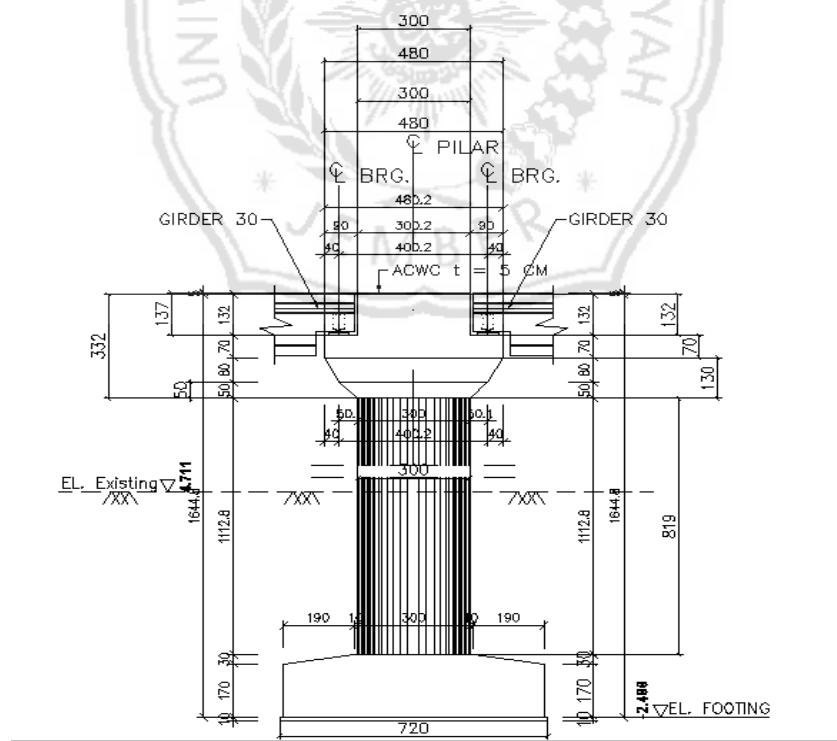
Tabel 4.2 Specific gravity

Berat beton prategang	$w_c =$	25,00
Berat beton bertulang	$w_c =$	24,00
Berat aspal	$w_a =$	22,00
Berat jenis air	w_w	9,80

4.1.2 Data Struktur Bawah

Tabel 4.3 data struktur bawah

HEADSTOCK				DATA SUNGAI			
NOTASI	(m)	NOTASI	(m)	Kedalaman air		NOTASI	(m)
b ₁	0,00	h ₁	0	Saat banjir rencana		H _b	0,00
b ₂	3,00	h ₂	1,32	Rata-rata tahunan		H _r	0,00
b ₃	4,80	h ₃	0,7	Sudut arah aliran sungai thd pier			
b ₄	3,00	h ₄	1,3		θ=		10°
B _a	31,45	a	3,32				
PIERWALL (COLUMN)				TANAH DASAR PILE CAP			
NOTASI	(m)	NOTASI	(m)	Berat Volume		w _s =	15 kN/m ³
B	3,00	B _c	5,95	Sudut gesek		φ=	30°
h	3,00	L _c	11,2	Kohesi		c=	5 kPa
B _b	13,15						
PILE CAP				BAHAN STRUKTUR			
NOTASI	(m)	NOTASI	(m)	Mutu beton		K-	350
h _p	1,7	B _x	7,20	Mutu baja tulangan		U-	39
h _t	2,1	B _y	30,60				



Gambar 4.2 Tampak samping struktur bawah

4.1.3 Analisis Beban Kerja

a. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri (*self weight*) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural,ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri dibedakan menjadi macam, yaitu berat sendiri struktur atas, dan berat sendiri struktur bawah.

- Berat Sendiri Struktur Atas

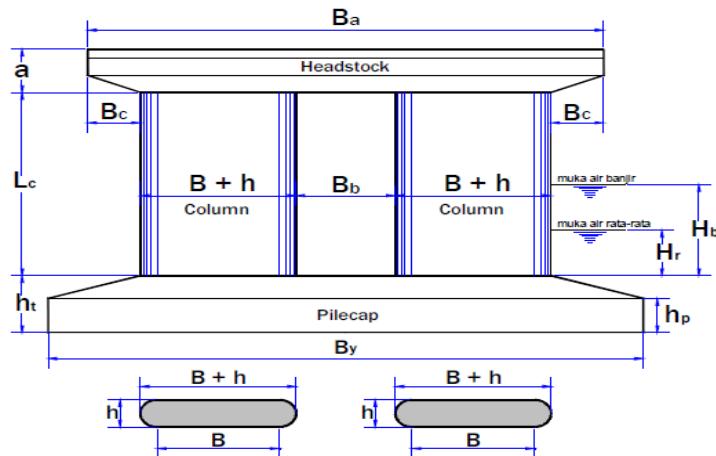
Tabel 4.4 Berat sendiri struktur atas

No.	Beban	Parameter Volume		L(m)	n	Berat	Satuan	Berat
		b(m)	t(m)					(kN)
1	Slab	32,95	0,25	40,00	1	24,00		7908
2	Deck slab	2,00	0,07	40,00	15	24,00		2016
3	Trotoar			40,00	0	0		0
4	Balok prategang			40,00	16	24		15360
5	Diafragma			1,00	15	10,5		157,5
							P _{MS} =	25441,5

Letak titik berat struktur atas terhadap pondasi,

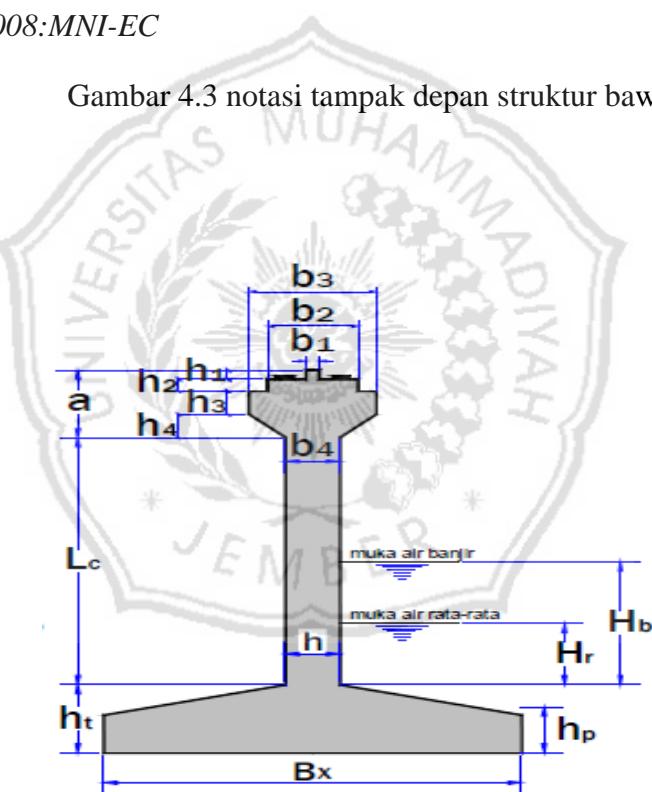
$$z_a = h_t + L_c + a + h_a / 2 = 9,035 \text{ m}$$

- Berat Sendiri Struktur Bawah



Sumber [C]2008:MNI-EC

Gambar 4.3 notasi tampak depan struktur bawah *pier*



Sumber [C]2008:MNI-EC

Gambar 4.4 notasi tampak samping struktur bawah *pier*

Tabel 4.5 Berat Headstock

Berat Headstock							
No	Parameter Berat Bagian			BERAT(kN)	Lengan Terhadap Alas		Mom.stat (kNm)
	b(m)	h(m)	L(m)		y	(m)	
1	0,00	0	31,45	0		3,3200	0
2	3,00	1,32	31,45	2989,008		2,6600	7950,76128
3	4,80	0,7	31,45	2536,128		1,6500	4184,6112
4	3,00	1,3	29,25	2737,8		0,6500	1779,57
5	2,60	1,3	29,25	1186,38		0,8667	1028,196
Berat Headstock,			9449,316		M _h =	14943,13848	
Letak titik berat thd alas,				y _h =M _h /W _h	1,5814	m	
Letak titik berat thd dasar pondasi				z _h =y _h +L _c +h _t	14,9	m	

Tabel 4.6 Berat Pier wall

BERAT PIERWALL(COLUMN)								
No	Parameter Berat Bagian				Jumlah	BERAT	Mom.stat	
	b(m)	h(m)	L(m)	Shape		(kN)	(m)	(kNm)
6	3,00	3,00	11,20	1	2	4838,4	5,6	27095,04
7		1,00	11,20	$\frac{1}{4}\pi \cdot h^2$		0,00	5,6	0
Berat Pierwall					W _c =	4838,40	M _c =	27095,04

$$\text{Letak titik berat terhadap alas}, \quad y_c = M_c/W_c = 5,6 \text{ m}$$

$$\text{Letak titik berat terhadap dasar pondasi} \quad z_c = Y_c + H_t = 7,7 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang pier wall} \quad A = 2 * (B * h + \pi / 4 * \sqrt{2}) = 18 \text{ m}^2$$

$$\text{Lebar ekivalen pier wall} \quad B_e = A/h = 6 \text{ m}$$

Tabel 4.7 berat pile cap

Berat Pilecap							
No	Parameter Berat Bagian				BERAT (kN)	Lengan thd alas	Mom.stat
	b(m)	h(m)	L(m)	Shape		y	
8	3,00	0,40	7,40	1	213,12		404,928
9	4,20	0,4	7,40	0,5	149,18		273,504
10	7,20	1,7	30,60	1	8989,06		7640,6976
Berat pilecap				W _p =	9351,36		M _p = 8319,1296

$$\text{Letak titik berat terhadap alas} \quad y_p = M_p/w_p = 0,890 \text{ m}$$

$$\text{Letak titik berat terhadap dasar pondasi} \quad z_p = y_p = 0,890 \text{ m}$$

Rekap Berat Sendiri Struktur Bawah *Pier*

Tabel 4.8 rekap berat sendiri struktur bawah

No.	Jenis Konstruksi	Berat (kN)	
1	Headstock	W _h =	9449,316
2	Pierwall	W _c =	4838,400
3	Pilecap	W _p =	9351,360
Total		P _{MS} =	23639,076

b. Berat Akibat Berat Sendiri (MS)

Tabel 4.9 Berat akibat Berat Sendiri

No	Berat sendiri	PMS (kN)
1	Struktur atas	25441,5
2	Struktur bawah	23639,076

$$\text{Beban berat sendiri pada pondasi}, \quad P_{MS} = 49080,576$$

$$\text{Beban berat sendiri pada } pier \text{ wall} \quad P_{MS} = 39729,216$$

c. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan (superimposed dead load), adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan. Jembatan dianalisis harus mampu memikul beban tambahan seperti :

- Penambahan lapisan aspal (*overlay*) dikemudian hari,
- Genangan air hujan jika sistem drainase tidak bekerja dengan baik,
- Pemasangan tiang listrik dan instalasi ME.

Tabel 4.10 beban mati tambahan

No.	Jenis	Tebal (m)	Lebar (m)	Panjang (m)	Jumlah	w kN/m ³	BERAT (kN)
1	lap aspal+overlay	0,10	30,70	40,00	1	20,00	2456,00
2	Railiing,Lights	w=	8,35	40,00	2		668,00
3	Instalasi ME	w=	0,1	40,00	2		8,00
4	Air hujan	0,05	30,70	40,00	1	9,80	601,72
						P _{MA} =	3733,72

Letak titik beban mati tambahan terhadap pondasi,

$$Z_a = h_t + L_c + a + h_a/2 = 17,345 \text{ m}$$

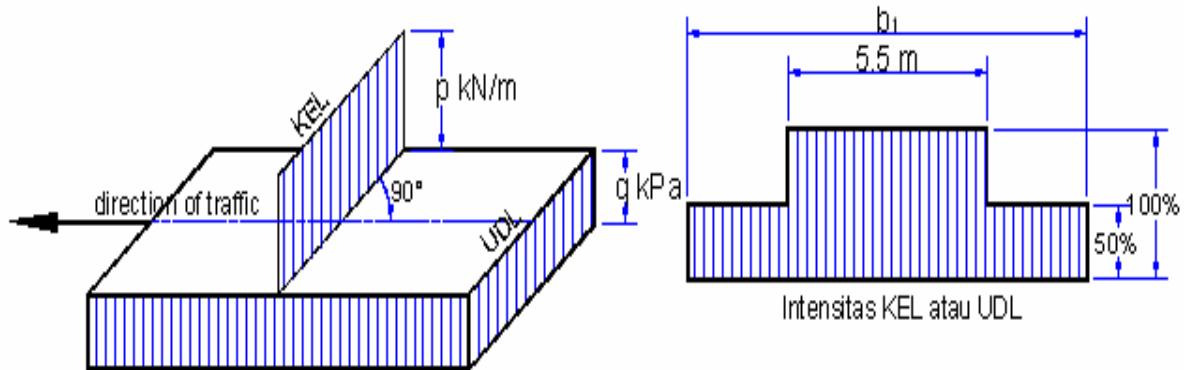
d. Beban Lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi merata (Uniformly Distributed Load), UDL dan beban garis (Knife Edge Load) KEL seperti terlihat digambar 1.

UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total L yang dibebani lalu lintas seperti gambar 2. Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang L yaitu seperti berikut :

Jika $L \leq 30 \text{ m}$: $q = 9,0 \text{ kPa}$

Jika $L > 30 \text{ m}$: $q = 9,0 (0,5) + \frac{15}{L} \text{ kPa}$



Sumber SNI 1725-2016

Gambar 4.5 Internsitas KEL atau UDL

$$\text{Panjang Bentang} \quad L = 40 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{QDS} \quad \text{udl} &= 9 * (0,5 + 15/L) \\ &= 7,88 \text{ kPa} \end{aligned}$$

KEL mempunyai intensitas Pasal 8.3.1 SNI 1725-2016

$$p = 49 \text{ kN/m}$$

Faktor beban dinamis (DLA) untuk KEL diambil sebagai berikut :

$$\text{DLA} = 0,40 \text{ untuk } 50 < L < 90 \text{ m}$$

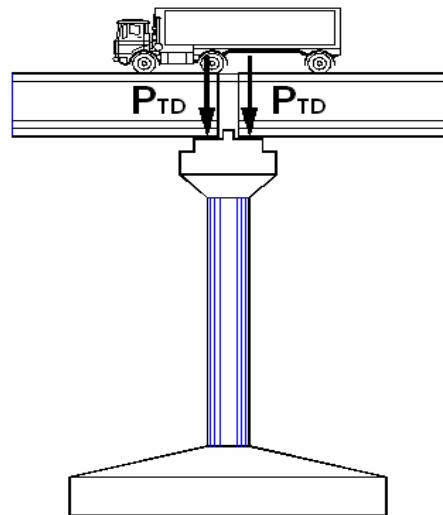
$$b_1(\text{m}) = 30,70$$

$$\text{DLA} = 0,40$$

$$\text{Untuk Harga } L = 40 \text{ m}$$

Besar beban lajur "D" pada *pier*

$$P_{td} = 2 * [DLA * L * (5.5 + b) / 2 + p * DLA * (5.5 + b) / 2] = 12122,520 \text{ kn}$$



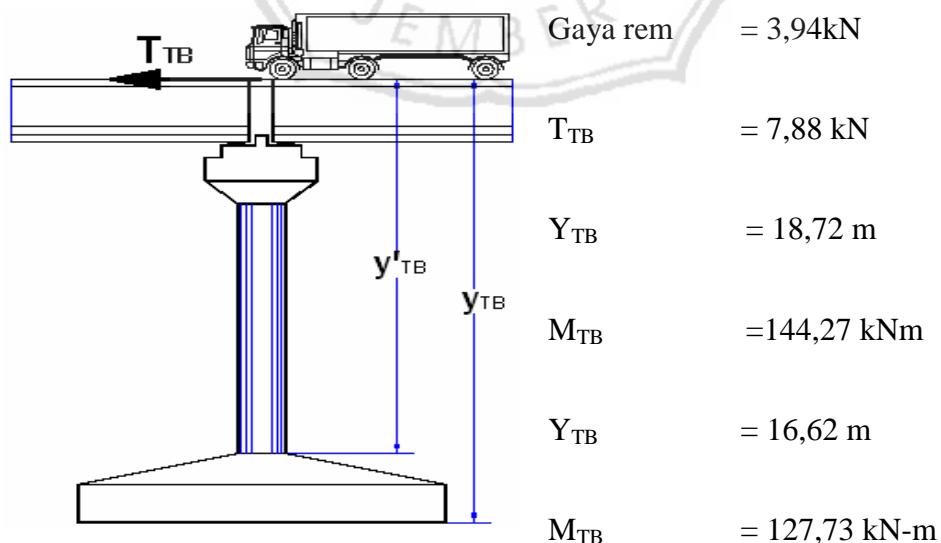
Sumber [C]2008:MNI-EC

Gambar 4.6 Beban lajur D

e. Gaya Rem (TB)

Untuk , Lt=L = 20 m

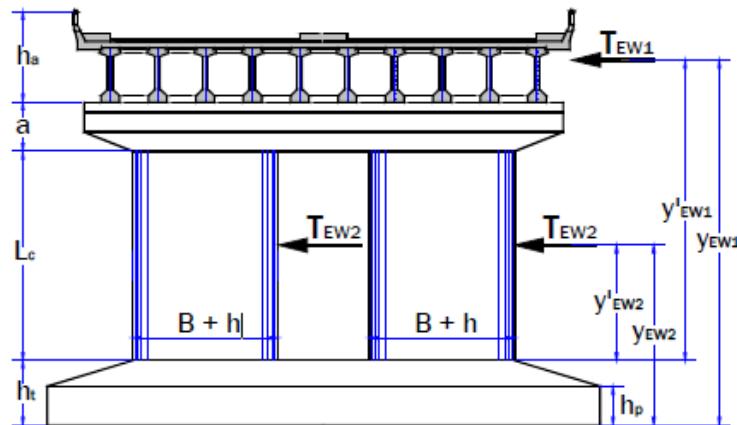
Gaya rem pada pier (untuk 2 jalur lalu-lintas)



Sumber [C]2008:MNI-EC

Gambar 4.7 Gaya rem

f. Beban Angin (EW)



Sumber [C]2008:MNI-EC

Gambar 4.8 Beban angin arah Y

- Beban Angin Arah Y (Melintang Jembatan)

Gaya akibat angin dihitung dengan

$$T_{EW} = 0.0006 * C_w * V_w^2 * A_b \quad (\text{kN})$$

Dengan,

$$C_w = \text{koefisien seret} = 1,25$$

$$V_w = \text{kecepatan angin} = 35 \text{ m/det}$$

$$\text{Panjang bentang } L = 40,00 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bidang samping atas} \quad h_a = 1,45 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bidang samping kendaraan} \quad h_k = 2$$

$$A_{b1} = L * (h_a + h_k) = 138 \text{ m}^2$$

$$\text{Beban angin pada struktur atas} \quad T_{EW1} = 126,7875 \text{ kN}$$

Lengan terhadap pondasi	Y_{EWI}	= 17,345 m
Momen pada pondasi akibat angin atas	M_{EWI}	= 2199,12919 kNm
Lengan Terhadap dasar <i>Pierwall</i>	Y_{EWI}	= 15,245 m
Momen pada pierwall akibat angin atas	M_{EWI}	= 1932,87544 kNm
Tinggi bidang samping struktur bawah	L_{C+a}	= 14,52 m
	A_{b2}	= 87,12 m ²
Beban angin pada struktur bawah	T_{EW2}	= 80,0415 kN
Lengan terhadap pondasi	Y_{EW2}	= 9,36 m
Momen pada pondasi akibat angin atas	M_{EW2}	= 749,18844 kNm
Lengan terhadap dasar <i>pierwall</i>	Y_{EW2}	= 7,26 m
Momen pada pierwall akibat angin atas	M_{EW2}	= 581,101 kNm
Total momen pada pondasi akibat beban angin	M_{EW}	= 2948,318 kNm
Total momen pada <i>Pier</i> akibat beban angin	M_{EW2}	= 2513,977 kNm

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

$$T_{EW} = 0.0012 * C_w * Vw^2 \quad \text{kNm} \quad \text{dengan } C_w = 1,25$$

$$T_{EW} = 1,8375 \text{ kNm}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 1,80 mdiatas lantai kendaraan $h = 1,80 \text{ m}$

Jarak antara roda kendaraan $x = 1,75 \text{ m}$

Gaya pada *Pier* akibat beban angin ke lantai jembatan,

$$P_{EW} = 2 * [1/2 * h/x * T_{EW}] * L$$

$$= 75,6 \text{ kN}$$

- **Beban angin arah X (memanjang jembatan)**

Ukuran bidang *Pier* yang ditiup angin,

Tinggi : $L_c + a = 14,5 \text{ m}$

Lebar : $2 * (B+h) = 12 \text{ m}$

Luas bidang *Pier* yang ditiup angin, $A_b = 2 * (B+h) * (L_c+a) = 174,240 \text{ m}^2$

Beban angin pada struktur atas, $T_{EW} = 0,0006 * C_w * (V_w)^2 * A_b = 160,083 \text{ kN}$

Lengan terhadap pondasi,

$$Y_{EW} = h_t + (L_c + a)/2 = 9,360 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat beban angin,

$$M_{EW} = T_{EW} * Y_{EW} = 1498,377 \text{ kNm}$$

Lengan terhadap *Pier*

$$\text{Wall}, Y_{EW} = (L_c + a)/2 = 7,260 \text{ m}$$

Momen pada *Pier wall* akibat beban angin,

$$M_{EW} = T_{EW} * Y_{EW} = 1162,203 \text{ kNm}$$

g. Beban Gempa (EQ)

Beban gempa rencana dihitung dengan : $T_{EQ} = K_h * W_t$

$$\text{Dengan, } K_h = Csm/R * S$$

T_{EQ} Gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau

K_h Koefisien beban gempa horisontal

W_t Berat total jembatan yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan

$$= PMS + PMA$$

Csm Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar dan kondisi tanah

S Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur jembatan

Waktu getar struktur dihitung rumus :

$$T = 2 * \prod * \sqrt{(W_t / (g * K_p))}$$

W_t Berat total yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan

K_p Kekuan struktur yang merupakan gaya horisontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan

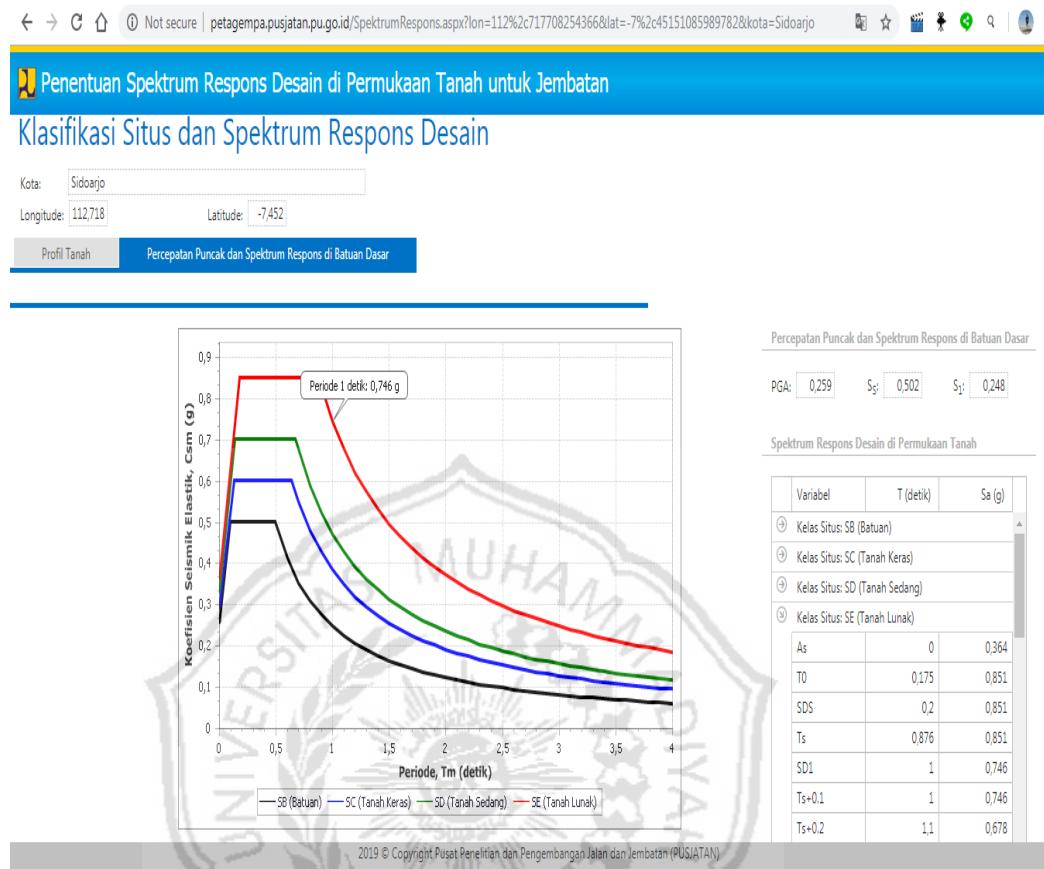
g Percepatan gravitasi bumi = 9,8m/det2

Untuk wilayah Kota Sidoarjo dengan koordinat 7,3 – 7,5 LS dan 112,5 – 112,9

BT. Analisa menggunakan

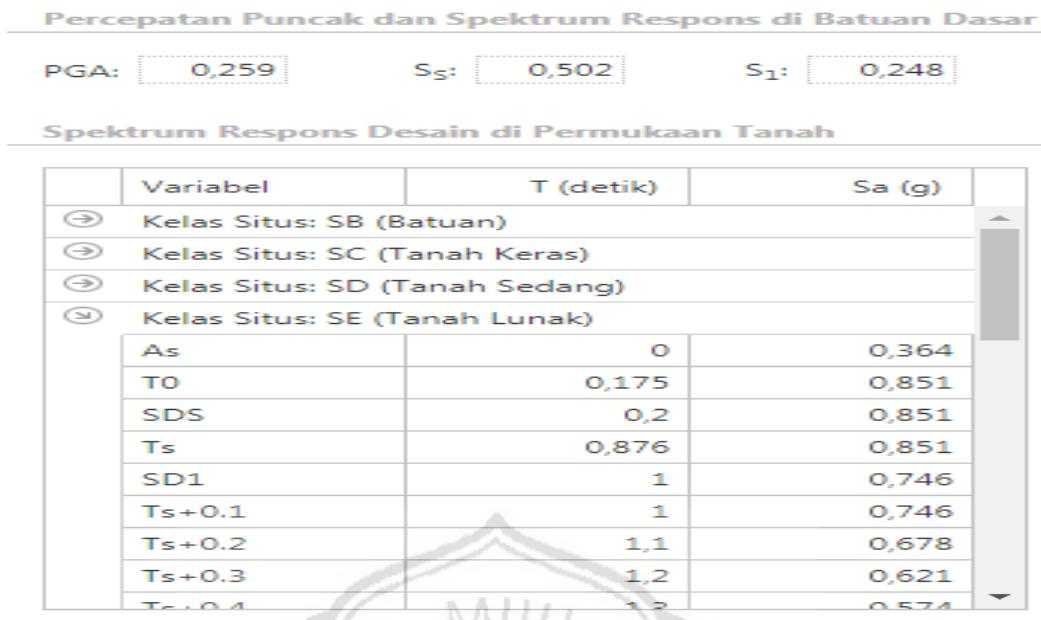
<http://petagempa.pusjatan.pu.go.id/SpektrumRespons.aspx?lon=112,71770825436>

[6&lat=-7,45151085989782&kota=Sidoarjo](#) (Jenis Tanah Lunak)



Sumber : petagempa.pusjatan.pu.go.id

Gambar 4.9 Klasifikasi situs dan spektrum respons desain



Sumber : petagempa.pusjatan.pu.go.id

Gambar 4.10 Spektrum respons desain dipermukaan tanah

Nilai faktor modifikasi respon (R) untuk bangunan bawah diambil nilai R =

Tabel 4.11 faktor modifikasi respon (R) untuk bangunan bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Catatan:

Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

Sumber : sni 2833-2016

Tabel 4.12 faktor modifikasi respon (R) untuk hubungan antar elemen struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Sumber : sni 2833-2016

– Beban Gempa arah X (memanjang jembatan)

$$\text{Luas penampang Pierwall} \quad A = 32,13 \text{ m}^2$$

$$\text{Tebal penampang Pierwall} \quad h = 3,00 \text{ m}$$

$$\text{Lebar penampang Pierwall ekivalen} \quad B_a = 3,00 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Pierwall} \quad L_c = 11,2 \text{ m}$$

$$\text{Inertia penampang Pierwall} \quad I_c = 13,500 \text{ m}^4$$

$$\text{Mutu beton,K-350} \quad f'_c = 29,05 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus elastisitas beton,} \quad E_c = 25332,0844 \text{ MPa}$$

$$E_c = 25332084,4 \text{ kPa}$$

$$\text{Nilai kekakuan Pierwall} \quad K_p = 730250,5311$$

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

$$\text{Berat sendiri struktur atas} \quad PMS(\text{str atas}) = 25441,51 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri head stock} \quad PMS(\text{headstock}) = 9449,316 \text{ kN}$$

$$\text{Setengah berat pierwall} \quad 1/2 * PMS(\text{pierwall}) = 2419,2 \text{ kN}$$

$$\text{Beban mati tambahan struktur atas} \quad PMA = 3733,72 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total struktur} \quad W_t = 41043,74 \text{ kN}$$

$$\text{Waktu getar alami struktur} \quad T = 0,175 \text{ det}$$

Kondisi tanah dasar termasuk : lunak (soft) Lokasi diwilayah gempa Sidoarjo

Dari kurva koefisien geser dasar pada gambar diatas,diperoleh: $T_0 < T < T_S$

Koefisien geser dasar $CSM = 0,200$

Faktor modifikasi respons $R=2$ $CSM/R = 0,100$

Untuk jembatan dengan sendi plastis beton bertulang, faktor jenis struktur dihitung dengan rumus :

$S = 0,82*F$ dengan, $F=1,25 - 0,025*n$ dan F harus >1

F = Faktor perangkaan

N = Jumlah sendi plastik yang menahan deformasi arah lateral

Untuk, $n = 1$ maka $F = 1,25 - 0,025*n = 1,225$

$S = 1$

Koefisien beban gempa horisontal, $K_h = 0,10045$

Untuk jembatan yang memuat > 2000 kendaraan /hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri, dan jembatan dimana terdapat route alternatif, maka diambil faktor

Gaya gempa $T_{EQ} = K_h * I * W_t = 0,10045 * W_t$

Distribusi beban gempa pada *Pier* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.13 Distribusi beban gempa pada *pier*

No.	Jenis Beban Mati	W (kN)	TEQ (kN)	Lengan thd Pond	z (m)	TEQ*z (kNm)
1	Berat sendiri struktur atas	25441,5	2555,5987	z_a	9,035	23089,834
2	Beban mati tambahan	3733,72	375,05217	z_a	9,035	3388,596
3	Berat sendiri Headstock	9449,316	949,18379	z_h	14,88	14125,183
4	Berat sendiri Pierwall	4838,4	486,01728	z_c	7,7	3742,333
5	Berat sendiri Pilecap	9351,36	939,34411	z_p	0,890	835,657
Gaya pada pondasi akibat gempa		$T_{EQ}=$	5305,196		$M_{EQ}=$	45181,603

Lengan terhadap Pondasi :

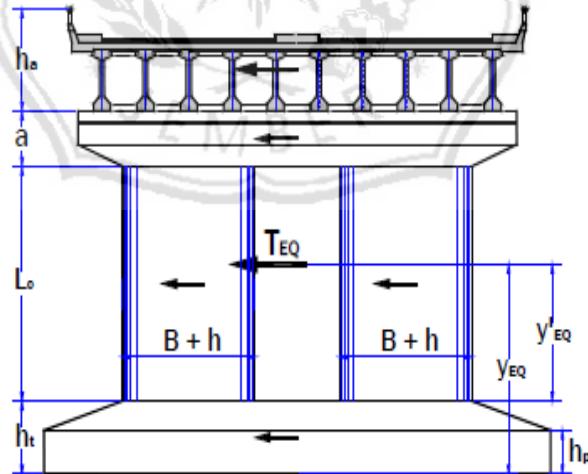
$$Y_{EQ} = M_{EQ}/T_{EQ} = 8,516 \text{ m}$$

Lengan terhadap *Pier wall* :

$$Y_{EQ} = Y_{EQ} - h_t = 6,416 \text{ m}$$

Momen pada *Pier wall* akibat beban gempa : $M_{EQ} = T_{EQ} * Y_{EQ} = 34040,691 \text{ kNm}$

- Beban gempa arah Y(melintang jembatan)



Sumber : [C]2008:MNI-EC

Gambar 4.11 Beban gempa arah Y (melintang jembatan)

$$\text{Inersia penampang Pierwall}, \quad I_c = 14582,745 \text{ m}^4$$

$$\text{Nilai kekakuan} \quad K_p = 788819057,9 \text{ kNm}$$

$$\text{Waktu getar alami struktur} \quad T = 0,0144704 \text{ detik}$$

Dari kurva koefisoen geser dasar pada gambar diperoleh :

$$\text{Koefisien gempa dasar} \quad CSM = 0,017$$

$$\text{Faktor tipe struktur} \quad S = 1,005$$

$$\text{Faktor modifikasi respons} \quad R = 1,5$$

$$\text{Koefisien beban gempa horisontal} \quad Kh = 0,011$$

$$\text{Gaya gempa} \quad T_{EQ} = 0,011 * W_t$$

Distribusi beban gempa pada *Pier* adalah

Tabel 4.14 distribusi beban gempa pada *pier*

No.	Jenis Beban Mati	W(kN)	T _{EQ(kN)}	Lengan	z(m)	T _{EQ} *z(kNm)
				thd Pond		
1	Berat sendiri struktur atas	25441,5	281,7569864	z _a	9,035	2545,674
2	Beban mati tambahan	3733,72	41,34982982	z _a	9,035	373,596
3	Berat sendiri Headstock	9449,316	104,6483423	z _h	14,881	1557,314
4	Berat sendiri Pierwall	4838,4	53,58382969	z _c	7,7	412,595
5	Berat sendiri Pilecap	9351,36	103,5635089	z _p	0,890	92,132
Gaya pada pondasi akibat gempa		T _{EQ} =	584,9024971		M _{EQ} =	4981,311

Distribusi beban gempa pada *pier*

Lengan terhadap pondasi

$$Y_{EQ} = M_{EQ}/T_{EQ} = 8,516 \text{ m}$$

Lengan terhadap *Pier wall* $YEQ=Y_{EQ}-h_t=6,416 \text{ m}$

Momen pada *Pier wall* akibat beban gempa $M_{EQ}=3753,016 \text{ kNm}$

h. Kombinasi Beban Kerja

Tabel 4.15 Kombinasi beban kerja

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _n	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya lavaan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya lavaan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya lavaan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya lavaan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan : γ_p dapat berupa $\gamma_{MS}, \gamma_{MA}, \gamma_{TA}, \gamma_{PR}, \gamma_{PL}, \gamma_{SH}$ tergantung beban yang ditinjau

- γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

Sumber : SNI 1725-2016

Beban Permanen

- MS = beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan
 MA = beban mati perkerasan dan utilitas
 TA = gaya horizontal akibat tekanan tanah
 PL = gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat perubahan statika yang terjadi pada konstruksi segmental
 PR = prategang

Beban Transien

- SH = gaya akibat susut/rangkak
 TB = gaya akibat rem
 TR = gaya sentrifugal
 TC = gaya akibat tumbukan kendaraan
 TV = gaya akibat tumbukan kapal
 EQ = gaya gempa
 BF = gaya friksi
 TD = beban lajur "D"
 TT = beban truk "T"
 TP = beban pejalan kaki
 SE = beban akibat penurunan
 ET = gaya akibat temperatur gradien
 EU_n = gaya akibat temperatur seragam
 EF = gaya apung
 EW_s = beban angin pada struktur
 EW_L = beban angin pada kendaraan
 EU = beban arus dan hanyutan

Sumber :SNI 1725-2016

Gambar 4.12 Daftar Notasi

Pada kombinasi beban kerja menggunakan kombinasi :

$$\text{SERVICE I} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1.0 \text{ TD} + 1.0 \text{ TB} + 0,3 \text{ EW}_s$$

$$\text{SERVICE II} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1.3 \text{ TD} + 1.3 \text{ TB}$$

$$\text{SERVICE III} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1 \text{ EWS}$$

Tabel 4.16 Rekap beban kerja pada *pile cap*

REKAP BEBAN KERJA PADA PILE CAP			Vertikal	Horisontal		Momen	
No.	Aksi/Beban	Kode	P	Tx	Ty	Mx	My
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
	Aksi Tetap						
1	Berat sendiri	MS	49080,576				
2	Beb mati tambahan	MA	3733,72				
	Beban Lalu lintas						
3	Beban lajur "D"	TD	12112,52				
4	Beban Pedestrian	TP	0,00				
5	Gaya rem	TB		7,88		144,27	
	Aksi Lingkungan						
8	Beban Angin	EW	75,6	160,083	206,829	1498,37688	2948,318
9	Beban Gempa	EQ		23236,75863	584,9024971	197895,420	4981,311

Tabel 4.17 Rekap beban kerja ekstrem 1

EKSTREM I				Vertikal	Horisontal		Momen	
No.	Aksi/Beban	Kode	Faktor beban	P	Tx	Ty	Mx	My
				(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576				
2	Beb mati tambahan	MA	1	3733,72				
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	1	12112,52				
4	Beban Pedestrian	TP						
5	Gaya rem	TB						
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW						
9	Beban Gempa	EQX	1		5305,196033		45181,6027	
		EQY	1			584,9024971		4981,31
10	Tekanan air akibat gempa	EQ						
				64926,816	5305,196033	584,9024971	45181,6027	4981,31

Tabel 4.18 Kombinasi beban kerja Ekstrem 2

No.	Aksi/Beban	Kode	Faktor beban	Vertikal	Horisontal		Momen	
				P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576				
2	Beb mati tambahan	MA	1	3733,72				
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	1	12112,52				
4	Beban Pedestrian	TP						
5	Gaya rem	TB						
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW						
9	Beban Gempa	EQX	1		5305,196033		45181,6027	
		EQY	1			584,9024971		4981,31
10	Tekanan air akibat gempa	EQ						
				64926,816	5305,196033	584,9024971	45181,6027	4981,31

Tabel 4.19 Rekap beban kerja service 1

No.	Aksi/Beban	Kode	Faktor beban	Vertikal	Horisontal		Momen	
				P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576				
2	Beb mati tambahan	MA	1	3733,72				
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	1	12112,52				
4	Beban Pedestrian	TP						
5	Gaya rem	TB	1		7,88		144,27	
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW	1	75,6	160,08	206,83	1498,38	2948,32
9	Beban Gempa	EQX						
		EQY						
				65002,416	167,958	206,829	1642,64688	2948,32

Tabel 4.20 Rekap beban kerja service II

SERVICE II				Vertikal	Horisontal		Momen	
No.	Aksi/Beban	Kode	Faktor beban	P	Tx	Ty	Mx	My
				(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576				
2	Bebat tambahan	MA	1	3733,72				
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	1,3	15746,276				
4	Beban Pedestrian	TP						
5	Gaya rem	TB	1,3		10,24		187,551	
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW	1	75,6	160,08	206,83	1498,38	2948,32
9	Beban Gempa	EQX						
		EQY						
10	Tekanan air akibat gempa	EQ						
				68636,172	170,3205	206,829	1685,92788	2948,32

Tabel 4.21 rekap beban kerja service IV

SERVICE IV				Vertikal	Horisontal		Momen	
No.	Aksi/Beban	Kode	Faktor beban	P	Tx	Ty	Mx	My
				(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576				
2	Bebat tambahan	MA	1	3733,72				
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	0	0				
4	Beban Pedestrian	TP						
5	Gaya rem	TB	0		0,00		0	
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW	1	75,6	160,08	206,83	1498,38	2948,32
9	Beban Gempa	EQX						
		EQY						
10	Tekanan air akibat gempa	EQ						
				52889,896	160,083	206,829	1498,37688	2948,32

REKAP KOMBINASI BEBAN UNTUK PERENCANAAN TEGANGAN KERJA

Tabel 4.22 rekap kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja

No	KOMBINASI	Teg berlebih	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	SERVICE I		65002,4160	167,9580	206,8290	1642,6469	2948,3176
2	SERVICE II		68636,1720	170,3205	206,8290	1685,9279	2948,3176
3	SERVICE IV		52889,8960	160,0830	206,8290	1498,3769	2948,3176

i. Kontrol Stabilitas Guling

- Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan

Letak titik guling (ujung pondasi) terhadap pusat pondasi :

$$B_x/2 = 3,6 \text{ m}$$

K = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

Mx = Momen penyebab guling

Momen penahan guling : $M_p = P * (B_x/2) * (1+k)$

Angka aman terhadap guling : $SF = M_p / M_x$ harus $\geq 2,2$

Tabel 4.23 kontrol stabilitas guling arah memanjang jembatan

No	KOMBINASI	k	P (kN)	Mx (kNm)	Mp (kNm)	SF	Keter
1	SERVICE I		65002,416	1642,65	234008,6976	142,5	>2,2(AMAN)
2	SERVICE II		68636,172	1685,928	247090,2192	146,6	>2,2(AMAN)
3	SERVICE IV		52889,896	1498,3768	190403,6256	127,1	>2,2(AMAN)

- **Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan (y)**

Letak titik guling (ujung pondasi) terhadap pusat pondasi :

$$B_y/2 = 15,3 \text{ m}$$

K = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Momen panahan guling : $M_p = P * (B_y/2) * (1+k)$

Angka aman terhadap guling : $SF = M_p / M_y$ harus $\geq 2,2$

Tabel 4.24 Stabilitas guling arah melintang jembatan

No	KOMBINASI	k	P (kN)	M_y (kNm)	M_p (kNm)	SF	Keter
1	SERVICE 1		65002,416	2948,32	234008,6976	79,37	>2,2(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	2948,317628	247090,2192	83,81	>2,2(AMAN)
3	SERVICE 2		52889,896	2948,317628	190403,6256	64,58	>2,2(AMAN)

j. **Kontrol Stabilitas Geser**

- **Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan**

Parameter tanah dasar *Pile cap* :

Sudut geser $\phi = 30^\circ$

Kohesi $c = 5,0 \text{ kPa}$

Ukuran dasar *pile cap* $B_x = 7,2 \text{ m}$

$$B_y = 30,6 \text{ m}$$

K = persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

T_x = Gaya penyebab geser (kN)

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan\phi) * (1+k)$$

$$SF = H/T_x \quad \text{harus} \geq 1,1$$

Tabel 4.25 kontrol Stabilitas geser arah memanjang jembatan

No	KOMBINASI	k	P (kN)	T_x kN	H kN	SF	Keter
1	SERVICE 1		65002,416	167,96	38635,341	230,0	>1,1(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	170,321	40733,546	239,2	>1,1(AMAN)
3	SERVICE 3		52889,896	160,083	31641,321	197,7	>1,1(AMAN)

- **Stabilitas geser arah melintang jembatan**

T_y = Gaya penyebab geser (kN)

Gaya penahan geser : $H = (c * B_x * B_y + P * \tan\phi) * (1+k)$

$$: SF = H/T_y \quad \text{harus} \geq 1,1$$

Tabel 4.26 stabilitas geser arah melintang jembatan

No	KOMBINASI	k	P (kN)	T_y kN	H kN	SF	Keter
1	SERVICE 1		65002,416	206,829	38635,34	186,8	>1,1(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	206,83	40733,55	196,9	>1,1(AMAN)
3	SERVICE 3		52889,896	206,83	31641,32	153,0	>1,1(AMAN)

4.1.4 Analisi Beban ultimit

a. Pile Cap

- Berat Ultimit *Pile Cap*

Tabel 4.27 Berat ultimit *pile cap*

REKAP BEBAN KERJA		Arah	Vertikal	Horisontal		Momen	
No	Aksi.Beban	Kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)
A.	Aksi tetap						
1	Berat sendiri	MS	49080,58			0,00	
2	Beban mati tambahan	MA	3733,72			0,00	
B.	Beban lalu lintas						
3	Benban lajur "D"	TD	12112,52			0,00	
4	Beban pedestrian	TP	0,00				
5	gaya rem	TB		7,88		144,27	
C.	Aksi lingkungan						
6	Aliran air	EF		0,00	0,00	0,00	0,00
7	Hanyutan/Tumbuka	EF			0,00	0,00	0,00
8	Beban Angin	EW	75,60	160,08	206,83	1498,38	2948,32
9	Beban gempa	EQ		5305,20	584,90	0,00	0,00
10	Tek air dinamis	EQ		0,00	0,00	0,00	0,00
D.	Aksi lainnya						
11	Gesekan	FB		0,00		0,00	

Tabel 4.28 Berat ultimit *pile cap* ekstrem 1

EKSTREM I		Arah	Vertikal	Horisontal		Momen	
No	Aksi.Beban	Faktor beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)
A.	Aksi tetap						
1	Berat sendiri	1,3	63804,75				
2	Beban mati tambahan	2	7467,44				
B.	Beban lalu lintas						
3	Beban lajur "D"	0,3	3633,76				
4	Beban pedestrian						
5	Gaya rem						
C.	Aksi lingkungan						
6	Aliran air						
7	Hanyutan/Tumbukan						
8	Beban angin						
9	Beban gempa	1		5305,20		45181,60	
		0,3			175,4707491		1494,39
10	Tek air dinamis						
D.	Aksi lainnya						
11	Gesekan						
			74905,94	5305,20	175,47	45181,60	1494,39

Tabel 4.29 Berat ultimit *pile cap* ekstrem 2

EKSTREM 2		Arah	Vertikal	Horisontal		Momen	
No	Aksi.Beban	Faktor beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)
A.	Aksi tetap						
1	Berat sendiri	1,3	63804,75				
2	Beban mati tambahan	2	7467,44				
B.	Beban lalu lintas						
3	Beban lajur "D"	0,3	3633,76				
4	Beban pedestrian						
5	Gaya rem						
C.	Aksi lingkungan						
6	Aliran air						
7	Hanyutan/Tumbukan						
8	Beban angin						
9	Beban gempa	0,3		1591,56		13554,48	
10	Tek air dinamis	1			584,90		4981,31
D.	Aksi lainnya						
11	Gesekan						
			74905,94	1591,56	584,90	13554,48	4981,31

- Rekap Kombinasi Beban Ultimit *Pile Cap*

Tabel 4.30 Rekap Kombinasi Beban ultimit *pile cap*

No.	KOMBINASI BEBAN	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	EKSTREM 1	74905,94	5305,20	175,47	45181,60	1494,39
2		74905,94	1591,56	584,90	13554,48	4981,31

4.1.5 Analisis Pondasi Pier

- Data Pondasi Tiang pancang

Data Pondasi tiang pancang menggunakan diameter 600 dengan ketentuan sesuai gambar rencana .

Upper = 11 Type B

Bottom = 9 Type B

Middle = 12 Type B

Tabel 4.31 data pondasi tiang pancang

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)
						Crack	Ultimate (ton.m)			
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20

Bahan Material Pondasi

Tabel 4.32 Bahan material pondasi

Mutu beton tiang pncang pratekan	K-	626,5060241	
Kuat tekan beton	$f'_c =$	52	Mpa
Mutu baja tulangan	U_-	40	
Tegangan leleh baja	$f_y =$	400	MPa
Modulus elastisitas beton	$E_c =$	33892,18199	MPa
Berat beton bertulang	$w_c =$	25,00	kN/m ³

Pondasi end Bearing end Friction

Berat volume tanah

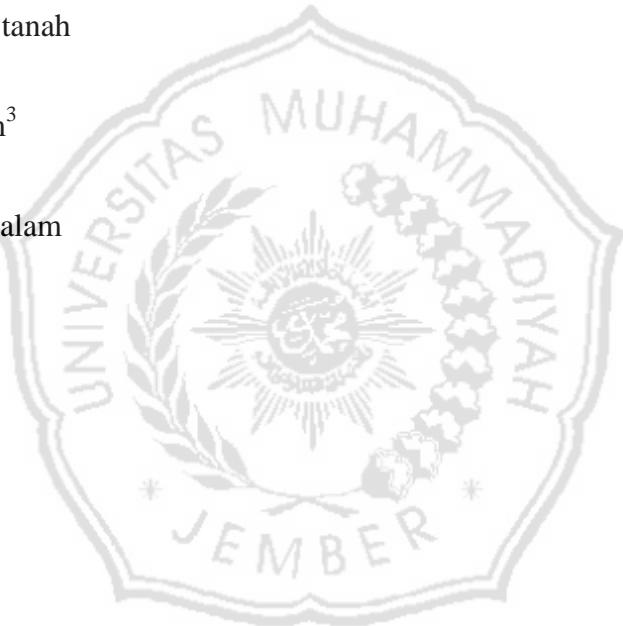
$$W_s = 15 \text{ kN/m}^3$$

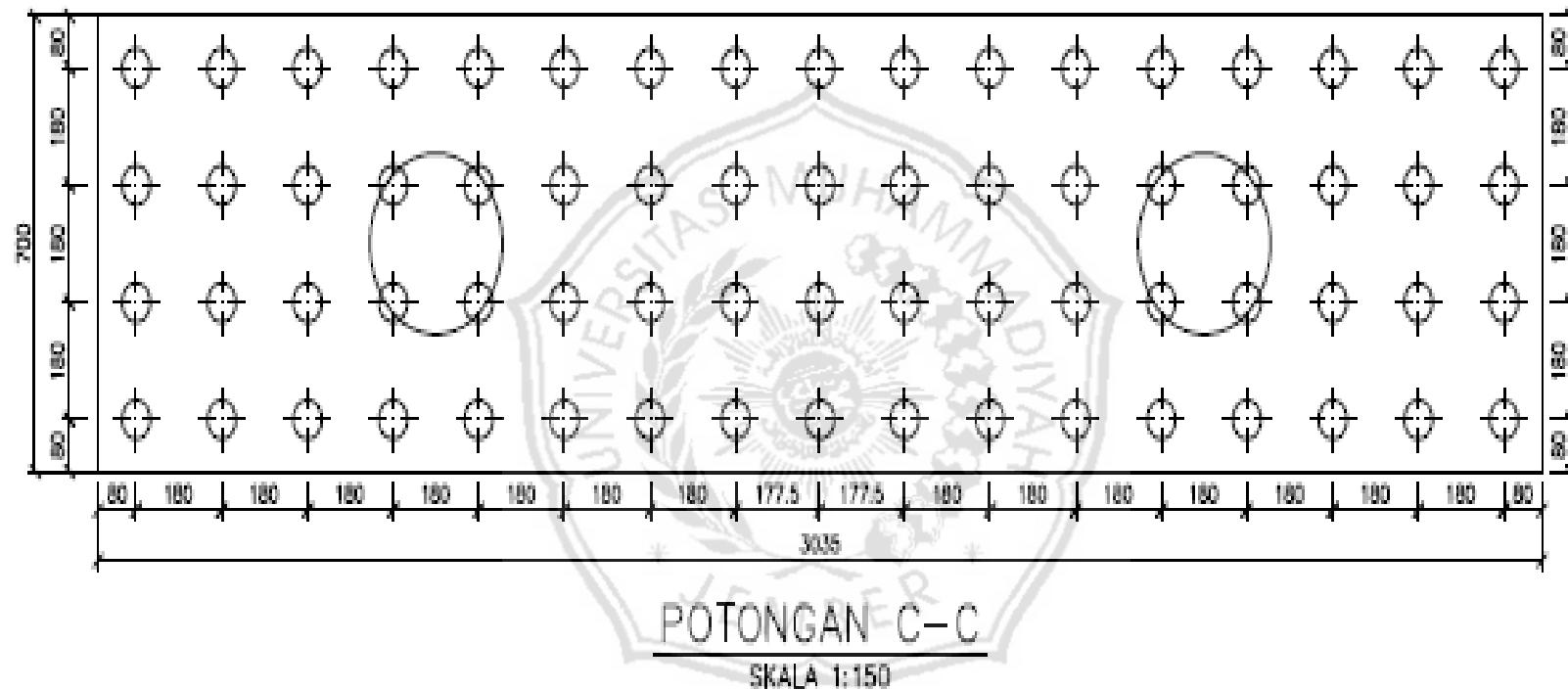
Sudut gesek dalam

$$\Phi = 30^\circ$$

Kohesi tanah,

$$C = 5 \text{ kPa}$$





Gambar 4.13 denah tiang pancang

Tabel 4.33 Dimensi *pile cap*

DIMENSI PILE CAP					
Lebar arah x,	Bx=	7,2 m	Tebal,	hp=	1,70 m
Lebar arah y,	By=	30,6 m	Tebal,	ht=	2,1 m
Tebal kolom	h=	3,00 m	Panjang,	Lx=	2,1 m

Tabel 4.34 Dimensi tiang pancang

DIMENSI TIANG PANCANG (20 HC)					
Diameter/sisi luar	D0=	0,6 m	Panjang,	L=	32,0 m
Diameter dalam	Di=	0,4 m			
Jarak pusat tiang pancang terluar terhadap sisi luar Pile cap			a=		0,9 m

Tabel 4.35 Data susunan tiang pancang

DATA SUSUNAN TIANG PANCANG			
Jumlah baris tiang		ny=	18
Jumlah tiang dalam satu baris		nx=	5
Jarak antara tiang dalam arah x		X=	1,8 m
Jarak antara tiang dalam arah y		Y=	1,8 m

4.1.6 Daya dukung Aksial Ijin Tiang

a. Berdasarkan Kekuatan Bahan

Kuat tekan Beton

$$fc = 52 \text{ Mpa}$$

Tegangan ijin beton

$$fc = 18200 \text{ kPa}$$

Luas tampang tiang

$$A = 0,16 \text{ m}^2$$

Panjang tiang

$$L = 32 \text{ m}$$

Berat tiang

$$W = 138,76364 \text{ kN}$$

Kapasitas Tiang Pancang

$$p = 2719 \text{ kN}$$

$$\text{Pijin} = 2718,64 \text{ kN}$$

b. Berdasarkan kekuatan Tanah

Menurut Meyerhoff (Data penguji SPT)

$$P_{ult} = 2 * \pi * r * \sum \Delta L * \tau + A_p q_p \quad (\text{daya dukung end bearing dan dukung friksi})$$

Dimana

$$\tau = 0,2 \text{ N}$$

$$q_p = 40 * < 1600 \text{ t/m}^2$$

dimana

$$N = (N_1 + N_2) / 2$$

$N_1 = N_1 + \text{Nilai rata-rata } N \text{ sepanjang } 10 D \text{ diatas ujung tiang}$

$N_2 = \text{Nilai rata-rata } N \text{ sepanjang } 4D \text{ dibawah ujung tiang}$

4.1.7 Gaya Yang diterima Tiang Pancang

a. Gaya Aksial Pada Tiang Pancang

Tabel 4.36 Gaya aksial pada tiang pancang

jumlah tiang=		n=	90					
No.	Xmax=	2,7			Ymaks=	14,4	m	
1	x1=	2,7	$x1^2 =$	262,440	y1=	14,4	$y1^2 =$	2073,60
2	x2=	1,80	$x2^2 =$	116,640	y2=	12,6	$y2^2 =$	1587,60
3	x3=	0,90	$x3^2 =$	29,160	y3=	10,8	$y3^2 =$	1166,40
4	x4=	tdk ada	$x4^2 =$	tdk ada	y4=	9,0	$y4^2 =$	810,00
5	x5=	tdk ada	$x5^2 =$	tdk ada	y5=	7,2	$y5^2 =$	518,40
6					y6=	5,4	$y6^2 =$	291,60
7					y7=	3,6	$y7^2 =$	129,60
8					y8=	1,8	$y8^2 =$	32,40
9					y9=	0,0	$y9^2 =$	0,00
10					y10=	tdk ada	$y10^2 =$	
			$\sum x^2 =$	408,24			$\sum y^2 =$	6609,60

b. Tinjauan Terhadap Beban Arah X

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang

Tabel 4.37 Tinjauan terhadap beban arah X

No	KOMBINASI BEBAN	P kN	M _x kN-m	P/n kN	M _x *x/ Σx^2 kN	P _{mak} kN	P _{min} kN
1	SERVICE 1	65002,42	1642,65	722,25	10,86	733,113	711,385
2	SERVICE 2	68636,17	1685,93	762,62	11,15	773,774	751,474
3	SERVICEIV	52889,90	1498,38	587,67	9,91	597,575	577,756
4	EKSTREM 1	74905,94	45181,60	832,29	298,82	1131,108	533,468
5	EKSTREM 2	74905,94	13554,48	832,29	89,65	921,934	742,642

c. Tinjauan Beban Terhadap Arah Y

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang :

Tabel 4.38 tinjauan beban terhadap arah Y

No	KOMBINASI BEBAN	P	M _y	P/n	M _y *y/ Σy^2	P _{mak}	P _{min}
1	SERVICE 1	65002,42	2948,32	722,249	6,423	728,672	715,826
2	Service 2	68636,17	2948,32	762,624	6,423	769,047	756,201
3	Service IV	52889,90	2948,32	587,666	6,423	594,089	581,242
4	EKSTREM 1	74905,94	1494,393	832,29	9,88	842,172	822,405
5	EKSTREM 2	74905,94	4981,31	832,29	32,95	865,233	799,343

4.1.8 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang

Daya Dukung Aksial

a. Terhadap Beban Arah X

Tabel 4.39 Kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen Pijin	P _{mak}	Kontrol thd Daya dukung ijin	P _{ijin}	Keterangan
1	SERVICE 1	100%	728,672	< 100% *Pijin =	2241,24	AMAN
2	SERVICE 2	100%	769,047	< 100% *Pijin =	2241,24	AMAN
3	SERVICE IV	100%	597,575	< 100% *Pijin =	2241,24	AMAN
5	EKSTREM 1	150%	1131,108	< 150% *Pijin =	3361,87	AMAN
6	EKSTREM 2	150%	921,934	< 150% *Pijin =	3361,87	AMAN

b. Terhadap Beban Arah Y

Tabel 4.40 Kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah Y

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen Pijin	P _{mak}	Kontrol thd Daya dukung ijin	Pijin	Keter
1	SERVICE 1	100%	728,672	< 100% *Pijin =	2241,245	AMAN
2	Service II	100%	769,047	< 100% *Pijin =	2241,245	AMAN
3	Service IV	100%	594,089	< 100% *Pijin =	2241,245	AMAN
5	EKSTREM 1	150%	842,172	< 150% *Pijin =	3361,867	AMAN
6	EKSTREM 2	150%	865,233	< 150% *Pijin =	3361,867	AMAN

4.2 Analisis Kontruksi Pier dengan Perencanaan Bentang Tidak Seragam

4.2.1 Analisis Beban Kerja

a. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri (*self weight*) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non-struktural yang

dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri dibedakan menjadi macam, yaitu berat sendiri struktur atas, dan berat sendiri struktur bawah.

- Berat Sendiri Struktur Atas

Tabel 4.41 Berat sendiri struktur atas

No.	Beban	Parameter Volume			Berat	Satuan	Berat (kN)	kNm
		b(m)	t(m)	n				
1	Slab	32,95	0,25	1	24,00	kN/m ³	7908	197,7
2	Deck slab	2,00	0,07	15	24,00	kN/m ³	2016	50,4
3	Trotoar			0	0	kN/m	0	
4	Balok prategang			16	24	kN/m	15360	10
5	Diaphragma			15	10,5	kN/m	157,5	258,1
Total berat sendiri struktur atas						P _{MS-}	25441,5	
						M _{ms-}	51620	

Panjang bentang A = 30

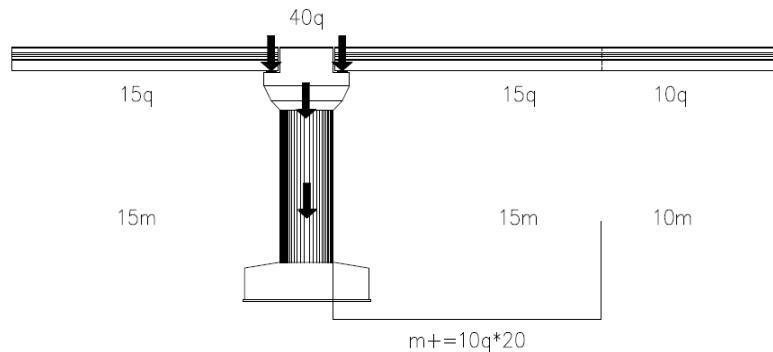
Panjang bentang B= 50

$$\text{Jadi} = (A+B)/2$$

$$= (30+50)/2$$

$$L= 40$$

L = 40 adalah total keseluruhan panjang bentang setelah dibagi 2



Gambar 4.14 bentang dianggap tidak seragam

Yang Bentang dianggap tidak seragam adalah panjang bentang yang tidak sama dalam satu titik.

- Berat Akibat Berat Sendiri (MS)

Tabel 4.42 Berat akibat berat sendiri

No	Berat sendiri	PMS (kN)	MMS(kN)
1	Struktur atas	25441,5	56420
2	Struktur bawah	23639,076	

Beban berat sendiri pada pondasi,

$$P_{MS} = 49080,576$$

Beban berat sendiri pada *pier wall*

$$P_{MS} = 39729,216$$

b. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan (*superimposed dead load*), adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan. Jembatan dianalisis harus mampu memikul beban tambahan seperti :

- Penambahan lapisan aspal (*overlay*) dikemudian hari,
- Genangan air hujan jika sistem drainase tidak bekerja dengan baik,
- Pemasangan tiang listrik dan instalasi ME.

Tabel 4.43 Beban mati tambahan

No.	Jenis	Tebal(m)	Lebar(m)	Panjang(m)	Jumlah	w (kN/m ³)	BERAT (kN)	kNm
1	lap aspal+overlay	0,10	30,70	40,00	1	20,00	2456,00	61,4
2	Railiing,Lights	w=	8,35	40,00	2		668,00	16,7
3	Instalasi ME	w=	0,1	40,00	2		8,00	
4	Air hujan	0,05	30,70	40,00	1	9,80	601,72	15,043
						P _{MA=}	3733,72	93,143
						M _{MA=}	18628,6	

Letak titik beban mati tambahan terhadap pondasi,

c. Beban Lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi merata (*Uniformly Distributed Load*), UDL dan beban garis (*Knife Edge Load*) UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total L yang dibebani lalu lintas. Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang L yaitu seperti berikut :

Jika L ≤ 30 m : q = 9,0 kPa

Jika L > 30 m : q = 9,0 (0,5) + $\frac{15}{L}$ kPa

Panjang Bentang L = 40 m

$$\text{QDS} \quad \text{udl} = 9 * (0,5 + 15/L)$$

$$= 7,88 \text{ kPa}$$

KEL mempunyai intensitas Pasal 8.3.1 SNI 1725-2016

$$p = 49 \text{ kN/m}$$

Faktor beban dinamis (DLA) untuk KEL diambil sebagai berikut :

$$\text{DLA} = 0,40 \text{ untuk } 50 < L < 90 \text{ m}$$

$$\text{Untuk Harga} \quad L = 40 \text{ m}$$

$$b_1(m) = 30,70 \text{ DLA} = 0,40$$

Besar beban lajur “D” pada pier

$$P_{td} = 2 * [\text{DLA} * L * (5,5 + b) / 2 + p * \text{DLA} * (5,5 + b) / 2]$$

$$= 12122,520 \text{ kn}$$

$$q = udl * (5,5 + 30,70) / 2$$

$$= 142,5375$$

$$M_{TD} = q * 200$$

$$= 28507,5$$

d. Gaya Gesek (FB) dan Pengaruh Temperatur (ET)

Gaya gesek pada perletakan bergerak (TFB) maupun gaya ditimbulkan oleh perbedaan temperatur (TET) resultan gayanya=0 (saling meniadakan), sehingga gaya tersebut tidak diperhitungkan dalam analisa pier

Gaya gesek dan momen pada girder akibat pengaruh (temperatur movement) pada tumpuan (elastomeric bearing) dengan perbedaan temperatur sebesar :

Untuk Bentang 30 =

$$- \quad DT \quad = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Koefisien muai panjang untuk baja,

$$- \quad a \quad = 0,000012 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$- \quad k \quad 1800$$

Temperatur movement,

$$- \quad d \quad = a * DT * L$$

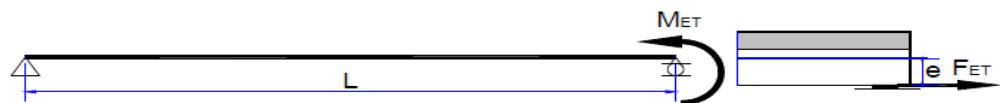
$$= 0,009$$

Gaya akibat temperatur movement,

$$F_{ET} \quad = k * d$$

$$= 1800 \times 0,009$$

$$= 16,2 \text{ kN}$$



Eksentrisitas (e),

$$e, \quad = h/2$$

$$= 1,8 / 2$$

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

Momen akibat temperature,

$$M \quad = F_{et} * e$$

$$= 16,2 * 0,9$$

$$= 14,58 \text{ kNm}$$

$$V_{et} \quad = M_{et} / L \quad = 0,486 \text{ kN}$$

$$V_{et} \quad = M \quad = 14,58 \text{ kNm}$$

Untuk Bentang 50 =

$$- DT \quad = 25^\circ\text{C}$$

Koefisien muai panjang untuk baja,

$$- \alpha \quad = 0,000012^\circ\text{C}$$

$$- k \quad 1800$$

Temperatur movement,

$$- d \quad = \alpha * DT * L$$

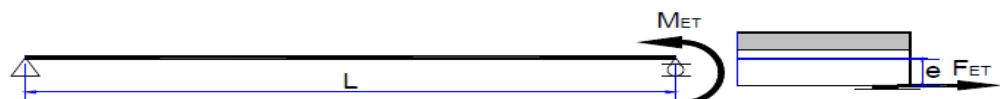
$$= 0,009$$

Gaya akibat temperatur movement,

$$F_{ET} = k \cdot d$$

$$= 1800 \times 0,015$$

$$= 27 \text{ kN}$$



Eksentrisitas (e),

$$e,$$

$$= h/2$$

$$\begin{aligned} &= 1,8 / 2 \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Momen akibat temperature,

$$M$$

$$= F_{ET} \cdot e$$

$$= 27 * 0,9$$

$$= 24,3 \text{ kNm}$$

$$V_{ET} = M_{ET} / L = 0,486 \text{ kN}$$

$$V_{ET} = M = 24,3 \text{ kNm}$$

Gaya Gesek (FB)

$$FFB = 10,8 \text{ kN}$$

e. Kombinasi Beban Kerja

Tabel 4.44 kombinasi beban dan faktor beban

Keadaan Batas	<i>MS MA TA PR PL SH</i>	<i>TT</i>	<i>TD</i>	<i>EU</i>	<i>EW_s</i>	<i>EW_L</i>	<i>BF</i>	<i>EU_n</i>	<i>TG</i>	<i>ES</i>	Gunakan salah satu		
		<i>TR</i>	<i>TP</i>								<i>EQ</i>	<i>TC</i>	<i>TV</i>
Kuat I	γ_p	1,8		1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4		1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-		1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_p	-		1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_p	-		1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}		1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γ_p	0,50		1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya lajan I	1,00	1,00	1,00		0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya lajan II	1,00	1,30	1,00		-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya lajan III	1,00	0,80	1,00		-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya lajan IV	1,00	-	1,00		0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan : - γ_p dapat berupa $\gamma_{IS}, \gamma_{MA}, \gamma_{TA}, \gamma_{TR}, \gamma_{RL}, \gamma_{SH}$ tergantung beban yang ditinjau

- γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

Sumber : SNI 1725-2016

Beban Permanen

- MS* = beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan
- MA* = beban mati perkerasan dan utilitas
- TA* = gaya horizontal akibat tekanan tanah
- PL* = gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat perubahan statika yang terjadi pada konstruksi segmental
- PR* = prategang

Beban Transien

- SH* = gaya akibat susut/rangkak
- TB* = gaya akibat rem
- TR* = gaya sentrifugal
- TC* = gaya akibat tumbukan kendaraan
- TV* = gaya akibat tumbukan kapal
- EQ* = gaya gempa
- BF* = gaya friksi
- TD* = beban lajur "D"
- TT* = beban truk "T"
- TP* = beban pejalan kaki
- SE* = beban akibat penurunan
- ET* = gaya akibat temperatur gradien
- EU_n* = gaya akibat temperatur seragam
- EF* = gaya apung
- EW_s* = beban angin pada struktur
- EW_L* = beban angin pada kendaraan
- EU* = beban arus dan hanyutan

Sumber : SNI 1725-2016

Pada kombinasi beban kerja menggunakan kombinasi :

$$\text{SERVICE I} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1.0 \text{ TD} + 1.0 \text{ TB} + 0,3 \text{ EW}_S$$

$$\text{SERVICE II} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1.3 \text{ TD} + 1.3 \text{ TB}$$

$$\text{SERVICE III} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1 \text{ EWS}$$

Tabel 4.45 rekap beban kerja pada pile cap

REKAP BEBAN KERJA PADA PILE CAP			Vertikal	Horisontal		Momen	
No.	Aksi/Beban	Kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
	Aksi Tetap						
1	Berat sendiri	MS	49080,576			56420	
2	Bebat mati tambahan	MA	3733,72			18628,6	
	Beban Lalu lintas						
3	Beban lajur "D"	TD	12112,52			28507,5	
4	Beban Pedestrian	TP	0,00				
5	Gaya rem	TB		7,88		147,42	
	Aksi Lingkungan						
8	Beban Angin	EW	75,6	160,083	206,829	1498,37688	2948,318
9	Beban Gempa	EQ		5305,196033	584,9024971	45181,603	4981,311
10	Beban Temperatur	TFT	21,6			19,44	
11	Gaya Gesek	TFB	10,8				27

Tabel 4.46 kombinasi beban kerja ekstrem 1

EKSTREM I				Vertikal	Horisontal		Momen	
No.	Aksi/Beban	Kode	Faktor beban	P	Tx	Ty	Mx	My
				(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576			56420	
2	Beb mati tambahan	MA	1	3733,72			18628,6	
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	1	12112,52			28507,5	
4	Beban Pedestrian	TP						
5	Gaya rem	TB						
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW						
9	Beban Gempa	EQX	1		5305,196033		45181,60274	
		EQY	1			584,9024971		4981,31
10	Tekanan air akibt gempa	EQ						
				64926,816	5305,196033	584,9024971	148737,7027	4981,31

Tabel 4.47 kombinasi beban kerja ekstrem 2

EKSTREM 2				Vertikal	Horisontal		Momen	
No.	Aksi/Beban	Kode	Faktor beban	P	Tx	Ty	Mx	My
				(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576			56420	
2	Beb mati tambahan	MA	1	3733,72			18628,6	
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	1	12112,52			28507,5	
4	Beban Pedestrian	TP						
5	Gaya rem	TB						
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW						
9	Beban Gempa	EQX	1		5305,196033		45181,60274	
		EQY	1			584,9024971		4981,31
10	Tekanan air akibt gempa	EQ						
				64926,816	5305,196033	584,9024971	148737,7027	4981,31

Tabel 4.48 kombinasi beban kerja service 1

SERVICE I				Vertikal	Horisontal		Momen	
No.	Aksi/Beban	Kode	Faktor beban	P	Tx	Ty	Mx	My
				(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576			56420	
2	Beb mati tambahan	MA	1	3733,72			18628,6	
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	1	12112,52			28507,5	
4	Beban Pedestrian	TP						
5	Gaya rem	TB	1		7,88		147,42	
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW	1	75,6	160,08	206,83	1498,38	2948,32
9	Beban Gempa	EQX						
		EQY						
				65002,416	167,958	206,829	105201,8969	2948,32

Tabel 4.49 kombinasi beban kerja service II

SERVICE II				Vertikal	Horisontal		Momen	
No.	Aksi/Beban ^{1/2(Pb+1)ny+(ny-1)}	Kode	Faktor beban	P	Tx	Ty	Mx	My
				(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576			56420	
2	Beb mati tambahan	MA	1	3733,72			18628,6	
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	1,3	15746,276			28507,5	
4	Beban Pedestrian	TP						
5	Gaya rem	TB	1,3		10,24		191,646	
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW	1	75,6	160,08	206,83	1498,38	2948,32
9	Beban Gempa	EQX						
		EQY						
10	Tekanan air akibat gempa	EQ						
				68636,172	170,3205	206,829	105246,1229	2948,32

Tabel 4.50 Kombinasi beban kerja service IV

No.	SERVICE IV		Kode Faktor beban	Vertikal	Horisontal		Momen	
	Aksi/Beban	Kode		P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1	49080,576			56420	
2	Beb mati tambahan	MA	1	3733,72			18628,6	
	Beban Lalu lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	0	0			28507,5	
4	Beban Pedestrian	TP	$\sqrt{S&EI}$					
5	Gaya rem	TB	0		0,00		0	
	Aksi Lingkungan							
6	Aliran air	EF						
7	Hanyutan/Tumbukan	EF						
8	Beban Angin	EW	1	75,6	160,08	206,83	1498,38	2948,32
9	Beban Gempa	EQX						
		EQY						
10	Tekanan air akibt gempa	EQ						
				52889,896	160,083	206,829	105054,4769	2948,32

**REKAP KOMBINASI BEBAN UNTUK PERENCANAAN TEGANGAN
KERJA**

Tabel 4.51 Rekap kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja

No	KOMBINASI		Teg berlebih	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	SERVICE 1			65002,4160	167,9580	206,8290	105201,8969	2948,3176
2	SERVICE II			68636,1720	170,3205	206,8290	105246,1229	2948,3176
3	SERVICE IV			52889,8960	160,0830	206,8290	105054,4769	2948,3176

4.2.2 Kontrol Stabilitas Guling

a. Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan

Letak titik guling (ujung pondasi) terhadap pusat pondasi :

$$B_x/2 = 3,6 \text{ m}$$

K = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_x = Momen penyebab guling

Momen penahan guling : M_p = P * (B_x/2) * (1+k)

Angka aman terhadap guling : SF = M_p / M_x harus $\geq 2,2$

Tabel 4.52 kontrol stabilitas guling arah memanjang jembatan

No	KOMBINASI		k	P (kN)	M _x (kNm)	M _p (kNm)	SF	Keterangan
1	SERVICE I			65002,416	105201,90	234008,6976	2,2	>2,2(AMAN)
2	SERVICE II			68636,172	105246,123	247090,2192	2,3	>2,2(AMAN)
3	SERVICE IV			52889,896	105054,4769	190403,6256	1,8	NO GO!

b. Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan

Letak titik guling (ujung pondasi) terhadap pusat pondasi :

$$B_y/2 = 15,3 \text{ m}$$

K = Persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_y = Momen penyebab guling

Momen panahan guling : M_p = P * (B_y/2) * (1+k)

Angka aman terhadap guling : SF = M_p / M_y harus $\geq 2,2$

Tabel 4.53 Kontrol stabilitas guling arah melintang jembatan

No	KOMBINASI	k	P (kN)	My (kNm)	Mp (kNm)	SF	Keter
1	SERVICE 1		65002,416	2948,32	234008,6976	79,37	>2,2(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	2948,317628	247090,2192	83,81	>2,2(AMAN)
3	SERVICE 2		52889,896	2948,317628	190403,6256	64,58	>2,2(AMAN)

4.2.3 Kontrol Stabilitas Geser

a. Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan

Parameter tanah dasar Pile cap :

Sudut geser

$$\phi = 30^\circ$$

Kohesi

$$c = 5,0 \text{ kPa}$$

Ukuran dasar pile cap

$$B_x = 7,2 \text{ m}$$

$$B_y = 30,6 \text{ m}$$

K = persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

T_x = Gaya penyebab geser (kN)

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan\phi) * (1+k)$$

$$SF = H / T_x \quad \text{harus} \geq 1,1$$

Tabel 4.54 kontrol stabilitas geser arah memanjang jembatan

No	KOMBINASI	k	P (kN)	Tx kN	H kN	SF	Keterangan
1	SERVICE 1		65002,416	167,96	38635,341	230,0	>1,1(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	170,321	40733,546	239,2	>1,1(AMAN)
3	SERVICE 3		52889,896	160,083	31641,321	197,7	>1,1(AMAN)

b. Stabilitas Geser Arah Melintang Jembatan

$T_y = \text{Gaya penyebab geser (kN)}$

Gaya penahan geser :

$$H = (c * B_x * B_y + P * \tan\phi) * (1+k)$$

$$SF = H/T_y \quad \text{Harus} \geq 1,1$$

Tabel 4.55 kontrol stabilitas geser arah melintang jembatan

No	KOMBINASI	k	P (kN)	Ty kN	H kN	SF	Keterangan
1	SERVICE 1		65002,416	206,829	38635,34	186,8	>1,1(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	206,83	40733,55	196,9	>1,1(AMAN)
3	SERVICE 3		52889,896	206,83	31641,32	153,0	>1,1(AMAN)

4.2.4 Analisis Beban ultimit

a. Pile Cap

- Berat Ultimit Pile Cap

Tabel 4.56 berat ultimit pile cap

REKAP BEBAN KERJA		Arah	Vertikal	Horisontal		Momen	
No	Aksi.Beban	Kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)
A.	Aksi tetap						
1	Berat sendiri	MS	49080,58			56420,00	
2	Beban mati tambahan	MA	3733,72			18628,60	
B.	Beban lalu lintas						
3	Beban lajur "D"	TD	12112,52			28507,50	
4	Beban pedestrian	TP	0,00				
5	gaya rem	TB		7,88		147,42	
C.	Aksi lingkungan						
6	Aliran air	EF		0,00	0,00	0,00	0,00
7	Hanyutan/Tumbuka	EF			0,00	0,00	0,00
8	Beban Angin	EW	75,60	160,08	206,83	1498,38	2948,32
9	Beban gempa	EQ		23236,76	584,90	0,00	0,00
10	Tek air dinamis	EQ		0,00	0,00	0,00	0,00
D.	Aksi lainnya						
11	Gesekan	FB		0,00		0,00	

b. Kombinasi Beban Ultimit Pile Cap

Tabel 4.57 Kombinasi beban ultimit pile cap Ekstrem 1

EKSTREM I		Arah	Vertikal	Horisontal		Momen	
No	Aksi.Beban	Faktor beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)
A.	Aksi tetap						
1	Berat sendiri	1,3	63804,75			56420,00	
2	Beban mati tambahan	2	7467,44			18628,60	
B.	Beban lalu lintas						
3	Beban lajur "D"	0,3	3633,76			28507,50	
4	Beban pedestrian						
5	Gaya rem						
C.	Aksi lingkungan						
6	Aliran air						
7	Hanyutan/Tumbukan						
8	Beban angin						
9	Beban gempa	1		5305,20		45181,60	
		0,3			175,4707491		1494,39
10	Tek air dinamis						
D.	Aksi lainnya						
11	Gesekan						
			74905,94	5305,20	175,47	148737,70	1494,39

Tabel 4.58 Kombinasi beban ultimit pile cap Ekstrem 2

EKSTREM 2		Arah	Vertikal	Horisontal		Momen	
No	Aksi.Beban	Faktor beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)
A.	Aksi tetap						
1	Berat sendiri	1,3	63804,75			56420,00	
2	Beban mati tambahan	2	7467,44			18628,60	
B.	Beban lalu lintas						
3	Beban lajur "D"	0,3	3633,76			28507,50	
4	Beban pedestrian						
5	Gaya rem						
C.	Aksi lingkungan						
6	Aliran air						
7	Hanyutan/Tumbukan						
8	Beban angin						
9	Beban gempa	0,3		1591,56		13554,48	
10	Tek air dinamis	1			584,90		4981,31
D.	Aksi lainnya						
11	Gesekan						
			74905,94	1591,56	584,90	117110,58	4981,31

c. Rekap Kombinasi Beban Ultimit Pile Cap

Tabel 4.59 Rekap kombinasi beban ultimit pile cap

No.	KOMBINASI BEBAN	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
1	EKSTREM 1	74905,94	5305,20	175,47	148737,70	1494,39
2	EKSTREM 2	74905,94	1591,56	584,90	117110,58	4981,31

4.2.5 Analisis Pondasi Pier

a. Data Pondasi Tiang Pancang

Data Pondasi tiang pancang menggunakan diameter 600 dengan ketentuan sesuai gambar rencana .

Upper = 11 Type B

Bottom = 9 Type B

Midlle = 12 Type B

Bahan Material Pondasi

Tabel 4.60 data pondasi tiang pancang

Mutu beton tiang pncang pratekan	K-	626,5060241	
Kuat tekan beton	f'c=	52	Mpa
Mutu baja tulangan	U-	40	
Tegangan leleh baja	fy=	400	MPa
Modulus elastisitas beton	Ec=	33892,18199	MPa
Berat beton bertulang	w_c=	25,00	kN/m ³

Pondasi end Bearing end Friction

Berat volume tanah

$$W_s = 15 \text{ kN/m}^3$$

Sudut gesek dalam

$$\Phi = 30^\circ$$

Kohesi tanah,

$$C = 5 \text{ kPa}$$

Tabel 4.61 Dimensi pile cap

DIMENSI PILE CAP					
Lebar arah x,	Bx=	7,2 m	Tebal,	hp=	1,70 m
Lebar arah y,	By=	30,6 m	Tebal,	ht=	2,1 m
Tebal kolom	h=	3,00 m	Panjang,	Lx=	2,1 m

Tabel 4.62 Dimensi tiang pancang

DIMENSI TIANG PANCANG (20 HC)					
Diameter/sisi luar	D ₀ =	0,6 m	Panjang,	L=	32,0 m
Diameter dalam	D _i =	0,4 m			
Jarak pusat tiang pancang terluar terhadap sisi luar Pile cap				a=	0,9 m

Tabel 4.63 Dimensi tiang pancang

DATA SUSUNAN TIANG PANCANG			
Jumlah baris tiang	ny=		18
Jumlah tiang dalam satu baris	nx=		5
Jarak antara tiang dalam arah x	X=		1,8 m
Jarak antara tiang dalam arah y	Y=		1,8 m

b. Daya dukung Aksial Ijin Tiang

- Berdasarkan Kekuatan Bahan

Kuat tekan Beton $f_c = 52 \text{ MPa}$

Tegangan ijin beton $f_c = 18200 \text{ kPa}$

Luas tampang tiang $A = 0,16 \text{ m}^2$

Panjang tiang $L = 32 \text{ m}$

Berat tiang $W = 138,76364 \text{ kN}$

Kapasitas Tiang Pancang $p = 2719 \text{ kN}$

Pijin = $2718,64 \text{ kN}$

- Tinjauan Terhadap Beban Arah X

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang

Tabel 4.64 Tinjau terhadap beban arah X

No	KOMBINASI BEBAN	P kN	M _x kN-m	P/n kN	M _x * _x / Σx^2 kN	P _{mak} kN	P _{min} kN
1	SERVICE 1	65002,42	105201,90	722,25	695,78	1418,029	26,469
2	Service 2	68636,17	105246,12	762,62	696,07	1458,696	66,552
3	Service IV	52889,90	105054,48	587,67	694,80	1282,470	-107,139
4	EKSTREM 1	74905,94	148737,70	832,29	983,71	1816,003	-151,427
5	EKSTREM 2	74905,94	117110,58	832,29	774,54	1606,829	57,747

- **Tinjauan Beban Terhadap Arah Y**

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang :

Tabel 4.65 Tinjauan beban terhadap arah Y

No	KOMBINASI BEBAN	P	My	P/n	My*y/ Σy^2	Pmak	Pmin
1	SERVICE 1	65002,42	2948,32	722,249	6,423	728,672	715,826
2	Service 2	68636,17	2948,32	762,624	6,423	769,047	756,201
3	Service IV	52889,90	2948,32	587,666	6,423	594,089	581,242
4	EKSTREM 1	74905,94	1494,393	832,29	9,88	842,172	822,405
5	EKSTREM 2	74905,94	4981,31	832,29	32,95	865,233	799,343

c. **Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang**

Daya Dukung Aksial

- **Terhadap Beban Arah X**

Tabel 4.66 kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen Pijin	P _{mak}	Kontrol thd Daya dukung ijin	P _{ijin}	Keter
1	SERVICE 1	100%	728,672	< 100% *Pijin=	2241,24	AMAN
2	Service 2	100%	769,047	< 100% *Pijin=	2241,24	AMAN
3	Service IV	100%	1282,470	< 100% *Pijin=	2241,24	AMAN
5	EKSTREM 1	150%	1816,003	< 150% *Pijin=	3361,87	AMAN
6	EKSTREM 2	150%	1606,829	< 150% *Pijin=	3361,87	AMAN

- **Terhadap Beban Arah Y**

Tabel 4.67 Kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah Y

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen Pijin	Pmak	Kontrol thd Daya dukung ijin	Pijin	Keterangan
1	SERVICE 1	100%	728,672	< 100% *Pijin=	2241,245	AMAN
2	Service II	100%	769,047	< 100% *Pijin=	2241,245	AMAN
3	Service IV	100%	594,089	< 100% *Pijin=	2241,245	AMAN
4	EKSTREM 1	150%	842,172	< 150% *Pijin=	3361,867	AMAN
5	EKSTREM 2	150%	865,233	< 150% *Pijin=	3361,867	AMAN

4.3 Pembahasan

4.3.1 Kontrol Stabilitas Guling

a. Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan

- Perencanaan dengan bentang *equivalent*

Tabel 4.68 Kontrol stabilitas guling arah memanjang jembatan dengan perencanaan bentang *equivalent*

No	KOMBINASI	k	P (kN)	Mx (kNm)	Mp (kNm)	SF	Keter
1	SERVICE I		65002,416	1642,65	234008,6976	142,5	>2,2(AMAN)
2	SERVICE II		68636,172	1685,928	247090,2192	146,6	>2,2(AMAN)
3	SERVICE IV		52889,896	1498,37688	190403,6256	127,1	>2,2(AMAN)

- Perencanaan dengan bentang tidak seragam

Tabel 4.69 Kontrol stabilitas guling arah memanjang dengan perencanaan bentang tidak seragam

No	KOMBINASI	k	P (kN)	Mx (kNm)	Mp (kNm)	SF	Keterangan
1	SERVICE I		65002,416	105201,90	234008,6976	2,2	>2,2(AMAN)
2	SERVICE II		68636,172	105246,123	247090,2192	2,3	>2,2(AMAN)
3	SERVICE IV		52889,896	105054,4769	190403,6256	1,8	NO GO!

Pada Kontrol stabilitas guling arah memanjang jembatan ada pengaruh nilai

keamanan pada Service IV (SF) pada tabel 4.68 dari 127,1 menjadi 1,8 pada tabel

4.69. Ada penurunan sebesar 98,57 %

b. Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan

- Perencanaan dengan bentang *equivalent*

Tabel 4.70 Kontrol stabilitas guling arah melintang jembatan dengan perencanaan bentang *equivalent*

No	KOMBINASI	k	P (kN)	My (kNm)	Mp (kNm)	SF	Keter
1	SERVICE 1		65002,416	2948,32	234008,6976	79,37	>2,2(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	2948,317628	247090,2192	83,81	>2,2(AMAN)
3	SERVICE 2		52889,896	2948,317628	190403,6256	64,58	>2,2(AMAN)

- Perencanaan dengan bentang tidak seragam

Tabel 4.71 Kontrol stabilitas guling arah memanjang jembatan dengan perencanaan bentang tidak seragam

No	KOMBINASI	k	P (kN)	My (kNm)	Mp (kNm)	SF	Keter
1	SERVICE 1		65002,416	2948,32	234008,6976	79,37	>2,2(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	2948,317628	247090,2192	83,81	>2,2(AMAN)
3	SERVICE 2		52889,896	2948,317628	190403,6256	64,58	>2,2(AMAN)

Pada Kontrol stabilitas guling arah melintang jembatan tidak ada pengaruhnya.

4.3.2 Kontrol Stabilitas Geser

a. Kontrol Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan

- Perencanaan dengan bentang *equivalent*

Tabel 4.72 Kontrol stabilitas geser arah memanjang jembatan dengan perencanaan bentang *equivalent*

No	KOMBINASI	k	P (kN)	Tx kN	H kN	SF	Keter
1	SERVICE 1		65002,416	167,96	38635,341	230,0	>1,1(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	170,321	40733,546	239,2	>1,1(AMAN)
3	SERVICE 3		52889,896	160,083	31641,321	197,7	>1,1(AMAN)

- **Perencanaan dengan bentang tidak seragam**

Tabel 4.73 Kontrol stabilitas geser arah memanjang jembatan dengan perencanaan bentang tidak seragam

No	KOMBINASI	k	P (kN)	Tx kN	H kN	SF	Keterangan
1	SERVICE 1		65002,416	167,96	38635,341	230,0	>1,1(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	170,321	40733,546	239,2	>1,1(AMAN)
3	SERVICE 3		52889,896	160,083	31641,321	197,7	>1,1(AMAN)

Pada Kontrol stabilitas geser arah memanjang jembatan tidak ada pengaruhnya.

b. Kontrol Stabilitas Geser Arah Melintang Jembatan

- **Perencanaan dengan bentang *equivalent***

Tabel 4.74 kontrol stabilitas geser arah melintang jembatan dengan perencanaan bentang *equivalent*

No	KOMBINASI	k	P (kN)	Ty kN	H kN	SF	Keter
1	SERVICE 1		65002,416	206,829	38635,34	186,8	>1,1(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	206,83	40733,55	196,9	>1,1(AMAN)
3	SERVICE 3		52889,896	206,83	31641,32	153,0	>1,1(AMAN)

- **Perencanaan dengan bentang tidak seragam**

Tabel 4.75 kontrol stabilitas geser arah melintang jembatan dengan perencanaan bentang tidak seragam

No	KOMBINASI	k	P (kN)	Ty kN	H kN	SF	Keterangan
1	SERVICE 1		65002,416	206,829	38635,34	186,8	>1,1(AMAN)
2	SERVICE 2		68636,172	206,83	40733,55	196,9	>1,1(AMAN)
3	SERVICE 3		52889,896	206,83	31641,32	153,0	>1,1(AMAN)

Pada Kontrol stabilitas geser arah melintang jembatan tidak ada pengaruhnya.

4.3.3 Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang

a. Terhadap Beban Arah X

- Perencanaan dengan bentang *equivalent*

Tabel 4.76 kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X dengan perencanaan bentang *equivalent*

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen P_{ijin}	P_{mak}	Kontrol thd Daya dukung ijin	P_{ijin}	Keterangan
1	SERVICE 1	100%	728,672	< 100% * $P_{ijin} =$	2241,24	AMAN
2	SERVICE 2	100%	769,047	< 100% * $P_{ijin} =$	2241,24	AMAN
3	SERVICE IV	100%	597,575	< 100% * $P_{ijin} =$	2241,24	AMAN
5	EKSTREM 1	150%	1131,108	< 150% * $P_{ijin} =$	3361,87	AMAN
6	EKSTREM 2	150%	921,934	< 150% * $P_{ijin} =$	3361,87	AMAN

- Perencanaan dengan bentang tidak seragam

Tabel 4.77 kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X dengan perencanaan bentang tidak seragam

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen P_{ijin}	P_{mak}	Kontrol thd Daya dukung ijin	P_{ijin}	Keter
1	SERVICE 1	100%	728,672	< 100% * $P_{ijin} =$	2241,24	AMAN
2	Service 2	100%	769,047	< 100% * $P_{ijin} =$	2241,24	AMAN
3	Service IV	100%	1282,470	< 100% * $P_{ijin} =$	2241,24	AMAN
5	EKSTREM 1	150%	1816,003	< 150% * $P_{ijin} =$	3361,87	AMAN
6	EKSTREM 2	150%	1606,829	< 150% * $P_{ijin} =$	3361,87	AMAN

- Pada kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X ada pengaruh nilai keamanan pada service IV P_{mak} ditabel 4.76 dari 597,575 menjadi 1282,470 pada tabel 4.77 .ada kenaikan sebesar 53,40% dan masih dalam batas “aman”.
- Pada kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X ada pengaruh nilai keamanan pada ekstrem 1 P_{mak} ditabel 4.76 dari 1131,108 menjadi 1816,003 pada tabel 4.77 .ada kenaikan sebesar 37,71% dan dalam batas “aman”.

- Pada kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X ada pengaruh nilai keamanan pada ekstrem 2 P_{mak} ditabel 4.76 921,934 menjadi 1606,829 pada tabel 4.77 .ada kenaikan sebesar 42,62% dan masih dalam batas “aman”.

b. Terhadap Beban arah Y

- **Perencanaan dengan bentang *equivalent***

Tabel 4.78 kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah Y dengan perencanaan bentang *equivalent*

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen Pijin	Pmak	Kontrol thd Daya dukung ijin		Pijin	Keter
1	SERVICE 1	100%	728,672	< 100% *Pijin=		2241,245	AMAN
2	Service II	100%	769,047	< 100% *Pijin=		2241,245	AMAN
3	Service IV	100%	594,089	< 100% *Pijin=		2241,245	AMAN
5	EKSTREM 1	150%	842,172	< 150% *Pijin=		3361,867	AMAN
6	EKSTREM 2	150%	865,233	< 150% *Pijin=		3361,867	AMAN

- **Perencanaan dengan bentang tidak seragam**

Tabel 4.79 kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah Y dengan perencanaan bentang tidak seragam

No.	KOMBINASI BEBAN KERJA	Persen Pijin	Pmak	Kontrol thd Daya dukung ijin		Pijin	Keterangan
1	SERVICE 1	100%	728,672	< 100% *Pijin=		2241,245	AMAN
2	Service II	100%	769,047	< 100% *Pijin=		2241,245	AMAN
3	Service IV	100%	594,089	< 100% *Pijin=		2241,245	AMAN
4	EKSTREM 1	150%	842,172	< 150% *Pijin=		3361,867	AMAN
5	EKSTREM 2	150%	865,233	< 150% *Pijin=		3361,867	AMAN

Pada Kontrol daya dukung ijin tiang arah Y jembatan tidak ada pengaruhnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jembatan

Jembatan mempunyai arti penting bagi setiap orang. Akan tetapi tingkat kepentingannya tidak sama bagi setiap orang, sehingga akan menjadi suatu bahan studi yang menarik. Pengertian jembatan secara umum adalah suatu kontruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, jalan kereta api yang melintang tidak sebidang dan lain sebagainya. Jembatan juga dapat diartikan sebagai bangunan pelengkap jalan yang berfungsi melewatkam lalu lintas yang terputus pada kedua ujung jalan akibat adanya hambatan berupa sungai, saluran, kanal, selat, lembah serta jalan dan jalan kereta api menyilang (tata cara perencanaan jembatan penyebrangan untuk pejalan kaki diperkotaan 1995).

Sejarah jembatan dapat diakatakan sejalan dengan waktu sejarah peradaban manusia. Akan tetapi keberhasilan dibidang teknik jembatan bukan seperti suatu hal mudah untuk menjadi seperti sekarang ini. Jembatan , Sebagaimana bidang keteknikan lainnya khususnya teknik struktur (structure engineering) diawali dengan proses “cut and try”, atau banyak orang mengatakan proses “try and fail” (Bambang 2000).

Sebagai awal digunakan metode empiris. Sebelumnya para perencana membuat beberapa perkiraan-perkiraan intelelegensi tentang kekuatan bahan dalam membangun jembatan yang sesuai. Beberapa abad lampau sebelum

manusia mengategorikan lima tipe jembatan, yaitu balok (beam) , kantilever (cantilever), pelengkung (arch), kabel gantung (suspension) dan rangka (truss).

2.2 Pier Jembatan

Pilar jembatan sederhana adalah suatu kontruksi beton bertulang yang menumpu diatas pondasi tiang-tiang pancang yang terletak ditengah sungai atau yang lain yang berfungsi sebagai pemikul antara bentang tepi dan bentang tengah bangunan atas jembatan (SNI 2847,2019). Pilar-pilar dapat berupa susunan rangka pendukung, yaitu topi beton bertulang yang bertindak sebagai balok melintang dengan kepala tiang tertanam pada topi, atau susunan kolom,yang menggunakan sistem beton kopel (*pile cap*) yang terpisah, sistem balok dan kolom melintang terpisah. Pilar (*pier*) berfungsi menyalurkan gaya – gaya vertikal dan horisontal dari bangunan atas ke pondasi.

2.3 Perencanaan Teknis Struktur Jembatan

a. Peraturan dan Referensi

pembuatan fasilitas jembatan. Pada prinsipnya perencanteknis jembatan dimulai dengan pemilihan konstruksi jembaan yang sesuai dengan kriteria-kriteria teknis dan non teknis, adapun perencanaan jembatan meliputi: perencanaan bangunan atas, perencanaan bangunan bawah dan perencanaan jalan pendekat jembatan dimana pada perencanaan tersebut konsultan akan mengacu pada peraturan-peratran yang telah ditetapkan dalam perencanaan jembatan.Perencanaan bangunan atas dan bangunan bawah jembatan termasuk bangunan pelengkap mengacu kepada Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Indonesia

b. Aplikasi pembebatan lalu lintas

Beban lalu lintas untuk rencana jembatan jalan raya terdiri dari pembebanan lajur “D” dan pembebanan truk “T”. pembebanan lajur “D” ditempatkan melintang pada lebar penuh dari jalan kendaraan jembatan dan menghasilkan pengaruh pada jembatan yang ekivalen dengan rangkaian kendaraan sebenarnya. Jumlah total pembebanan lajur “D” yang ditempatkan tergantung pada lebar jalan kendaraan jembatan.

Pembebanan “T” (truk) adalah kendaraan berat tunggal dengan titik gandar yang ditempatkan dalam kedudukan sembarang pada jalur lalu lintas rencana. Tiap gamndar terdiri dari dua pembebabana bidang kontak yang dimaksud agar bmewakili pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” boleh ditempatkan pada lajur lalu lintas rencana.

Umumnya, pembebanan "D" akan menentukan untuk bentang pendek dan system lantai.

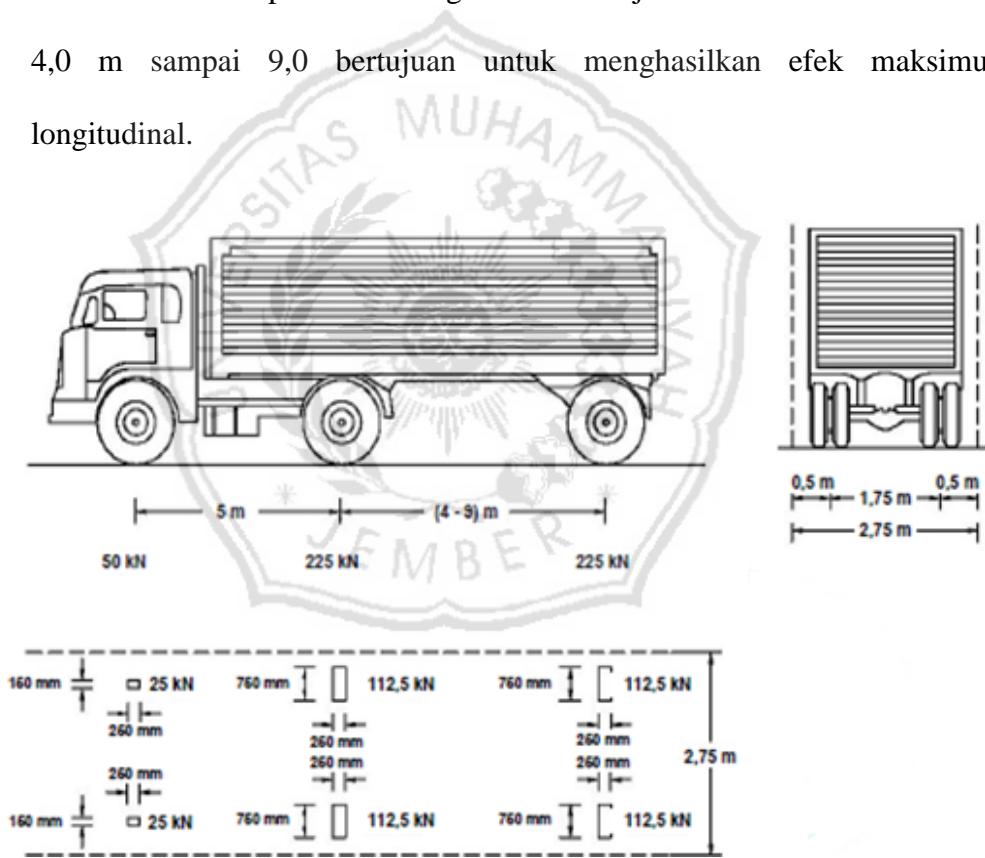
1. Beban lajur “D” terdiri dari beban merata (UDL) yang dikombinasikan dengan beban garis (KEL) seperti tampak pada gambar dibawah ini.
 2. Beban merata UDL dengan intensitas q kPa, dengan q tergantung pada panjang yang dibebani total (L) sebagai berikut:

3. Beban garis satu KEL dengan intensitas p kN/m ditempatkan dalam kedudukan sembarang sepanjang jembatan dan tegak lurus pada arah lalu lintas. Besarnya adalah 49 kN/m

4. Beban lajur “D” di atur secara lateral sedemikian hingga menghasilkan efek yang maksimum. Konsep pembagian beban lajur “D” dapat dilihat pada gambar di bawah ini (berlaku untuk UDL dan KEL)

c. Beban Truk “T”

Beban Truk “T” terdiri dari beban traktor, truk dan semi trailer dengan beban sumbu dan konfigurasi seperti tampak pada gambar dibawah ini. Beban dari tiap sumbu dibagi merata menjadi dua beban merata antara 4,0 m sampai 9,0 bertujuan untuk menghasilkan efek maksimum longitudinal.



Sumber SNI1725-2016 Gambar 2.1 Beban Truck “T”

d. Tumbukan/Kejut

Untuk mempertimbangkan kekuatan akibat beban dinamis dan vibrasi, tegangan akibat beban “D” dikalikan dengan factor kejut.

Koefisien kejut hanya diaplikasi pada bagian beban garis (KEL) Beban “T” dan beban merata “q” dari “” tidak dikalikan dengan faktor kejut.

e. Distribusi Beban

Distribusi beban diperhitungkan dengan plat orthotropic atau sistem grid yang memerlukan analisa struktur secara terperinci

f. Beban Angin (EW)

Pengaruh lainnya yang harus diperhitungkan adalah pengaruh dari beban angin. Pengaruh beban angin adalah sebesar 150 kg/m^2 pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal terbagi rata pada bidang vertical jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memancang jembatan (Bambang2000).

Pengaruh angin juga dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal lurus diterapkan pada permukaan lantai seperti yang diberikan dengan persamaan :

$$T_{EW} = 0,0012 C_w V_w^2 \text{ kN/m, dengan(3)}$$

C_w = koefisien seret; V_w = kecepatan angin rencana (m/det).

Bidang vertical yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 m di atas lantai kendaraan.

g. Gaya Gempa

Gaya gempa ditentukan berdasarkan Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya, PU, SNI-03-2833-2013.

h. Gaya Sentrifugal

Struktur dengan denah lengkung harus mempertimbangkan gaya sentrifugal dengan presentasi beban “D” tanpa factor kejut pada seluruh jalur lalu lintas. Gaya pada plat jembatan dapat ditentukan dengan rumus:

Dimana :

S = gaya sentrifugal

V = kecepatan (km/jam)

R = radius lengkung

i. Rem dan Gaya Traksi

Peraturan menentukan pengaruh gaya longitudinal sebesar 5% beban “D” tanpa factor kejut untuk seluruh lajur dengan arah lalu lintas sama. Seluruh lajur ditinjau akan menjadi satu arah lalu lintas di masa yang akan datang. Pengaruh penggereman dari lalu lintas juga bias diperhitungkan sebagai gaya arah memanjang dan dianggap bekerja pada jarak 1,8 meter di atas permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan (Lt) sebagai berikut:

$H_{TB} = 250 \text{ kN}$ untuk $L_t < 80 \text{ m}$

$H_{TB} = 250 + 2,5 \text{ (Lt-80) kN}$ untuk $80 < Lt < 180 \text{ m}$

$H_{TB} = 500 \text{ kN}$ untuk $L_t > 180 \text{ m.}$

j. Gaya Tumbukan

Perhitungan gaya tumbukan pada pier akibat aliran air dihitung dengan rumus :

C_D = koefien seret

V_a = kecepatan aliran air rata-rata saat banjir dengan periode ulang tertentu (m/det)

A_D = luas proyeksi pier tegak lurus arah aliran air dengan tinggi sama dengan kedalaman air banjir (m^2)

Bila Pier membentuk sudut α terhadap arah aliran, maka harus diperhitungkan juga terhadap gaya angkat yang arahnya tegak lurus terhadap gaya seret dengan rumus :

Dengan $C_L = \text{koefisien angkat}$

A_l = luas proyeksi pilar sejajar arah aliran dengan tinggi sama dengan kedalaman air banjir (m^2)

Gaya akibat benda hanyutan dihitung dengan rumus :

Dengan C_D = koefisien seret

A'_D = luas proyeksi benda hanyutan tegak lurus arah aliran (m^2)

Gaya akibat tumbukan dengan batang kayu dihitung dengan rumus :

$$T_{EF} = M V_s^2 / d \quad (\text{kN})$$

Dengan $M =$ masa batang kayu

V_s = kecepatan aliran air permukaan pada saat banjir (m/det)

D = lendutan elastic ekivalen.

k. Gaya Akibat Pengaruh Temperature

Gaya internal akibat perbedaan temperatur dihitung dengan rumus:

Dimana, A_t = luas tampang yang ditinjau

T_a = perbedaan temperature gradient bagian atas

T_b = perbedaan temperature gradient bagian bawah

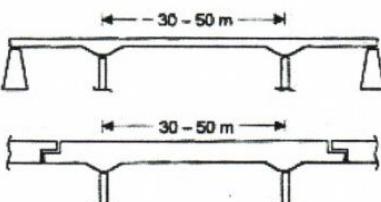
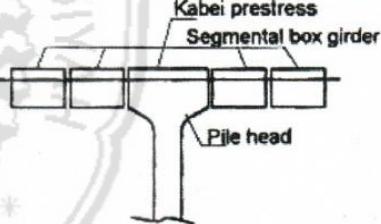
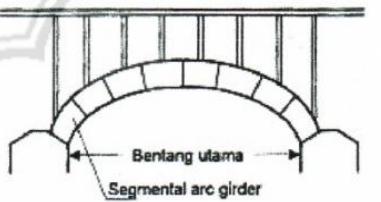
Eb = modulus elastisitas balok

β = koefisien muai

I. Pemilihan Tipe Struktur Jembatan

Pemilihan Tipe Struktur Jembatan disamping mempertimbangkan aspek teknis, juga dipertimbangkan aspek biaya pembangunan, Kemampuan bentang sistem struktur jembatan tertentu dan metode pelaksanaan yang dapat dilakukan. Berdasarkan literature mengenai konstruksi jembatan, bentang optimum yang ekonomis dapat dikelompokkan seperti pada Tabel 2.1. bentang optimum jembatan yang ekonomis

Tabel 2.1. bentang optimum jembatan yang ekonomis

No.	Tipe Jembatan	Bentang Optimum (Meter)	Keterangan
I.	Beton Bertulang:		
	1. Gelegar utama berupa balok diatas 2 tumpuan	Sampai 30	Penampang berbentuk segi empat (masif atau berlubang), bentuk huruf T, I dan lain-lain
	2. Gelegar utama berupa balok diatas beberapa tumpuan atau dengan cantilever	30 – 50	 Gelegar beton bertulang tidak dapat dilaksanakan secara segmental.
II.	Beton Pratekan:		
	1. Gelegar utama berupa balok diatas 2 tumpuan	20 – 50	
	2. Gelegar utama berupa balok diatas beberapa tumpuan	50 – 80	
	3. Gelegar utama berupa balok segmental dengan <i>post tension prestressing</i>	80 – 200	
	4. Gelegar utama berupa konstruksi busur (<i>arc bridge</i>)	100 – 300	
III.	Konstruksi Baja:		
	1. Gelegar utama berupa balok diatas 2 tumpuan	Sampai 30	

No.	Tipe Jembatan	Bentang Optimum (Meter)	Keterangan
2.	Gelegar utama berupa balok diatas beberapa tumpuan	30 – 50	
3.	Konstruksi utama berupa rangka baja	40 – 300	
4.	Konstruksi utama berupa busur rangka baja	200 – 500	<p>Rangka baja Bentang utama Busur rangka baja Bentang utama</p>
IV.	<i>Cable Stayed Bridge</i> (Jembatan yang ditopang dengan kabel mutu tinggi)	200 – 500	<p>Sekarang sudah mencapai panjang bentang utama 890 m</p> <p>Cables Lantai kendaraan Pylon Bentang utama</p>
V.	<i>Suspension Bridge</i> (Jembatan gantung)	Diatas 500	<p>Sekarang sudah mencapai panjang bentang utama ~ 4000 m</p> <p>Kabel utama Lantai kendaraan Bentang utama</p>

Disamping pertimbangan pertimbangan tersebut diatas, pemilihan jembatan juga ditentukan oleh aspek-aspek seperti diuraikan dibawah ini:

1. Lokasi jembatan dipilih pada jarak terpendek
2. Bahan konstruksi jembatan dipilih yang biaya perawatanya selama umur rencana jembatan termurah.

3. Pemilihan system kostruksi jembatan harus mempertimbangkan agar lokasi pilar/pylon tidak mengganngu alur pelayaran
4. Kondisi tanah sebagai pendukung pondasi jembatan dan kedalaman sungai dapat menentukan lokasi penempatan pilar/pylon yang akan mempengaruhi juga pemilihan system kostruksi jembatan
5. Estetika bentuk jembatan harus sesuai dengan alam lingkungannya.

m. Perencanaan Bangunan bawah

Perencanaan struktur bawah menggunakan limit state atau rencana kekuatan batas berupa ultimate Limit states (ULS) dan Serviceability Limit States (SLS)

1. Abutmen
 - a) Abutmen tipe cap dengan tinggi tipikal 1,5- meter
 - b) Abutmen tipe kodok dengan tinggi tipikal 2,-5 meter
 - c) Abutmen tipe dinding penuh dengan tinggi tipikal > 4 meter
2. Pilar
 - a) Pilar balok cap
 - b) Pilar dinding penuh
 - c) Pilar portal satu tingkat
 - d) Pilar portal dua tingkat
 - e) Pilar kolom tunggal (dihindarkan untuk daerah zona gempa besar)

n. Struktur Bawah

Struktur bawah harus direncanakan berdasarkan perilaku jangka panjang material dan kondisi lingkungan, antara lain: selimut beton yang

digunakan minimal 30 mm (daerah normal) dan minimal 50 mm (daerah agresif).

o. Galvanis dan Cat

Pertimbangan utama pada pemilihan tipe jembatan adalah suatu tipe jembatan yang dapat meminimalkan biaya konstruksi, pemeliharaan, dan biaya perbaikan dengan batasan standard dan spesifikasi yang sudah diberikan tetapi tidak kalah penting yang menjadi pertimbangan juga dari segi aestetiknya.

2.4 Kombinasi Pembebaan

Pada konstruksi jembatan kombinasi terbagi menjadi dua jenis kombinasi yaitu, kombinasi batas layan dan kombinasi batas ultimit. Aksi-aksi yang bekerja pada jembatan dibagi menjadi dua kelompok yaitu aksi tetap dan aksi trasien.

Untuk kombinasi konstruksi jembatan secara umum baik batas layan maupun batas ultimit telah tercantum pada RSNI T-02-2005 tentang pembebaan untuk jembatan kombinasinya sebagai berikut :

- Kondisi konstruksi : $1,3 P_{MS}$
- Kondisi Layan :

Kombinasi 1 : $P_{MS} + P_{MA} + P_{TD}$ atau $P_{TT} + P_{TP} + T_{EW}$

- Kondisi Ultimite :

Kombinasi 1 : $1,3 P_{MS} + 2 P_{MA} + P_{TD}$ atau $P_{TT} + P_{TB} + 1,8 P_{TP}$

Kombinasi 2 : $1,3 P_{MS} + 2 P_{MA} + 1,8 P_{TD}$ atau $1,8 P_{TT} + 1,8 P_{TB} +$

T_{EW}

Kombinasi 3 : $1,3 P_{MS} + 2 P_{MA} + P_{TD}$ atau $P_{TT} + P_{TB} + 1,2 T_{EW}$

Kombinasi 4 : 1,3 P_{MS} + 2 P_{MA} + P_{TD} atau P_{TT} + TEQ

Dimana :

P_{MS} : Beban mati.

P_{MS} : Beban mati tambahan.

P_{TD} : Beban lajur “D”

P_{TT} : Beban Truck “T”

P_{TP} : Beban Pedestrian

P_{TB} : Gaya rem

T_{EW} : Beban angin

T_{EQ} : Beban gempa (tegak lurus jembatan)

2.5 Perhitungan Volume

Program pembangunan jembatan ini akan dibagi dalam satu atau beberapa pelaksanaan sesuai dengan lokasi dan kemampuan pelaksanaan pembangunan untuk tiap jembatan harus dihitung jumlah pekerjaan untuk tiap bagian dengan masin-masing kontrak pelaksanaannya dan diringkas dalam beberapa pekerjaan sebagai berikut:

1. Mobilisasi
2. Pekerjaan tanah
3. Pekerjaan pondasi
4. Pekerjaan beton
5. Pekerjaan jalan pendekat

6. Pekerjaan bangunan atas

7. Dan lain-lain



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Pada kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X ada pengaruh nilai keamanan pada service IV P_{mak} dari 597.575 menjadi 1282.470, ada kenaikan sebesar 53.40% dan masih dalam batas “aman”. Pada kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X ada pengaruh nilai keamanan pada ekstreem 1 P_{mak} dari 1131.108 menjadi 1816.003, ada kenaikan sebesar 37.71% dan masih dalam batas “aman”. Pada kontrol daya dukung ijin tiang terhadap beban arah X ada pengaruh nilai keamanan pada ekstreem 2 P_{mak} dari 921.934 menjadi 1606.829, ada kenaikan sebesar 42.62% dan masih dalam batas “aman”.
2. Kontrol stabilitas guling arah memanjang jembatan ada pengaruh nilai keamanan pada service IV (SF) dari 127.1 menjadi 1.8, ada penurunan sebesar 98.57% dan masih dalam batas “aman”.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah untuk penelitian selanjutnya diharapkan menghitung beban-beban arah melintang jembatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Jauhari, Z. (2011). Manajemen Pelaksanaan Jalan Tol Mojokerto-Kertosono STA 5+350 - STA 10+350 . *Proposal Proyek Akhir* , 43.
- Malik, J. (2008). Analisis Beban Pier Jembatan Strandakan Kulon Progo D.I. Yogyakarta. *[C]2008:MNI-EC* , 35.
- Nasional, B. S. (2016). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung & Nongedung . *RSNI3 1726:201X* , 251.
- Romdhon, Q. M. (2013). Analisis Ketahanan Struktur Pier Head P80 dan P79 Terhadap gempa. *SKRIPSI* , 67.
- Sinta. (2011). Studi Pemodelan dan Evaluasi Struktur Pier Jembatan Beton Bertulang yaitu Pier Jembatan Tukad. *Skripsi BAB II* , 27.

