

# ANALISIS STRUKTUR BAWAH JEMBATAN DENGAN TIPE KOLOM TUNGGAL

Kartini Halief

Universitas Gunadarma, niehalief672@gmail.com

## ABSTRAK

*Jembatan merupakan infrastruktur penghubung antara satu daerah dengan daerah lainnya, sehingga peningkatan infrastruktur jembatan merupakan salah satu upaya untuk mewujudkan pemerataan kesejahteraan masyarakat. Struktur jembatan terdiri dari struktur atas dan bawah jembatan. Adapun penulisan laporan ini, berfokus pada perencanaan struktur bawah jembatan yang meliputi perencanaan pier head, kolom pier, fondasi, dan pile cap. Penelitian ini diawali dengan tahap pengumpulan data, setelah itu dilakukan perhitungan struktur bawah jembatan yang dimulai dengan pembebanan yang bekerja pada struktur. Berdasarkan hasil perhitungan pada struktur bawah jembatan dengan tipe kolom tunggal, tulangan tarik dan tekan pada pier head jembatan adalah 30D25 dan 15D25. Sedangkan untuk penulangan geser pada pier head jembatan adalah 3D16-250 serta untuk tulangan minimum akibat susut dan perubahan suhu adalah 14D19 untuk tiap sisi. Pada struktur kolom pier, hasil perhitungan tulangan utama adalah 68D32, dan 4D19-200 untuk tulangan geser. Hasil perhitungan penulangan pada pile cap jembatan terdiri atas penulangan tarik dan tekan pile cap pada arah memanjang dan melintang jembatan masing-masing adalah D36-100 dan D36-200. Pada hasil perencanaan fondasi dengan jenis tiang pancang dan diameter 0,6 m serta kedalaman tiang 20 m, didapatkan hasil penurunan 131,09 mm.*

**Kata kunci:** *fondasi, kolom pier, pier head, pile cap*

## PENDAHULUAN

Jembatan merupakan infrastruktur penghubung antara satu daerah dengan daerah lainnya, sehingga peningkatan infrastruktur jembatan merupakan salah satu upaya untuk mewujudkan pemerataan kesejahteraan masyarakat. Pada tahun 2021, Indonesia tercatat memiliki jembatan nasional sebanyak 18.931 jembatan dengan panjang 536.527,15 m yang tersebar dari Sabang hingga Merauke. Dari 536.527,15 m jembatan yang ada di Indonesia, sepanjang 89.915,84 m atau sekitar 16,76 % jembatan dalam kondisi tidak baik (PUPR, 2021), sehingga harus direncanakan struktur jembatan yang kokoh, kuat, dan tahan terhadap kondisi alam seperti gempa, angin atau struktur tanah yang labil.

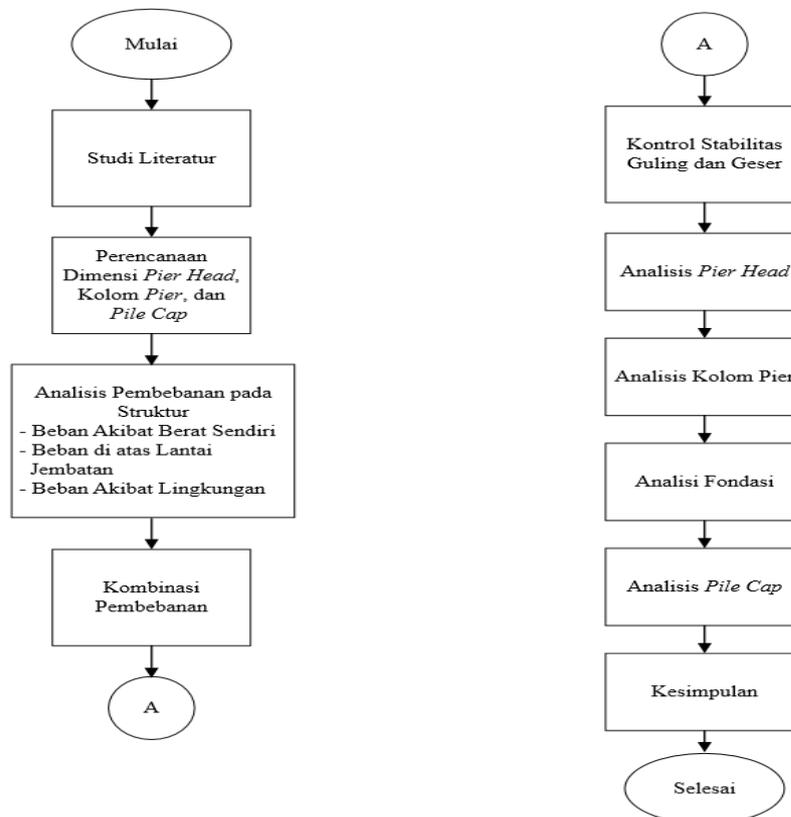
Struktur jembatan terdiri dari struktur atas dan bawah jembatan. Struktur atas jembatan terdiri atas tiang sandaran, trotoar, lantai trotoar, lantai kendaraan, balok diafragma, dan gelagar. Struktur bawah jembatan terdiri dari kepala jembatan, plat injak, fondasi, dinding sayap, dan pilar (Nalienda, 2019). Struktur atas jembatan berfungsi untuk meneruskan beban pada lantai kendaraan ke struktur bawah jembatan, sedangkan struktur bawah jembatan berfungsi untuk menopang dan meneruskan beban dari struktur atas jembatan ke lapisan tanah yang stabil dan kuat (Lapis, Balamba, Sompie, & Sarajar, 2013).

Telah banyak peneliti yang melakukan analisis terhadap struktur bawah jembatan. Subaryono (2020) melakukan analisis terhadap struktur

abutmen dan fondasi pada jembatan dengan jenis fondasi sumuran. Sedangkan Alisha (2018), melakukan analisis terhadap struktur bawah jembatan dengan dua pilar dan dua abutmen dengan memilih fondasi tiang pancang karena tanah keras berada pada kedalaman  $\pm 30$  m. Lalu ada (Abisha, 2018) yang melakukan analisis terhadap balok *pier*, kolom *pier*, *pile cap*, dan fondasi bore *pile*. Pada analisisnya, peneliti tidak memperhitungkan beban akibat metode pelaksanaan. Adapun penulisan laporan ini, berfokus pada perencanaan struktur bawah jembatan meliputi perencanaan *pier head*, kolom *pier*, fondasi tiang pancang, dan *pile cap*.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan tahap pengumpulan data. Adapun data yang digunakan dalam melakukan perencanaan struktur bawah jembatan yaitu data struktur jembatan dan data tanah. Data struktur yang digunakan dalam perencanaan ini berupa data pembebanan dan data kualitas dari material yang digunakan. Data struktur ini digunakan untuk merencanakan detail penulangan dan kontrol keamanan dari struktur. Data tanah yang digunakan dalam perencanaan struktur bawah jembatan adalah jenis tanah, kedalaman tanah keras, dan data N-SPT. Data tanah ini digunakan untuk merencanakan daya dukung dan penurunan fondasi. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



**Gambar 1. Tahapan Analisa Struktur Bawah Jembatan**

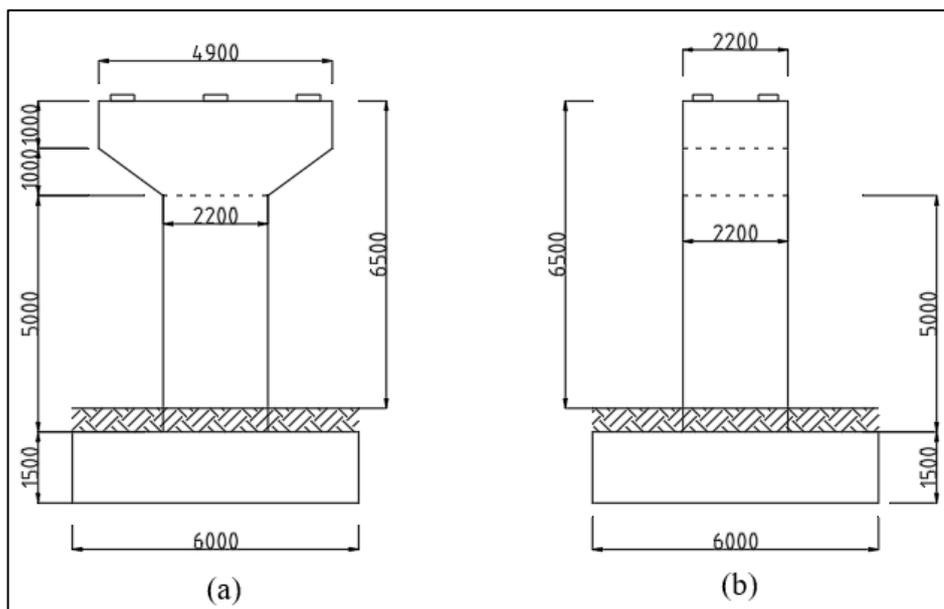
Tahapan pada analisis struktur bawah jembatan ini dimulai dari studi literatur terkait komponen-komponen dari struktur jembatan, lalu dilakukan pengumpulan data perencanaan. Setelah pengumpulan data, tahapan berikutnya adalah perhitungan struktur bawah jembatan mulai dari *pier head*, kolom *pier*, fondasi, dan *pile cap* jembatan. Hasil akhir perhitungan *pier head* dan kolom *pier* jembatan adalah jumlah tulangan minimum yang perlu di pasang. Pada perhitungan fondasi digunakan Metode *Meyerhof* untuk mencari nilai daya dukung ujung tiang dan selimut tiang. Tahap selanjutnya adalah menghitung jumlah tiang, jarak

tiang, efisiensi tiang kelompok, daya dukung kelompok tiang, penurunan fondasi, kontrol penurunan fondasi, dan perhitungan *pile cap*. Tahap akhir dari penelitian ini adalah menarik kesimpulan dan saran.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembebanan Jembatan

Jembatan yang direncanakan pada laporan ini memiliki panjang total 120 m dengan bentang jembatan L sebesar 40 m. Berikut merupakan gambar dimensi penampang struktur bawah jembatan yang direncanakan.



**Gambar 2. Penampang Struktur Bawah Jembatan**  
(a) Potongan Melintang (b) Potongan Memanjang

Langkah pertama yang dilakukan untuk menganalisis struktur bawah jembatan adalah dengan menghitung berat pada bangunan struktur bawah jembatan yang meliputi *pier*, *pier head*, dan fondasi jembatan. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan berat *pier*  $W_{pier}$  adalah sebesar 605 kN. Adapun letak titik berat terhadap alas *pier*  $y_{pier}$ , letak titik berat *pier* terhadap dasar fondasi  $z_{pier}$ , dan lebar ekuivalen

kolom *pier*  $B_e$  masing-masing 2,5 m, 4 m, dan 2,2 m. *Pier head* memiliki berat  $W_{ph}$  464,75 kN dengan momen statis yang bekerja sebesar 501,875 kNm. Letak titik berat *pier head* terhadap sisi bawah  $y_{ph}$  dan dasar fondasi  $z_{ph}$  berturut-turut adalah 1,080 m dan 7,580 m. Pada struktur *pile cap*, berat *pile cap*  $W_{pc}$  adalah 1.350 kN dengan letak titik berat terhadap sisi bawah  $y_{pc}$  dan dasar fondasi  $z_{pc}$  yang sama, yaitu 0,75 m.

Langkah kedua yang dilakukan untuk menganalisis struktur bawah jembatan adalah menghitung beban-beban yang bekerja pada jembatan yang meliputi berat sendiri struktur jembatan dari struktur atas dan struktur bawah jembatan, beban mati tambahan, beban lajur, beban akibat gaya rem, beban

tumbukan, beban angin, beban akibat gesekan pada perletakan, dan beban gempa. Masing-masing hasil analisis beban-beban yang bekerja pada struktur bawah jembatan dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

**Tabel 1.**  
**Rekapitulasi Pembebanan Pada Jembatan**

Jenis Beban	Vertikal	Horizontal		Momen	
	P kN	T <sub>x</sub> kN	T <sub>y</sub> kN	M <sub>x</sub> kNm	M <sub>y</sub> kNm
Beban Mati	6.874,52	-	-	-	-
Beban Mati Tambahan MA	1.448,00	-	-	-	-
Beban Lajur TD	2.397,50	-	-	-	-
Beban Rem TB	-	135,25	-	1.609,48	-
Beban Tumbukan TC	-	1.800,00	1.800,00	5.760,00	5.760,00
Beban Angin Struktur EWs	299,52	36,96	278,86	184,78	2.467,58
Beban Angin Kendaraan EWI	-	-	0,75	-	8,26
Beban Gesekan FB	-	236,11	-	2.006,94	-
Beban Gempa EQ	-	3.923,98	3.923,98	22.875,10	22.875,10

Pada Tabel 1 terlampir beban-beban yang bekerja pada struktur bawah jembatan, beban ini terdiri dari beban vertikal, horizontal, dan momen. Beban vertikal dihitung berdasarkan beban gravitasi dari seluruh bagian struktur jembatan yang bersifat tetap, serta beban lainnya yang bukan merupakan bagian dari struktur jembatan. Beban horizontal jembatan meliputi beban

rem, beban akibat tumbukan, beban angin, beban akibat gesekan, dan beban gempa. Besaran nilai beban yang diambil mengacu pada SNI 1725:2016. Setelah merekapitulasi pembebanan pada jembatan, dilakukan analisis kombinasi dari beban-beban yang bekerja pada struktur bawah jembatan. Adapun hasil analisis kombinasi pembebanan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.**  
**Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Pada Jembatan**

Kombinasi Beban	P kN	T <sub>x</sub> kN	T <sub>y</sub> kN	M <sub>x</sub> kNm	M <sub>y</sub> kNm
Kuat 1	10.720,02	371,36	0	3.616,42	0
Kuat 3	8.622,04	273,07	278,86	2.191,72	2.467,58
Kuat 5	8.622,04	273,07	279,61	2.191,72	2.475,84
Ekstreme 1	10.720,02	4.295,34	3.923,98	26.491,51	22.875,10
Ekstreme 2	10.720,02	2.171,36	1.800,00	9.376,42	5.760,00
Layan 1	11.019,54	408,32	279,61	3.801,19	2.475,84
Fatik	2.397,50	135,25	0	1.609,48	0

Kombinasi pembebanan pada jembatan berbeda-beda untuk setiap keadaan batas dengan total 12 kombinasi pembebanan, faktor beban untuk setiap kombinasi pembebanan dijelaskan secara rinci dalam SNI 1725:2016 pasal 6. Pada perencanaan ini, digunakan 7 kombinasi pembebanan yang terdiri dari Kuat 1, Kuat 3, Kuat 5, Ekstreme 1, Ekstreme 2, Layan 1, dan Fatik. Masing-masing hasil perhitungan untuk kombinasi pembebanan dapat dilihat pada Tabel 2 di atas. Beban arah vertikal, horizontal, dan momen untuk setiap kombinasi pembebanan yang dihitung pada Tabel 2 ini selanjutnya akan digunakan untuk menentukan kontrol stabilitas guling dan geser dari struktur jembatan pada arah memanjang dan melintang.

### Kontrol Stabilitas Jembatan

Berdasarkan hasil analisis kombinasi pembebanan di atas, nilai terbesar digunakan untuk menghitung deformasi, sedangkan nilai terkecil digunakan untuk menghitung semua efek lainnya. Setelah analisis kombinasi pembebanan, dilakukan analisis kontrol stabilitas guling dan geser pada jembatan untuk masing-masing kombinasi pembebanan dengan arah memanjang dan melintang. Hasil analisis kontrol stabilitas guling dan geser untuk masing-masing arah memanjang dan melintang tersaji pada Tabel 3, 4, 5, dan 6.

**Tabel 3.**  
**Kontrol Stabilitas Guling Jembatan Arah Memanjang**

Kombinasi Beban	P kN	Mp kN	Mx kN	SF	OSF	Ket.
Kuat 1	10.720,00	32.160,07	3.616,42	8,89		OK
Kuat 3	8.622,04	25.866,13	2.191,72	11,80		OK
Kuat 5	8.622,04	25.866,13	2.191,72	11,80		OK
Ekstreme 1	10.720,00	32.160,07	26.491,50	1,21	2	TIDAK_OK
Ekstreme 2	10.720,00	32.160,07	9.376,42	3,43		OK
Layan 1	11.019,50	33.058,63	3.801,19	8,70		OK
Fatik	2.397,50	7.192,50	1.609,48	4,47		OK

**Tabel 4.**  
**Kontrol Stabilitas Guling Jembatan Arah Melintang**

Kombinasi Beban	P kN	Mp kN	My kN	SF	OSF	Ket.
Kuat 1	10.720,00	32.160,07	0			
Kuat 3	8.622,04	25.866,13	2.467,58	10,48		OK
Kuat 5	8.622,04	25.866,13	2.475,84	10,45		OK
Ekstreme 1	10.720,00	32.160,07	22.875,10	1,41	2	TIDAK_OK
Ekstreme 2	10.720,00	32.160,07	5.760,00	5,58		OK
Layan 1	11.019,50	33.058,63	2.475,84	13,35		OK
Fatik	2.397,50	7.192,50	0			

Berdasarkan hasil analisis kontrol stabilitas guling jembatan arah memanjang pada Tabel 3 di atas, masih terdapat hasil yang tidak stabil. Dapat dilihat dari nilai SF untuk Kombinasi

Pembebanan Ekstreme 1 yang nilainya lebih kecil dari nilai OSF. Nilai SF didapat dari hasil pembagian nilai Mp terhadap Mx, dengan nilai Mp tergantung dari nilai beban vertikal

untuk masing-masing kombinasi pembebanan.

Berdasarkan hasil analisis kontrol stabilitas guling jembatan arah melintang pada Tabel 4 di atas, masih terdapat hasil yang tidak stabil untuk Kombinasi Pembebanan Ekstreme 1. Sedangkan untuk Kombinasi

Pembebanan Kuat 1 dan Fatik, struktur jembatan dianggap stabil karena tidak ada momen arah y yang bekerja pada struktur jembatan akibat kombinasi tersebut.

**Tabel 5.**  
**Kontrol Stabilitas Geser Jembatan Arah Memanjang**

Kombinasi Beban	P kN	Fp kN	Fx kN	SF	OSF	Ket.
Kuat 1	10.720,00	5.700,62	371,36	15,35		OK
Kuat 3	8.622,04	4.700,52	273,07	17,21		OK
Kuat 5	8.622,04	4.700,52	273,07	17,21		OK
Ekstreme 1	10.720,00	5.700,62	4.295,34	1,33	1,5	TIDAK_OK
Ekstreme 2	10.720,00	5.700,62	2.171,36	2,66		OK
Layan 1	11.019,50	5.843,40	408,32	14,31		OK
Fatik	2.397,50	1.733,29	135,25	12,82		OK

**Tabel 6.**  
**Kontrol Stabilitas Geser Jembatan Arah Melintang**

Kombinasi Beban	P kN	Fp kN	Fy kN	SF	OSF	Ket.
Kuat 1	10.720,00	5.700,62	0			
Kuat 3	8.622,04	4.700,52	278,86	16,86		OK
Kuat 5	8.622,04	4.700,52	279,61	16,81		OK
Ekstreme 1	10.720,00	5.700,62	3.923,98	1,45	1,5	TIDAK_OK
Ekstreme 2	10.720,00	5.700,62	1.800,00	3,17		OK
Layan 1	11.019,50	5.843,40	279,61	20,90		OK
Fatik	2.397,50	1.733,29	0			

Berdasarkan hasil analisis kontrol stabilitas geser jembatan arah memanjang pada Tabel 5 di atas, Kombinasi Pembebanan Ekstreme 1 juga menunjukkan hasil yang tidak stabil. Dapat dilihat dari nilai SF untuk Kombinasi Pembebanan Ekstreme 1 yang nilainya lebih kecil dari nilai OSF. Hal ini dikarenakan Kombinasi Pembebanan Ekstreme 1 merupakan kombinasi pembebanan akibat gempa dengan nilai gaya arah horizontal dan momennya cukup besar. Sehingga Ketika nilai ini digunakan untuk membagi gaya penahan geser atau guling akan menghasilkan nilai SF yang kecil.

Berdasarkan hasil analisis kontrol stabilitas geser jembatan arah melintang pada Tabel 6, struktur jembatan untuk Kombinasi Pembebanan Ekstreme 1 masih menunjukkan hasil yang tidak stabil, sehingga diperlukan fondasi dalam untuk memperkuat jembatan.

### Perencanaan Pilar Jembatan

Pada perencanaan *pier head* jembatan, nilai kuat tekan beton  $f_c$  dan kuat leleh tulangan  $f_y$  yang digunakan adalah 33,2 MPa dan 420 MPa. Adapun nilai momen ultimit *pier head*  $M_u$  dan gaya geser ultimit  $V_u$  dari hasil perhitungan menggunakan bantuan Program SAP 2000 adalah sebesar

8.796,17 kNm dan 4.183,51 kN. Berdasarkan hasil analisis, tulangan tarik yang digunakan pada *pier head* jembatan sebanyak 30D25, sedangkan tulangan tekan yang digunakan adalah 50% dari luas tulangan tarik perlu atau sebanyak 15D25. Hasil analisis tulangan geser yang digunakan adalah 3D16-250 dan penulangan minimum

akibat susut dan perubahan suhu adalah 14D19.

Pada perencanaan kolom *pier*, perlu dilakukan perhitungan kombinasi pembebanan yang terjadi sebagai langkah awal melakukan perencanaan. Adapun data beban yang bekerja pada kolom *pier* dapat dilihat pada Tabel 7, sedangkan kombinasi pembebanan kolom *pier* disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 7.**  
**Rekapitulasi Pembebanan Pada Kolom *Pier* Jembatan**

Jenis Beban	Vertikal	Horizontal		Momen	
	P kN	T <sub>x</sub> kN	T <sub>y</sub> kN	M <sub>x</sub> kNm	M <sub>y</sub> kNm
Beban Mati	6.874,52	-	-	-	-
Beban Mati Tambahan MA	1.448,00	-	-	-	-
Beban Lajur TD	2.397,50	-	-	-	-
Beban Rem TB	-	135,25	-	1.406,60	-
Beban Tumbukan TC	-	1.800,00	1.800,00	3.600,00	3.600,00
Beban Angin Struktur EWs	299,52	36,96	278,86	129,34	2.049,29
Beban Angin Kendaraan EW1	-	-	0,75	-	7,13
Beban Gesekan FB	-	236,11	-	1.652,78	-
Beban Gempa EQ	-	3.923,98	3.923,98	16.989,12	16.989,12

**Tabel 8.**  
**Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Pada Kolom *Pier* Jembatan**

Kombinasi Beban	P kN	T <sub>x</sub> kN	T <sub>y</sub> kN	M <sub>x</sub> kNm	M <sub>y</sub> kNm
Kuat 1	14.636,83	479,56	0,00	4.184,66	0,00
Kuat 3	10.497,21	287,85	390,40	1.833,86	2.869,01
Kuat 5	10.197,69	250,89	112,30	1.704,51	826,85
Ekstreme 1	10.837,70	4.200,67	3.923,98	19.063,88	16.989,12
Ekstreme 2	11.344,25	2.103,74	1.800,00	5.956,08	3.600,00
Layan 1	9.595,13	382,45	84,41	3.098,18	621,92
Fatik	1.899,56	101,44	0,00	1.054,95	0,00

Beban-beban yang bekerja pada kolom *pier* jembatan dapat dilihat pada Tabel 7. Beban ini terdiri dari beban vertikal, horizontal, dan momen. Beban vertikal yang bekerja pada kolom *pier* jembatan meliputi beban mati, beban mati tambahan, beban lajur, dan beban

angin yang mengenai kolom *pier* jembatan. Beban horizontal meliputi beban rem, beban akibat tumbukan, beban angin yang dibagi menjadi beban angin substruktur serta beban angin kendaraan, beban akibat gesekan, dan

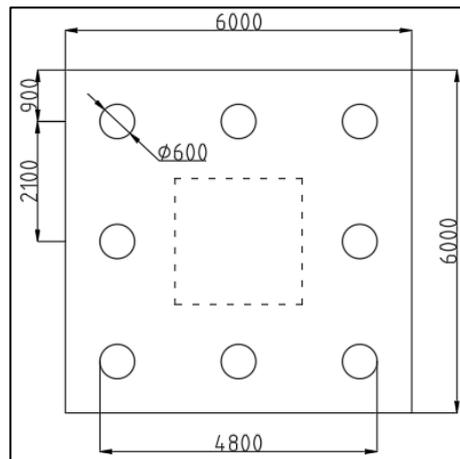
beban gempa. Besaran nilai beban yang diambil mengacu pada SNI 1725:2016. Dari Tabel 8 di atas, diambil nilai gaya aksial ultimit  $P_u$  14.636,829 kN Kuat 1, momen ultimit arah x  $M_{ux} = 19.063,881$  kN Ekstrem 1, dan momen ultimit arah y  $M_{uy} = 16.989,124$  kN Ekstrem 1 sebagai nilai terbesar yang mewakili untuk perhitungan kolom *pier*. Kontrol desain penulangan kolom *pier* harus sesuai dengan standar AASHTO LRFD 5.7.4.2. Berdasarkan hasil diagram interaksi kolom menggunakan bantuan Program spColumn, kolom direncanakan sebagai kolom pendek, sehingga faktor pembesaran momen tidak perlu diperhitungkan. Analisis kolom *pier* menghasilkan jumlah tulangan longitudinal pada kolom *pier* sebanyak 68D32 dan tulangan geser sebanyak 4D19-200.

### Perencanaan Fondasi dan *Pile Cap* Jembatan

Perhitungan daya dukung fondasi menggunakan Metode

*Meyerhoff* dengan menggunakan data NSPT *Boring Log* BH2. Fondasi direncanakan fondasi tiang pancang dengan diameter tiang  $D$  0,6 m dan kedalaman tiang  $L$  20 m. Adapun susunan kelompok tiang berdasarkan hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 3. Penurunan tanah yang dihasilkan dari dari kelompok tiang ini adalah sebesar 131,09 mm. Nilai penurunan ini masih aman karena nilainya kurang dari perhitungan nilai batas maksimum yang diizinkan, yaitu sebesar 16 cm.

Pada perencanaan *pile cap*, dimensi *pile cap* adalah 600 x 600 x 150 cm<sup>3</sup>. Dari analisis, digunakan penulangan tarik *pile cap* arah melintang dan memanjang jembatan D36-100 dan penulangan tekan *pile cap* arah melintang dan memanjang jembatan D36-200, serta tidak perlu digunakan tulangan geser karena nilai gaya geser ultimit  $V_u$  lebih kecil dari reduksi gaya geser akibat beton  $\phi V_c$ .



**Gambar 3. Susunan Kelompok Tiang Pancang Pada Jembatan**

Gambar 3 merupakan susunan kelompok tiang pancang pada jembatan dengan diameter setiap tiang pancang adalah 600 mm dan jumlah tiang pancang untuk 1 *pile cap* sebanyak 8

buah. Adapun Jarak minimum tiang menurut SNI 8460:2017 minimal adalah 2,5D, dengan jarak tiang ke tepi *pile cap* adalah 1,5D.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, tulangan yang digunakan pada *pier head* jembatan adalah 30D25 untuk tulangan tarik dan 15D25 untuk tulangan tekan, sedangkan untuk penulangan geser adalah sebesar 3D16-250 dan untuk tulangan minimum akibat susut dan perubahan suhu adalah 14D19 untuk tiap sisi. Adapun tulangan yang digunakan pada kolom *pier* adalah 68D32 untuk tulangan utama dan untuk tulangan geser sebesar 4D19-200. Sedangkan penulangan pada *pile cap* jembatan pada arah memanjang dan melintang digunakan D36-100 dan D36-200 untuk masing-masing penulangan tarik dan penulangan tekan *pile cap*. Hasil perhitungan dan analisis fondasi tiang pancang beton pracetak dengan diameter 600 mm didapatkan penurunan sebesar 131,09 mm.

### Saran

Saran bagi peneliti selanjutnya, sebaiknya saat melakukan analisis terhadap struktur jembatan menggunakan standar terbaru yang telah dikeluarkan oleh pemerintah dan menggunakan bantuan software lainnya untuk mendapatkan hasil yang lebih efisien.

### DAFTAR PUSTAKA

Abisha, A. B. (2018). *Perancangan Struktur Bawah Jembatan Simpang Gejayan*. Uajy,

Adams, E. A., & Smiley, S. L. (2018). Urban-rural water access inequalities in Malawi: implications for monitoring the Sustainable Development Goals. *Natural Resources Forum*, 42(4), 217-226. doi:<https://doi.org/10.1111/1477-8947.12150>

Alisha, A. (2018). *Studi Perencanaan Struktur Bawah Jembatan Mahakam Iv Samarinda Kalimantan Timur*. ITN MALANG,

Lapis, J. O., Balamba, S., Sompie, O. B., & Sarajar, A. N. (2013). Analisis Kestabilan Fondasi Jembatan Studi Kasus: Jembatan Essang-Lalue. *Jurnal Sipil Statik*, 1(11).

Nalienda, R. B. P. (2019). *Peninjauan struktur bawah jembatan "a" pada proyek penggantian jembatan kaligawe, SEMARANG*. undip vokasi, Retrieved from <http://eprints.undip.ac.id/77542/>

PUPR, D. J. B. M. (2021). Laporan Kondisi Jalan Tahun 2021 Semester 2. Retrieved from <https://binamarga.pu.go.id/assets/js/vendor/ckeditor/uploads/Buku%20Kondisi/BUKU%20KONDISI%20JALAN%20NASIONAL%202021%20S2%20Hires.pdf>

Subaryono, A. P. (2020). *Perencanaan struktur bawah pada jembatan srigonco kabupaten malang*. Universitas Muhammadiyah Malang,