

Analisis Struktur Bawah Jembatan 4 Kota Baru Parahyangan

Anisa Fadilah, Roestaman

Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@sttgarut.ac.id

anisafadilah13@gmail.com
roestaman@sttgarut.ac.id

Abstrak – Pada umumnya struktur jembatan terbagi menjadi dua bagian yaitu struktur bawah dan struktur atas. Studi kasus yang diangkat hanya mengenai struktur bawah abutment dan pilar dengan tujuan mendapatkan besarnya kekuatan terhadap beban kerja yang terjadi, besarnya kebutuhan tulangan struktur pilar, serta besarnya daya dukung izin aksial pondasi. Metode yang digunakan pada adalah dengan mengadakan studi literatur untuk melakukan analisis banding kekuatan struktur hasil analitis dengan dilapangan. Dimensi yang ditinjau telah memenuhi syarat terhadap stabilitas guling $\geq 2,2$ dan stabilitas geser $\geq 1,1$. Daya dukung izin *bored pile* dari masing – masing metode yaitu sebesar 801 ton, 218,93 ton, 678,24 ton pada abutment serta 803,72 ton, 227,47 ton, 678,24 ton pada pilar, sementara dilapangan sebesar 500 dan 600 ton. Untuk perhitungan tulangan mutu beton yang digunakan adalah K 500 ($f_c' = 41,5$ MPa) dan K 300 ($f_c' = 24,9$ MPa). Kebutuhan tulangan satu *pier wall* didapat As total 120000 mm², sedangkan As total dilapangan sebesar 123791,36 mm². Kebutuhan tulangan lentur *pier cap* Asx sebesar 4894 mm², digunakan tulangan D32 – 150, Asy sebesar 4320 mm² digunakan D32 - 150. Tulangan susut arah x sebesar 2447 mm² digunakan tulangan 25 – 150, arah y sebesar 2160 mm² dengan tulangan D25 – 200. Untuk tulangan geser arah x digunakan tulangan D13 – 350 dan arah y dengan tulangan D13 – 400.

Kata kunci – Abutment, Pilar, Tulangan, Jembatan.

Abstract – In general, the bridge structure is divided into two parts, namely the upper structure and the bottom structure. The case study is only about the structure under abutments and pillars with the objective of obtaining the strength of the workload, the need for the pillar structure reinforcement, and the axial capacity of the foundation axial allowable. The method used is to conduct a literature study to perform a comparative analysis of the structural strength of the analytical results with the field. The dimensions reviewed have been qualified against the stability of boling ≥ 2.2 and the stability of shear ≥ 1.1 . The carrying aloowable capacity of bored pile from each method is 801 tons, 218,93 tons, 678,24 tons on abutment and 803,72 tons, 227,47 tons, 678,24 tons on pillar, while in the field of 500 and 600 tons. For calculation of reinforced concrete reinforcement used is K 500 ($f_c' = 41,5$ MPa) and K 300 ($f_c' = 24,9$ MPa). Requirement of one pier wall got the whole of As 120000 mm². The bending strength requirement of Asx pile cap is 4894 mm², used reinforcement D32 - 150, Asy is 4320 mm² used D32 - 150. The direction of x 2447 mm² is used 25-21, the direction of y is 2160 mm² with the D25 - 200 reinforcement. Shear reinforcement of x is used D13 - 350 reinforcement and y direction with D13 - 400 reinforcement.

Key words – Abutment, Pier, Reinforcement, Bridge.

I. PENDAHULUAN

Jembatan 4 Kota Baru Parahyangan merupakan jenis jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*) dengan panjang 215 m. Jembatan ini terletak di daerah Kota Baru Parahyangan,

Padalarang, Bandung. Jenis bangunan struktur atas pada jembatan ini berupa *box girder*, sedangkan jenis struktur bawahnya berupa abutment, pilar dan direncanakan dengan pondasi dalam berupa tiang bor (*bored pile*).

Pada kesempatan kali ini pembahasan yang akan diangkat mengenai analisa struktur bawah khususnya abutment (A1), pilar (P1) dan pondasi *bored pile*. Struktur bawah merupakan satu bagian dari jembatan yang berfungsi sebagai penahan serta penyalur beban akibat reaksi di atas terhadap tanah. Selain daripada berfungsi sebagai penahan beban, pembangunan struktur bawah harus direncanakan terhadap stabilitas guling, geser maupun tekuk.

1.1 Rumusan Masalah

1. Berapa besar kekuatan struktur abutment sebagai penahan beban kerja jembatan 4 Kota Baru Parahyangan?
2. Berapa besar kekuatan struktur *pier* sebagai penahan beban kerja jembatan 4 Kota Baru Parahyangan?
3. Berapa banyak kebutuhan tulangan yang di butuhkan pada struktur *pier*?
4. Berapa banyak kebutuhan tulangan yang dibutuhkan pada *pile cap pier* (P1)?
5. Berapa besar kapasitas daya dukung izin aksial pondasi pada struktur abutment dan *pier*?

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui besarnya kekuatan abutment terhadap beban kerja jembatan 4 Kota Baru Parahyangan.
2. Mengetahui besarnya kekuatan struktur *pier* terhadap beban kerja jembatan 4 Kota Baru Parahyangan.
3. Mengetahui banyaknya kebutuhan tulangan struktur pilar (*pier*).
4. Mengetahui besarnya daya dukung aksial pondasi pada masing – masing titik struktur bawah.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan masalah yang akan dibahas diantaranya:

1. Data tanah yang digunakan adalah data hasil investigasi lapangan pada proyek Jembatan 4 Kota Baru.
2. Struktur bawah yang diangkat hanya pada Abutment A1 dan Pilar P1.
3. Hanya membahas penulangan pada pilar dan *pile cap* pada pilar.
4. Menghitung kembali analisa beban kerja dengan mengacu pada RSNI T-02-2005.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan ini yaitu:

1. Memberikan pemahaman lebih mengenai pengaruh sifat tanah pada perencanaan struktur bawah.
2. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh beban terhadap struktur bawah.

II. URAIAN PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan Data
2. Kajian Hasil Data
3. Studi Literatur
4. Konsultasi
5. Analisa Struktur Bawah dengan Cara Analitis

2.2 Bagan Alur



Gambar 2.1 Bagan Alur Penelitian

Sumber : Pribadi, 2017

2.3 Lokasi Penelitian

Lokasi proyek Jembatan 4 Kota Baru Parahyangan terletak di wilayah Kota Baru Parahyangan, Padalarang, Bandung, Jawa Barat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Umum

Tahapan pembahasan dilakukan sesuai diagram alur dibawah ini :



Gambar 3.1 Tahap Pembahasan Penelitian

Sumber : Pribadi, 2017

3.2 Analisa Beban Abutment

1. Berat sendiri struktur atas
2. Berat sendiri struktur bawah
3. Beban mati tambahan
4. Tekanan tanah
5. Beban lajur "D"
6. Beban pedestarian atau pejalan kaki
7. Gaya rem
8. Pengaruh temperatur
9. Beban angin
10. Beban gempa
11. Gesekan pada perletakan

3.2.1 Kombinasi Beban Kerja

Tabel 3.1 Kombinasi Beban Kerja

No	Beban	Kombinasi 1	Kombinasi 2	Kombinasi 3	Kombinasi 4	Kombinasi 5
1	Berat sendiri	√	√	√	√	√
2	Beban mati tambahan	√	√	√	√	√
3	Tekanan tanah	√	√	√	√	√
4	Beban lajur "D"	√	√	√	√	
5	Beban pedestrian	√	√	√	√	
6	Gaya rem		√	√	√	
7	Temperatur				√	
8	Beban angin		√	√	√	
9	Beban gempa					√
10	Gesekan			√	√	

Sumber : RSNI T-02-2005, 2005.

3.2.2 Rekapitulasi Kombinasi Beban Kerja

Tabel 3.2 Rekapitulasi Kombinasi Beban Kerja Pada Abutment

No	Kombinasi Beban	K	P	Tx	Ty	Mv	Mhx	Mhy
			(ton.m)	(ton.m)	(ton.m)	(ton.m)	(ton.m)	(ton.m)
1	Kombinasi 1	0%	5030,76	1654,12	0,00	-24936,96	7714,63	0,00
2	Kombinasi 2	25%	5035,12	1663,37	9,668	-24954,16	7843,67	131,46
3	Kombinasi 3	40%	5035,12	1663,37	9,668	-24954,16	10243,15	131,46
4	Kombinasi 4	40%	5035,12	1878,825	9,668	-24954,16	10256,758	131,46
5	Kombinasi 5	50%	4627,84	2612,06	951,997	-23345,43	15260,22	7670,46

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

3.2.3 Stabilitas Abutment

a. Kontrol Stabilitas Terhadap Guling

$$SF = \frac{\sum Mv \times (1+k)}{\sum Mh} \geq 2,2 \text{ (Ok), dimana } k = \text{faktor tegangan kerja berlebih}$$

Kontrol Stabilitas Guling Arah x

Tabel 3.3 Kontrol Stabilitas Guling Arah x

No	Kombinasi Beban	$\sum Mv \times (1+k) / Mhx$	Safety Factor	Keterangan
1	Kombinasi 1	3,232	$\geq 2,2$	Ok
2	Kombinasi 2	3,976	$\geq 2,2$	Ok
3	Kombinasi 3	3,410	$\geq 2,2$	Ok
4	Kombinasi 4	3,406	$\geq 2,2$	Ok
5	Kombinasi 5	2,294	$\geq 2,2$	Ok

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

Kontrol Stabilitas Guling Arah y

Tabel 3.4 Kontrol Stabilitas Guling Arah y

No	Kombinasi Beban	$\sum Mv^*(1+k)/Mhy$	Safety Factor	Keterangan
1	Kombinasi 1	-	-	-
2	Kombinasi 2	237,279	$\geq 2,2$	Ok
3	Kombinasi 3	265,753	$\geq 2,2$	Ok
4	Kombinasi 4	265,753	$\geq 2,2$	Ok
5	Kombinasi 5	4,565	$\geq 2,2$	Ok

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

b. Kontrol Stabilitas Terhadap Geser

$$SF = \frac{(c \times A) + (\sum v \times \tan \phi)}{\sum h} \geq 1,1 \text{ (Ok), dimana } c = \text{kohesi tanah (kg/cm}^2\text{)}$$

$$A = \text{Luas penampang pile cap (m}^2\text{)}$$

Kontrol Stabilitas Geser Arah x

Tabel 3.5 Kontrol Stabilitas Geser Arah x

No	Kombinasi Beban	$[(C \times A) + (\sum v \times \tan \phi) \times (1+k)] / \sum h$	Safety Factor	Keterangan
1	Kombinasi 1	1,567	$\geq 1,1$	Ok
2	Kombinasi 2	1,949	$\geq 1,1$	Ok
3	Kombinasi 3	2,183	$\geq 1,1$	Ok
4	Kombinasi 4	1,932	$\geq 1,1$	Ok
5	Kombinasi 5	1,382	$\geq 1,1$	Ok

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

Kontrol Stabilitas Geser Arah y

Tabel 3.6 Kontrol Stabilitas Geser Arah y

No	Kombinasi Beban	$[(C \times A) + (\sum v \times \tan \phi) \times (1+k)] / \sum h$	Safety Factor	Keterangan
1	Kombinasi 1	-	-	-
2	Kombinasi 2	335,295	$\geq 1,1$	Ok
3	Kombinasi 3	375,530	$\geq 1,1$	Ok
4	Kombinasi 4	375,530	$\geq 1,1$	Ok
5	Kombinasi 5	3,791	$\geq 1,1$	Ok

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

3.2.4 Daya Dukung Izin Aksial Pondasi Bored Pile

A. Berdasarkan Kekuatan Bahan

Kuat tekan beton, $f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$
 Tegangan izin beton, $f_c = 0,3 \times f_c' \times 100 = 0,3 \times 24,9 \times 1000 = 747 \text{ t/m}^2$
 Luas penampang bored pile, $A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (1,2)^2 = 1,1304$
 Berat bored pile $= A \times L \times W_c = 1,1304 \times 16 \times 2,4 = 43,4 \text{ ton}$
 Daya dukung izin bored pile, $P_{all} = A \times f_c - W = 1,1304 \times 747 - 43,4 = 801 \text{ to}$

B. Berdasarkan Data Laboratorium

Menurut Terzaghi dan Thomlinson daya dukung pondasi dapat dicari dengan pendekatan rumus :

$$Q_{ult} = 1,3 \times C \times N_c + \gamma \times D_f \times N_q + 0,6 \times \gamma \times R \times N_y$$

Menurut Thomlinson faktor daya dukung dapat dicari dengan :

$$N_c = (228 + 4,3 \times \phi) / (40 - \phi) = (228 + 4,3 \times 24,74) / (40 - 24,74) = 21,91$$

$$N_q = (40 + 5 \times \phi) / (40 - \phi) = (40 + 5 \times 24,74) / (40 - 24,74) = 10,73$$

$$N_y = (6 \times \phi) / (40 - \phi) = (6 \times 24,74) / (40 - 24,74) = 9,73$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } q_{ult} &= 1,3 \times C \times N_c + \gamma \times D_f \times N_q + 0,6 \times \gamma \times R \times N_y \\ &= 1,3 \times 0,789 \times 21,91 + 2,669 \times 16 \times 10,73 + 0,6 \times 0,6 \times 9,73 = 484,19 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Safety Factor} = 2,5$$

$$\text{Pall} = \frac{A \times q_{ult}}{SF} = \frac{1,1304 \times 484,19}{2,5} = 218,93 \text{ ton}$$

C. Berdasarkan Pengujian SPT Menurut Mayerhoff

$$\text{Nilai SPT hasil pengujian, } N = 60$$

$$\text{Nilai SPT terkoreksi, } N' = 15 + \frac{1}{2} \times (N - 15) = 15 + \frac{1}{2} \times (60 - 15) = 37,5$$

$$Q_{ult} = 40 \times N' = 40 \times 37,5 = 1500 \text{ ton}$$

$$\text{Safety Factor} = 2,5$$

$$\text{Pall} = \frac{A \times q_{ult}}{SF} = \frac{1,1304 \times 1500}{2,5} = 678,24 \text{ ton}$$

3.3 Analisa Beban Pilar

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Berat sendiri struktur bawah | 6. Gaya rem dan traksi |
| 2. Berat sendiri struktur atas | 7. Beban angin |
| 3. Beban mati tambahan | 8. Aliran air, benda hanyutan dan tumbukan |
| 4. Beban lajur "D" | 9. Beban gempa |
| 5. Beban pedestrian atau pejalan kaki | 10. Tekanan air akibat gempa |

3.3.1 Kombinasi Beban Kerja

Tabel 3.7 Kombinasi Beban Kerja Pada Pilar

No	Beban	Kombinasi 1	Kombinasi 2	Kombinasi 3	Kombinasi 4
1	Berat sendiri	√	√	√	√
2	Beban mati tambahan	√	√	√	√
3	Beban lajur "D"	√	√	√	
4	Beban pedestrian	√	√	√	
5	Gaya rem			√	
6	Aliran air			√	
7	Hanyutan/Tumbukan		√	√	
8	Beban angin		√	√	
9	Beban gempa				√
10	Tekanan angin gempa				√

Sumber : RSNI T-02-2005, 2005.

3.3.2 Rekapitulasi Kombinasi Beban Kerja

Tabel 3.8 Rekapitulasi Kombinasi Beban Kerja Pada Pilar

No	Kombinasi beban	k	Vertikal	Horizontal		Momen	
			P (ton)	Tx (ton)	Ty (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
1	Kombinasi 1	0%	8878,56				
2	Kombinasi 2	25%	8890,16	26,8	130,14	313,56	1195,64
3	Kombinasi 3	40%	8890,16	96,4	159,14	1535,98	1311,54
4	Kombinasi 4	50%	7959	1685,179	1681,289	24134,205	24121,575

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

3.3.3 Stabilitas Pilar

a. Kontrol Stabilitas Terhadap Guling

Kontrol Stabilitas Guling Arah x

Letak titik guling A terhadap pusat pondasi = $\frac{Bx}{2} = \frac{17,4}{2} = 8,7$ m

Momen penahan guling, $M_p = P \times (Bx/2) \times (1 + k)$

dimana, P = Beban aksial (ton)
 Bx = Lebar *pile cap* (m²)
 SF = *Safety factor*

Angka aman terhadap guling, $SF = \frac{M_{px}}{M_x} \geq 2,2$ (Ok)

Tabel 3.9 Kontrol Stabilitas Guling Arah Memanjang Jembatan

No	Kombinasi beban	k	P (ton)	Mx (ton.m)	Mpx (ton.m)	SF	Keterangan
1	Kombinasi 1	0%	8878,56	0	77243,47	0	-
2	Kombinasi 2	25%	8890,16	313,56	96680,49	308,3	≥ 2,2 ok
3	Kombinasi 3	40%	8890,16	1535,98	108282,1	70,5	≥ 2,2 ok
4	Kombinasi 4	50%	7959	24134,21	103865	4,3	≥ 2,2 ok

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

Kontrol Stabilitas Guling Arah y

Letak titik guling A terhadap pusat pondasi = $\frac{By}{2} = \frac{23,4}{2} = 11,7$ m

Momen penahan guling, $M_p = P \times (By/2) \times (1 + k)$

Angka aman terhadap guling, $SF = \frac{M_{py}}{M_y} \geq 2,2$ (Ok)

Tabel 3.10 Kontrol Stabilitas Guling Arah Melintang Jembatan

No	Kombinasi beban	k	P (ton)	My (ton.m)	Mpy (ton.m)	SF	Keterangan
1	Kombinasi 1	0%	8878,56	0	103879,2	0	-
2	Kombinasi 2	25%	8890,16	1195,64	130018,6	108,7	≥ 2,2 ok
3	Kombinasi 3	40%	8890,16	1311,54	145620,8	111,0	≥ 2,2 ok
4	Kombinasi 4	50%	7959	24121,58	139680,5	5,8	≥ 2,2 ok

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

b. Kontrol Stabilitas Terhadap Geser

Kontrol Stabilitas Geser Arah x

Parameter tanah dasar Pile cap :

Sudut gesek dalam, $\phi = 4,854^\circ$

Kohesi, c = 1,32 t/m²

Gaya penahan geser, H = (C x Bx x By + P x tan ϕ) x (1 + k)

Angka aman terhadap geser, $SF = \frac{H}{T_x} \geq 1,1$ (Ok)

Tabel 3.11 Kontrol Stabilitas Geser Arah Memanjang Jembatan

No	Kombinasi beban	k	P (ton)	Tx (ton)	H (ton)	SF	Keterangan
1	Kombinasi 1	0%	8878,56	0	1291,048	0	-
2	Kombinasi 2	25%	8890,16	26,8	1615,041	60,3	≥ 1,1 ok
3	Kombinasi 3	40%	8890,16	96,4	1808,846	18,8	≥ 1,1 ok
4	Kombinasi 4	50%	7959	1685,179	1819,496	1,1	≥ 1,1 ok

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

Kontrol Stabilitas Geser Arah y

Angka aman terhadap geser, $SF = \frac{H}{T_y} \geq 1,1$ (Ok)

Tabel 3.12 Kontrol Stabilitas Geser Arah Melintang Jembatan

No	Kombinasi beban	k	P (ton)	T _y (ton)	H (ton)	SF	Keterangan
1	Kombinasi 1	0%	8878,56	0	1291,048	0	-
2	Kombinasi 2	25%	8890,16	130,14	1615,041	12,4	≥ 1,1 ok
3	Kombinasi 3	40%	8890,16	159,14	1808,846	11,4	≥ 1,1 ok
4	Kombinasi 4	50%	7959	1681,289	1819,496	1,1	≥ 1,1 ok

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

3.3.4 Rekap Kombinasi Beban Ultimate

a. Beban Ultimate *Pile Cap*

Tabel 3.13 Rekapitulasi Kombinasi Beban Ultimate Pada *Pile Cap*

No	Kombinasi beban	P _u (ton)	T _{ux} (ton)	T _{uy} (ton)	M _{ux} (ton.m)	M _{uy} (ton.m)
1	Kombinasi 1	12327,74	102,88	121,2	2110,996	576,8
2	Kombinasi 2	12184,2	107,04	45,528	2375,568	881,688
3	Kombinasi 3	12341,66	60,16	166,728	487,972	1458,488
4	Kombinasi 4	12341,66	135,04	166,728	2487,268	1458,488
5	Kombinasi 5	10672,54	1685,179	1681,289	24134,205	24121,575

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

b. Beban Ultimate *Pier Wall*

Tabel 3.14 Rekapitulasi Kombinasi Beban Ultimate Pada *Pile Cap*

No	Kombinasi beban	P _u (ton)	T _{ux} (ton)	T _{uy} (ton)	M _{ux} (ton.m)	M _{uy} (ton.m)
1	Kombinasi 1	9151,896	102,88	121,2	1853,996	273,9
2	Kombinasi 2	9008,352	107,04	45,528	2107,968	767,874
3	Kombinasi 3	9165,816	60,16	166,728	337,772	1041,774
4	Kombinasi 4	9165,816	135,04	166,728	2149,868	1041,774
5	Kombinasi 5	7496,688	1685,179	1681,289	19921,265	19918,35

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

3.3.5 Daya Dukung Izin Aksial Pondasi *Bored Pile*

A. Berdasarkan Kekuatan Bahan

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton, } f_c' &= 24,9 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan izin beton, } f_c &= 0,3 \times f_c' \times 100 = 0,3 \times 24,9 \times 1000 = 747 \text{ t/m}^2 \\ \text{Luas penampang } \textit{bored pile}, A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (1,2)^2 = 1,1304 \\ \text{Berat } \textit{bored pile} &= A \times L \times W_c = 1,1304 \times 15 \times 2,4 = 40,69 \text{ ton} \\ \text{Daya dukung izin } \textit{bored pile}, P_{all} &= A \times f_c - W = 1,1304 \times 747 - 40,69 = 803,72 \text{ ton} \end{aligned}$$

B. Berdasarkan Data Laboratorium

Menurut Terzaghi dan Thomlinson daya dukung pondasi dapat dicari dengan pendekatan rumus :

$$Q_{ult} = 1,3 \times C \times N_c + \gamma \times D_f \times N_q + 0,6 \times \gamma \times R \times N_y$$

Menurut Thomlinson faktor daya dukung dapat dicari dengan :

$$N_c = (228 + 4,3 \times \phi) / (40 - \phi) = (228 + 4,3 \times 26,0568) / (40 - 26,0568) = 24,39$$

$$N_q = (40 + 5 \times \phi) / (40 - \phi) = (40 + 5 \times 26,0568) / (40 - 26,0568) = 12,21$$

$$N_y = (6 \times \phi) / (40 - \phi) = (6 \times 26,0568) / (40 - 26,0568) = 11,21$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, qult} &= 1,3 \times C \times N_c + \gamma \times D_f \times N_q + 0,6 \times \gamma \times R \times N_y \\ &= 1,3 \times 0,0277 \times 24,39 + 2,720 \times 15 \times 12,21 + 0,6 \times 0,6 \times 11,21 = 503,08 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Safety Factor} = 2,5$$

$$\text{Pall} = \frac{A \times \text{qult}}{SF} = \frac{1,1304 \times 503,08}{2,5} = 227,47 \text{ ton}$$

C. Berdasarkan Pengujian SPT Menurut Mayerhoff

Nilai SPT hasil pengujian, $N = 60$

$$\begin{aligned} \text{Nilai SPT terkoreksi, } N' &= 15 + \frac{1}{2} \times (N - 15) \\ &= 15 + \frac{1}{2} \times (60 - 15) = 37,5 \end{aligned}$$

$$\text{Qult} = 40 \times N' = 40 \times 37,5 = 1500 \text{ ton}$$

$$\text{Safety Factor} = 2,5$$

$$\text{Pall} = \frac{A \times \text{qult}}{SF} = \frac{1,1304 \times 1500}{2,5} = 678,24 \text{ ton}$$

3.3.6 Penulangan *Pile Cap*

a. Tulangan lentur *pile cap arah x*

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right] = \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,80}{0,85 \times 24,9}} \right] \\ &= 0,0529125 \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{1,60}{21,165}} \right] = 0,0529125 \times (1 - 0,961459045) = 0,002039 \end{aligned}$$

Dicoba dengan nilai p_{min} teoritis,

$$\text{Rasio tulangan minimum, } p_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ (SKSNI T15-1991-03)}$$

$$\text{Rasio tulangan yang digunakan, } \rho = 0,0035$$

$$\text{Luas tulangan yang diperlukan, } A_s = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 1000 \times 2400 = 8400 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D32 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \frac{\sqrt[3]{4 \times D^2 \times b}}{A_s} = \frac{\sqrt[3]{4 \times (32^2) \times 1000}}{8400} = 95,69 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D32 – 75 mm

$$A_s = \frac{\sqrt[3]{4 \times D^2 \times b}}{s} = \frac{\sqrt[3]{4 \times (32^2) \times 1000}}{75} = 10718 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan susut diambil 50% dari tulangan pokok, sehingga :

$$A_s' = 50\% \times A_s = 50\% \times 8400 = 4200 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D25 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \frac{\sqrt[3]{4 \times D^2 \times b}}{A_s} = \frac{\sqrt[3]{4 \times (25^2) \times 1000}}{4200} = 116,82 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D25 – 100

$$A_s' = \frac{\sqrt[3]{4 \times D^2 \times b}}{s} = \frac{\sqrt[3]{4 \times (25^2) \times 1000}}{100} = 4907 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan nilai p_{min} praktis,

$$\text{Rasio tulangan minimum, } p_{min} = 0,0018 \text{ (SKSNI T15-1991-03)}$$

$$\text{Rasio tulangan yang digunakan, } \rho = 0,002039$$

$$\text{Luas tulangan yang diperlukan, } A_s = \rho \times b \times d = 0,002039 \times 1000 \times 2400 = 4894 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D32 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \frac{\sqrt[3]{4 \times D^2 \times b}}{A_s} = \frac{\sqrt[3]{4 \times (32^2) \times 1000}}{4894} = 164,25 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D32 – 150 mm

$$A_s = \frac{\sqrt[3]{4 \times D^2 \times b}}{s} = \frac{\sqrt[3]{4 \times (32^2) \times 1000}}{150} = 5359 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan susut diambil 50% dari tulangan pokok, sehingga :

$$As' = 50\% \times As = 50\% \times 4894 = 2447 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D25 mm

$$\text{Jarak tulangan yang diperlukan, } s = \frac{3,14}{4} \times D^2 \times b / As = \frac{3,14}{4} \times (25^2) \times 1000 / 2447 = 200,5 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan tulangan D25 – 150, } As' = \frac{3,14}{4} \times D^2 \times b / s = \frac{3,14}{4} \times (25^2) \times 1000 / 150 = 3271 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan geser arah x

$$\text{Gaya geser ultimit, } Vu = 179,37 \text{ ton} \sim 1793700 \text{ N}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser, } \phi = 0,60$$

Kapasitas geser ultimit,

$$Vucmax = 0,5 \times \phi \times (\sqrt{fc'}) \times b \times d = 0,5 \times 0,60 \times (\sqrt{24,9}) \times 1000 \times 2400 = 3592792,786 \text{ N}$$

$Vu < Vucmax$ (dimensi aman terhadap geser)

$$Vc = \frac{1}{6} \times (\sqrt{fc'}) \times b \times d = \frac{1}{6} \times (\sqrt{24,9}) \times 1000 \times 2400 = 1995995,99 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 1197597,595 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh beton,

$Vu > \phi Vc$ (perlu tulangan geser)

$$\phi Vs = Vu - \phi Vc = 1793700 - 1197597,595 = 596102,4 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser,

$$Vs = \frac{596102,4}{0,6} = 993504 \text{ N}$$

Diameter tulangan yang digunakan D13 ambil jarak $y = 350 \text{ mm}$

$$\text{Luas tulangan geser, } Av = \frac{3,14}{4} \times D^2 \times b / Sy = \frac{3,14}{4} \times (13^2) \times 1000 / 350 = 379,04 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan (arah x)

$$Sx = Av \times fy \times d / Vs = 379,04 \times 400 \times 2400 / 993504 = 366,26 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan arah, $x = 300 \text{ mm}$, $y = 350 \text{ mm}$

$$\text{Faktor beban ultimit} = 1,3$$

$$\text{Momen ultimit akibat berat } pile \text{ cap, } Mus = K \times Ms = 1,3 \times 645 = 838,5 \text{ ton.m}$$

$$\text{Gaya geser ultimit akibat berat } pile \text{ cap, } Vus = K \times Vs = 1,3 \times 367 = 477,1 \text{ ton}$$

a. Tulangan lentur *pile cap* arah y

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \times fc'}{fy} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times fc'}} \right] = \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,41}{0,85 \times 24,9}} \right] \\ &= 0,0529125 \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{0,83}{21,165}} \right] = 0,0529125 \times (1 - 0,980243339) = 0,001045 \end{aligned}$$

Dicoba dengan nilai p_{min} teoritis,

$$\text{Rasio tulangan minimum, } p_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ (SKSNI T15-1991-03)}$$

$$\text{Rasio tulangan yang digunakan, } \rho = 0,0035$$

$$\text{Luas tulangan yang diperlukan, } As = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 1000 \times 2400 = 8400 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D32 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \frac{3,14}{4} \times D^2 \times b / As = \frac{3,14}{4} \times (32^2) \times 1000 / 8400 = 95,69 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D32 – 75 mm

$$As = \frac{3,14}{4} \times D^2 \times b / s = \frac{3,14}{4} \times (32^2) \times 1000 / 75 = 10718 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan susut diambil 50% dari tulangan pokok, sehingga :

$$As' = 50\% \times As = 50\% \times 8400 = 4200 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D25 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \sqrt[4]{\frac{J}{4 \times D^2 \times b} \times \frac{b}{A_s}} = \frac{3,14}{4} \times (25^2) \times 1000 / 4200 = 116,82 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D25 – 100

$$A_s' = \sqrt[4]{\frac{J}{4 \times D^2 \times b} \times \frac{b}{s}} = \frac{3,14}{4} \times (25^2) \times 1000 / 100 = 4907 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan ρ_{min} praktis,

$$\text{Rasio tulangan minimum, } \rho_{min} = 0,0018 \text{ (SKSNI T15-1991-03)}$$

Karena nilai ρ tidak memenuhi persyaratan $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$, maka rasio tulangan yang digunakan adalah ρ_{min} .

$$\text{Rasio tulangan yang digunakan, } \rho = 0,0018$$

$$\text{Luas tulangan yang diperlukan, } A_s = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 2400 = 4320 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D32 mm

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \sqrt[4]{\frac{J}{4 \times D^2 \times b} \times \frac{b}{A_s}} = \frac{3,14}{4} \times (32^2) \times 1000 / 4320 = 186,07 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D32 – 150 mm

$$A_s = \sqrt[4]{\frac{J}{4 \times D^2 \times b} \times \frac{b}{s}} = \frac{3,14}{4} \times (32^2) \times 1000 / 175 = 5359 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan susut diambil 50% dari tulangan pokok, sehingga :

$$A_s' = 50\% \times A_s = 50\% \times 4320 = 2160 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D25 mm

$$\text{Jarak tulangan yang diperlukan, } s = \sqrt[4]{\frac{J}{4 \times D^2 \times b} \times \frac{b}{A_s}} = \frac{3,14}{4} \times (25^2) \times 1000 / 2160 = 227,14 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan tulangan D25-200, } A_s' = \sqrt[4]{\frac{J}{4 \times D^2 \times b} \times \frac{b}{s}} = \frac{3,14}{4} \times (25^2) \times 1000 / 200 = 2454 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan geser *pile cap* arah y

$$\text{Gaya geser ultimit, } V_u = 75,81 \text{ ton} \sim 758100 \text{ N}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser, } \phi = 0,60$$

Kapasitas geser ultimit,

$$V_{ucmax} = 0,5 \times \phi \times (\sqrt{f'c'}) \times b \times d = 0,5 \times 0,60 \times (\sqrt{24,9}) \times 1000 \times 2400 = 3592792,786 \text{ N}$$

$V_u < V_{ucmax}$ (dimensi aman terhadap geser)

$$V_c = \frac{1}{6} \times (\sqrt{f'c'}) \times b \times d = \frac{1}{6} \times (\sqrt{24,9}) \times 1000 \times 2400 = 1995995,99 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 1197597,595 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh beton,

$$V_u < \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 1793700 - 1197597,595 = 596102,4 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser,

$$V_s = V_u = 758100 \text{ N}$$

Diameter tulangan yang digunakan D16 ambil jarak $y = 400 \text{ mm}$

$$\text{Luas tulangan geser, } A_v = \frac{J}{4} \times D^2 \times b / S_y = \frac{3,14}{4} \times (16^2) \times 1000 / 400 = 331,66 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan

$$S_x = A_v \times f_y \times d / V_s = 331,66 \times 400 \times 2400 / 758100 = 419,99 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan arah, $x = 400 \text{ mm}$, $y = 400 \text{ mm}$

3.3.7 Penulangan *Pier Wall*

Tinggi kolom <i>pier</i>	Lc	= Lc	= 18,4 m
Inersia penampang	Ic	= 1/12 x Be x h ³ = 1/12 x 21,6 x 1,8 ³	= 10,5 m ⁴
Luas penampang	Ac	= Be x h = 21,6 x 1,8	= 38,88 m ²
Jari – jari inersia penampang	R	= $\sqrt{\frac{Ic}{Ac}} = \sqrt{\frac{10,5}{38,88}}$	= 0,52
Faktor panjang tekuk	k		= 0,85
Angka kelangsingan		= k x Lc/r = 2 x 18,4 / 0,52	= 70,77

Dari hasil analisis didapat nilai angka kelangsingan $70,77 > 22$ dengan asumsi bahwa kekakuan yang terjadi bersifat jepit-sendi, maka pengaruh *buckling* tidak dapat diabaikan. Untuk menambah keamanan, pengaruh *buckling* diperhitungkan dengan cara pembesaran momen pada *column pier*.

$$DL_{ultimate} = PMS + PMA = 6565,728 + 930,96 = 7496,69 \text{ ton}$$

$$LL_{ultimate} = PTD + PTP = 1497,744 + 157,464 = 1555,21 \text{ ton}$$

Nilai perbandingan beban mati *ultimate* terhadap beban tetap *ultimate* :

$$\beta_d = \frac{DL}{DL+LL} = \frac{7496,69}{7496,69+1555,21} = 0,83$$

Kekakuan lentur pilar,

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{41,5} = 30277,63 \text{ Mpa} \sim 3027763,2 \text{ t/m}^2$$

$$EI = (0,4 \times E_c \times I_c) / (1 + \beta_d) = (0,4 \times 3027763,2 \times 10,5) / (1 + 0,83) \\ = 12716605 / 1,83 = 6948964,72 \text{ t/m}^2$$

Beban aksial kritis,

$$P_o = \pi^2 \times EI / (K \times L_c)^2 = (3,14^2 \times 6948964,72) / (2 \times 18,4)^2 = 50592,2 \text{ ton}$$

Faktor perbesaran momen,

$$\delta_s = 1 / [1 - P_u / (0,75 \times P_o)] = 1 / [1 - (9151,9 / (0,75 \times 50592,2))] = 1,5$$

Diambil faktor pembesaran momen sebesar 1,5

Momen *ultimate* yang diperbesar, $M_u = \delta_s \times M_{ux}$

Tabel 3.15 Momen Ultimate Pada Pilar

No	Kombinasi beban	Pu (ton)	Mux (ton.m)	Mu (ton.m)
1	Kombinasi 1	9151,896	1853,996	2780,9
2	Kombinasi 2	9008,352	2107,968	3161,9
3	Kombinasi 3	9165,816	337,772	633,32
4	Kombinasi 4	9165,816	2149,868	4031
5	Kombinasi 5	7496,688	19921,265	29881,89

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

➤ Tulangan Lentur

Diambil perhitungan tulangan per kolom dengan dimensi :

$$b = 1800 \text{ mm}, h = 5400 \text{ mm}$$

Dengan nilai Pu diambil paling besar,

$$P_u = 9165,816 / 4 = 2291,45 \text{ t} \sim 22914540 \text{ N}$$

$$A_{gr} = 5400 \times 1800 = 9720000 \text{ mm}^2, 0,01A_{gr} = 0,01 \times 9720000 = 97200 \text{ mm}^2$$

Asumsi,

$$d' = 100 \text{ mm}, e = 3260 \text{ mm}$$

$$d = 5400 - 100 = 5300 \text{ mm}, f_c' = 41,5 \text{ Mpa}$$

Dengan : $P_u > 0,1 \phi = 0,65$, $P_u = 0 \phi = 0,8$

Kontrol P_u terhadap ϕP_b :

$$\epsilon_y = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$c_b = \frac{0,003}{0,003+0,002} \times 5300 = 3180 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta \times c_b = 0,85 \times 3180 = 2703 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{\epsilon_c' \times E_s \times (c_b - d')}{c_b} = \frac{0,003 \times 200000 \times (3180 - 100)}{3180} = 581,13$$

$581,13 > f_y = 400 \text{ MPa}$ (A_s' leleh, $f_s' = f_y$)

$$P_b = 0,85 \times f_c' \times a_b \times b = 0,85 \times 41,5 \times 2703 \times 1800 = 171626985 \text{ N}$$

$$\phi P_b = 0,65 \times 171626985 = 111557540,3 \text{ N} > 22914540 \text{ N}$$

Jadi kehancuran diawali lelehnya tulangan tarik (kontrol tarik)

Jika dicoba $A_s = 60000 \text{ mm}^2$, maka :

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \left\{ \left(\frac{h}{2} - e \right) \right\} + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - d')^2}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}}$$

$$\phi P_n = P_u$$

$$\phi P_n = \phi \left[0,85 \cdot f_c' \cdot b \left\{ \left(\frac{h}{2} - e \right) \right\} + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - d')^2}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \right]$$

$$22914540 \text{ N} = 0,65 \left[0,85 \cdot 41,5 \cdot 1800 \left\{ \left(\frac{5400}{2} - 3260 \right) \right\} \right.$$

$$\left. + \sqrt{\left(\frac{5400}{2} - 3260 \right)^2 + \frac{2 \cdot 60000 \cdot 400 \cdot (5300 - 100)^2}{0,85 \cdot 41,5 \cdot 1800}} \right]$$

$$22914540 \text{ N} = 0,65 \left[63495 \times (-560) + \sqrt{31360 + 20441294000} \right]$$

$$22914540 \text{ N} = 0,65 \left[-35414226,8 \right]$$

$$22914540 \text{ N} = 23019247,45 \text{ N}$$

$$2,29 \times 10^7 \text{ N} = 2,3 \times 10^7 \text{ N}$$

$$A_s = A_s' = 60000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jadi } A_s \text{ total} = A_s + A_s' = 2 \times 60000 = 120000 \text{ mm}^2$$

Dimensi tulangan yang dipakai dilapangan menggunakan D32 dengan jumlah 154 buah. Maka, luas tulangan :

$$D32 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (32)^2 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dapat diketahui } A_s \text{ total lapangan} = 154 \times 803,84 \text{ mm}^2 = 123791,36 \text{ mm}^2$$

➤ Tulangan Geser *Column Pier* Arah Memanjang Jembatan

Gaya aksial ultimate rencana,

$$P_u = 9165,816 \text{ t} \quad f_c' = 41,5 \text{ Mpa} \quad h = 1800 \text{ mm}$$

$$M_u = 29881,89 \text{ tm} \quad \phi = 0,65 \quad A_s = 120000 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa} \quad L_c = 18,4 \text{ m} = 18400 \text{ mm} \quad d' = 100 \text{ mm}$$

$$V_u = M_u/L = (29881,89/4)/18,4 = 406 \text{ t} \sim 4060000 \text{ N}$$

Gaya geser ultimate akibat gaya lateral

$$V_u < T_x = (1685,179/4) = 421,29 \text{ t} \sim 4212947,5 \text{ N}$$

$$\text{Maka ambil gaya geser } V_u = T_x = 4212947,5 \text{ N}$$

$$d = h - d' = 5400 - 100 = 5300 \text{ mm}$$

$$V_{cmax} = 0,2 \times f_c' \times b \times d = 0,2 \times 41,5 \times 1800 \times 5300 = 76194000 \text{ N}$$

$$\phi V_{cmax} = 76194000 \text{ N} > V_u = 4212947,5 \text{ N} \text{ (OK)}$$

$$\beta_1 = 1,4 \times 1700 / 2000 = 1,19$$

$$\beta_2 = 1 + P_u / (14 \times f_c' \times b \times h) = 1 + 18741700 / (14 \times 41,5 \times 5400 \times 1800) = 0,004$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b \times d [A_s \times f_c' / (b \times d)]^{1/3}$$

$$= 1,19 \times 0,004 \times 1 \times 5400 \times 1700 [120000 \times 41,5 / (5400 \times 1700)]^{1/3}$$

$$V_c = 29401,25 + 0,6 \times \sqrt{41,5} \times 1800 \times 1700 = 11857003,88 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,65 \times 11857003,88 = 7707052,5 \text{ N} > V_u$$

$\phi V_c > V_u$ (maka hanya perlu tulangan geser minimum)

Gaya geser yang dipikul oleh tulangan geser, $V_u = 4212947,5$ N

Untuk tulangan geser digunakan tulang 13 D 16

Luas tulangan geser, $A_{sv} = n \times \pi/4 \times D^2 = 13 \times 3,14/4 \times (16^2) = 2612,48$ mm²

Jarak tulangan geser yang diperlukan,

$s = A_{sv} \times f_y \times d/V_u = (2612,48 \times 400 \times 1700)/4212947,5 = 421,67$ mm

Diambil tulangan geser 13 D 16 – 300

Tinggi kolom <i>pier</i>	$L_c = L_c$	= 18,4 m
Inersia penampang	$I_c = 1/12 \times B e^3 \times h$ $= 1/12 \times 21,6^3 \times 1,8$	= 1511,65 m ⁴
Luas penampang	$A_c = B e \times h = 21,6 \times 1,8$	= 38,88 m ²
Jari – jari inersia penampang	$R = \sqrt{\frac{I_c}{A_c}} = \sqrt{\frac{1511,65}{38,88}}$	= 38,88
Faktor panjang tekuk	K	= 0,85
Angka kelangsingan	$= k \times L_c/r$ $= 2 \times 18,4 / 38,88$	= 0,95

Dari hasil analisis didapat nilai angka kelangsingan $0,95 < 22$, maka pengaruh *buckling* dapat diabaikan. Maka luas tulangan *column pier* arah melintang tidak diperhitungkan karena dianggap hasil luas penulangan arah memanjang masih cukup untuk mendukung beban ultimate *column pier* arah melintang jembatan.

➤ Tulangan Geser *Column Pier* Arah Melintang Jembatan

Gaya aksial ultimate rencana,

$$\begin{array}{llll} P_u & = 9165,816 \text{ t} & f_c' & = 41,5 \text{ Mpa} & h & = 5400 \text{ mm} \\ M_u & = 29877,53 \text{ tm} & \phi & = 0,65 & A_s & = 120000 \text{ mm}^2 \\ f_y & = 400 \text{ Mpa} & L_c & = 18,4 \text{ m} = 18400 \text{ mm} & d' & = 100 \text{ mm} \end{array}$$

$V_u = M_u/L = (29877,53/4)/18,4 = 405,94 \text{ t} \sim 4059446,33 \text{ N}$

Gaya geser ultimate akibat gaya lateral

$V_u < T_y = (1681,289/4) = 420,32 \text{ t} \sim 4203200 \text{ N}$

Maka ambil gaya geser $V_u = T_y = 4203200 \text{ N}$

$d = h - d' = 5400 - 100 = 5300 \text{ mm}$

$V_{cmax} = 0,2 \times f_c' \times b \times d = 0,2 \times 41,5 \times 5400 \times 5300 = 237546000 \text{ N}$

$\phi V_{cmax} = 237546000 \text{ N} > V_u = 4203200 \text{ N}$ (OK)

$\beta_1 = 1,4 \times 5300 / 2000 = 3,71$

$\beta_2 = 1 + P_u / (14 \times f_c' \times b \times h) = 1 + 22914540 / (14 \times 41,5 \times 5400 \times 1800) = 0,004$

$\beta_3 = 1$

$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b \times d [A_s \times f_c' / (b \times d)]^{1/3}$
 $= 3,71 \times 0,004 \times 1 \times 5400 \times 5300 [120000 \times 41,5 / (5400 \times 5300)]^{1/3} = 238499,9 \text{ N}$

$V_c = 238499,9 + 0,6 \times \sqrt{41,5} \times 1800 \times 5300 = 37112790,46 \text{ N}$

$\phi V_c = 0,65 \times 37112790,46 = 24123313,8 \text{ N} > V_u$

$\phi V_c > V_u$ (maka hanya perlu tulangan geser minimum)

Gaya geser yang dipikul oleh tulangan geser, $V_u = 4203200 \text{ N}$

Untuk tulangan geser digunakan tulang 2 D 16

Luas tulangan geser, $A_{sv} = 2 \times \pi/4 \times D^2 = 2 \times 3,14/4 \times (16^2) = 401,92$ mm²

Jarak tulangan geser yang diperlukan,

$s = A_{sv} \times f_y \times d/V_u = (401,92 \times 400 \times 5300)/4212947,5 = 202 \text{ mm}$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data – data yang didapat dan beberapa asumsi yang dipakai dalam analisa struktur bawah Jembatan 4 Kota Baru Parahyangan didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Dimensi struktur abutment dan *pier* Jembatan 4 Kota Baru Parahyangan aman terhadap stabilitas guling dan geser.
2. Setelah kontrol stabilitas, didapat bahwa struktur abutment dan *pier* Jembatan 4 Kota Baru Parahyangan telah memenuhi syarat terhadap stabilitas guling $\geq 2,2$ dan stabilitas geser $\geq 1,1$ (aman).
3. Analisa terhadap kekuatan pilar diketahui bahwa angka kelangsingan > 22 yang artinya bahwa pengaruh tekuk tidak bisa di abaikan. Oleh karena itu diharuskannya melakukan perhitungan pembesaran momen pada *column pier*.
4. Kebutuhan tulangan :

Tabel 4.1 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan

No	Struktur	Tulangan	Analitis	Lapangan
1	<i>Pile Cap</i>	Lentur x	D32-150	D32-150
		Lentur y	D32-150	D32-150
		Susut x	D25-150	D25-150
		Susut y	D25-200	D25-150
		Geres x	D13-350	D13-300
		Geser y	D13-400	D13-300
2	<i>Pier Wall</i>	Lentur x	120000 mm ²	123791,36 mm ²
		Geser x	13D16-300	13D16-200
		Geser y	2D16-200	2D16-200

Sumber : Analisa Pribadi, 2017

5. Dari hasil analisis didapat nilai daya dukung *bored pile* :
 - Berdasarkan kekuatan bahan sebesar 801 ton.
 - Laboratorium sebesar 218,93 ton.
 - Berdasarkan SPT Mayerhoft sebesar 678,24 ton.
 - Berdasarkan dilapangan sebesar 500 ton.

4.2 Saran

Pada Penelitian ini ada beberapa saran:

1. Perlu dilakukan perhitungan yang lebih komplit seperti seperti mnambahkan perhitungan tulangan *bored pile* dan tulangan struktur abutment.
2. Untuk lebih meningkatkan keakuratan perhitungan, diperlukan asupan data yang lengkap. Sehingga hasil yang didapat sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, F.Y (2010). Analisis Pondasi Tiang Bor Pada Proyek Jembatan Tambalan II Bantul. *Tugas Akhir*: Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
- Bowles, Joseph E (1999). Analisis Dan Desain Pondasi. Jakarta: Erlangga.
- Civeng, M. 2015. Ilmu Teknik Sipil Indonesia. [Online] Tersedia : <http://www.ilmutekniksipilindonesia.com/2015/04/artikel-jembatan-abutment-teknik-sipil.html>. [14 Oktober 2017].

- Dipohusodo, Istimawan (1994). Struktur Beton Bertulang. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Kusuma, G & Vis, W.C (1993). Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang. Jakarta : Erlangga.
- Makalah Penyelidikan Tanah Dengan Sondir, 2014. [Online] Tersedia : <https://tekniksipil006.wordpress.com/2014/10/12/makalahpenyelidikan-tanah-dengan-sondir/>. [17 Mei 2017].
- Penyelidikan tanah (Uji Sondir, *Deep Boring, Standart Penetration Test*), 2016 [Online] Tersedia : <http://www.ahliborsumur.com/2016/08/penyelidikan-tanah-uji-sondir-deep.html>. [17 Mei 2017].
- RSNI T-02-2005 (2005). Standar Pembebanan Untuk Jembatan.
- RSNI T-12-2004 (2004). Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan.
- Santoso, F (2009). Tinjauan Bangunan Bawah (Abutment) Jembatan Karang Kecamatan Karangpanda Kabupaten Karanganyar. *Tugas Akhir*: Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- [SNI 2827:2008 Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir](#).
- SNI 4153:2008 Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT.
- Sosrodarsono, S & Nakazawa, K (2000). Mekanika Tanah & Teknik Pondasi. Jakarta: Pradnya Paramita.