



## Evaluasi Kapasitas Tiang Pancang Miring pada Pilar Jembatan Tipe *Pile Cap*

Ananda Sabiila Rosyada<sup>1</sup>, Andi Indianto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

<sup>1</sup>ananda.sabiilarosyada.ts17@mhs.wpnj.ac.id\*, <sup>2</sup>andi.indianto@sipil.pnj.ac.id\*

### Abstract

In the implementation of the construction of the Main Bridge on the X Toll Road project, there was a change in the shape of the structure in the form of a slope of the P2 pile that did not match the DED by 3°. So that with the change in the shape of the structure, it is necessary to evaluate the capacity of the P2 pile and the influence on other structures must be considered. This research discusses how the capacity of the pile after experiencing a slope and how to handle it properly if the pile capacity is inadequate. Pile capacity evaluation is done by checking the dimensional capacity, reinforcement capacity, foundation bearing capacity, and deflection of the P1-P2 superstructure using the help of software SAP2000 in analyzing. The results showed that the pile capacity at P2 was inadequate, indicated by the lack of reinforcement on the piles as much as 6-D10,7 mm and column P2 as much as 9-D10,7 mm. As a result of inadequate pile capacity, the P1-P2 connection lacks top reinforcement. Therefore, structural strengthening is needed to make the P1-P2 structure more rigid by making bracing concrete with a length of 18,78 meters, a width of 33,92 meters, and a thickness of 0,8 meters with the need for longitudinal reinforcement and transverse reinforcement D32-250. After the structural strengthening is done, the required area of reinforcement for columns P2, piles P2, and connections P1-P2 are all fulfilled with those already installed in the side.

Keywords: Evaluation, Pile Slope, Monolith Structure, Bridge Pillar, Bracing Concrete.

### Abstrak

Dalam pelaksanaan pembangunan Jembatan Utama pada proyek Jalan Tol X mengalami perubahan bentuk struktur berupa terjadinya kemiringan pada tiang pancang P2 yang tidak sesuai DED sebesar 3°. Sehingga dengan adanya perubahan bentuk struktur tersebut dibutuhkan evaluasi terhadap kapasitas tiang P2 serta harus diperhatikan pengaruh terhadap struktur lainnya. Penelitian ini membahas tentang bagaimana kapasitas tiang pancang setelah mengalami kemiringan serta bagaimana penanganan yang tepat apabila kapasitas tiang tidak memadai. Evaluasi kapasitas tiang dilakukan dengan cara pengecekan terhadap kapasitas dimensi, kapasitas tulangan, kapasitas daya dukung pondasi, serta lendutan pada struktur atas P1-P2 dengan menggunakan bantuan software SAP2000. Hasil penelitian menunjukkan kapasitas tiang pancang pada P2 tidak memadai, ditandai dengan kurangnya tulangan pada tiang pancang sebanyak 6-D10,7 mm dan kolom P2 sebanyak 9-D10,7 mm. Akibat dari kapasitas tiang pancang yang tidak memadai, menyebabkan koneksi P1-P2 kekurangan tulangan arah memanjang (top). Maka dari itu diperlukan perkuatan dengan tujuan untuk membuat struktur P1-P2 lebih kaku yaitu dengan cara membuat bracing beton dengan panjang 18,78 meter, lebar 33,92 meter dan tebal 0,8 meter serta kebutuhan tulangan memanjang dan tulangan melintang D32-250. Setelah dilakukan perkuatan, kebutuhan luas tulangan perlu untuk kolom P2, tiang pancang P2, dan koneksi P1-P2 semuanya terpenuhi dengan yang sudah terpasang di lapangan.

Kata kunci: Evaluasi, Kemiringan Tiang, Struktur Monolit, Pilar Jembatan, Bracing Beton.

Diterima Redaksi : 09-09-2021 | Selesai Revisi : 22-10-2021 | Diterbitkan Online : 01-12-2021

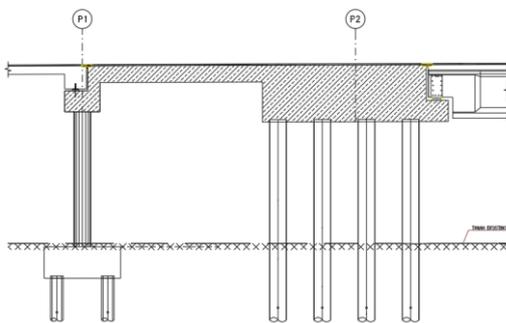
### 1. Pendahuluan

Proyek pembangunan jalan tol merupakan suatu usaha pemerintah dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi suatu daerah dengan mewujudkan kemudahan mobilitas dan aksesibilitas masyarakat. Dalam suatu pembangunan konstruksi jalan tol, terdapat beberapa paket pekerjaan yang harus dilakukan, seperti pekerjaan perkerasan, jembatan, *underpass*, gerbang tol dan *interchange*.

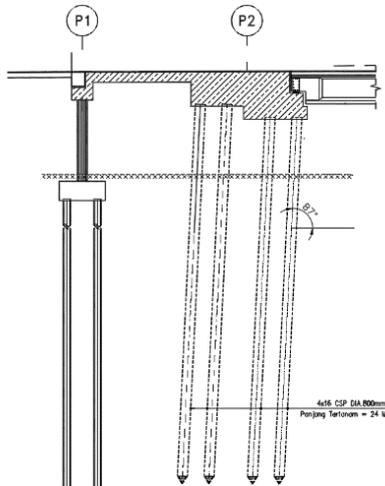
Pada suatu jaringan jalan, jembatan berfungsi untuk menyatukan dua titik yang terputus oleh suatu rintangan seperti jalan raya, sungai, lembah dan jalur kereta api [1]. Perencanaan struktur jembatan harus dilakukan dengan baik, teliti dan dibuat kokoh serta mampu menahan beban layan yang bekerja pada jembatan tersebut. Apabila dalam suatu struktur jembatan terdapat kesalahan dalam perencanaan atau pelaksanaan maka perlu dilakukan penentuan nilai sisa kapasitas jembatan karena adanya kekhawatiran terhadap tingkat keamanan struktur atau bagian bagiannya [2].

Pada pelaksanaan pemancangan P2 Jembatan Utama Proyek Jalan Tol X, awalnya tiang dipancang vertikal  $90^\circ$  yang mengacu pada *Detail Engineering Design* (DED). Namun karena suatu sebab diantaranya adalah banjir serta pelaksanaan pemancangan berikutnya, tiang yang sudah terpancang mengalami pergeseran pada ujung atas tiang sebesar  $3^\circ$  ke arah sungai. Struktur pada P2 merupakan struktur pilar tipe pile cap, serta merupakan struktur monolit terhadap P1, maka apabila hal tersebut terjadi, tidak menutup kemungkinan pergeseran ujung atas tiang pancang tersebut bisa mempengaruhi struktur dalam menerima beban.

Untuk memudahkan dalam memahami masalah yang ada, dapat dipahami dengan melihat Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Sebelum tiang P2 mengalami kemiringan



Gambar 2. Setelah tiang P2 mengalami kemiringan

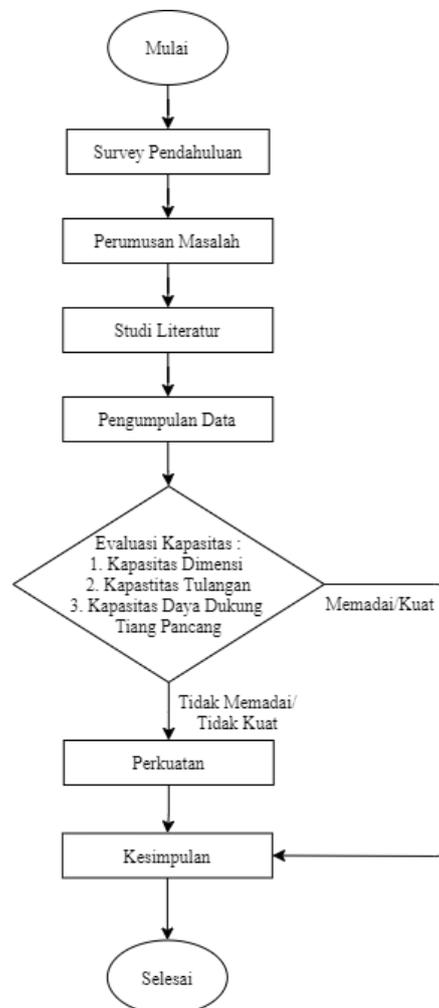
Dengan adanya pergeseran tiang, maka struktur harus dievaluasi kapasitasnya. Menurut Yudi Pranoto & Riza Setiabudi dalam penelitiannya yang berjudul *Evaluasi Kekuatan Struktur Bangunan Gedung* menjelaskan bahwa dengan adanya kerusakan pada pondasi berupa terjadinya penurunan pada pondasi maka kapasitas tiang pondasi harus dievaluasi [3], dan didapatkan bahwa kapasitas daya dukung tiang tidak memadai. Hasil tersebut semakin memperkuat urgensi dari perlunya suatu struktur yang mengalami kerusakan untuk dievaluasi sebagai upaya pencegahan apabila kapasitas struktur tidak memadai akibat kerusakan yang terjadi.

Adapun penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk mengevaluasi kapasitas tiang pancang yang mengalami pergeseran pada ujung atas tiang serta menjustifikasi penanganan yang tepat apabila kapasitas tiang tidak memadai.

Dalam pemilihan metode perkuatan struktur beserta urutan pengerjaannya harus diperhatikan dengan seksama agar menghasilkan struktur yang baik dan terhindar dari bertambahnya kerusakan atau bahkan mendorong timbulnya kerusakan baru [4]. Dalam setiap langkah perbaikan harus dilakukan dengan upaya agar penyebab kerusakan bisa dihilangkan atau diminimalkan. Serta dipertimbangkan upaya pencegahan terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan dikemudian hari [5].

## 2. Metode Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dijelaskan secara ringkas melalui bagan alir berikut.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait berupa *detail engineering design, as build drawing*, data tanah,

data kemiringan tiang, *pile driving result*, *pile integrity test*, dan spesifikasi material.

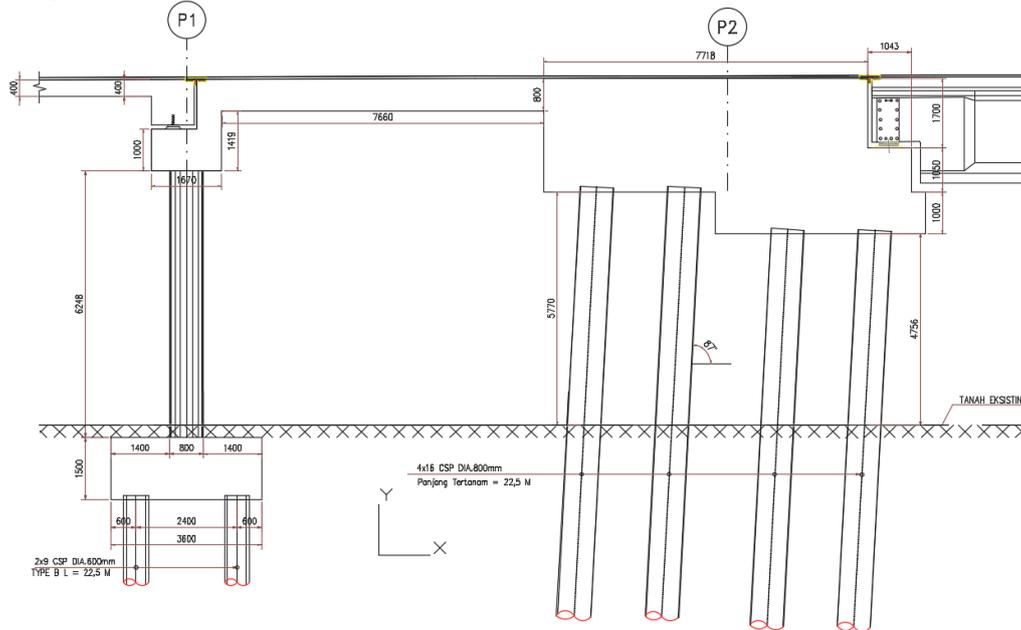
#### Data Teknis P1-P2

Ø Pancang P2 : Ø800 mm  
Jumlah Tiang P2 : 64 buah

Ø Pancang P1 : Ø600 mm  
Jumlah Tiang P1 : 18 buah

Mutu Tiang : K600  
Tipe Tiang : Concrete Spun Pile Tipe B0  
Lebar Jembatan : 33,8 m

Adapun beton yang digunakan pada *pierhead* P1 dan P2, *pile cap* P1, koneksi P1-P2, kolom P1 menggunakan mutu beton  $f_c'$  30 Mpa dengan mutu tulangan  $f_y$  400. Dimensi struktur dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Dimensi Struktur

Data-data tersebut akan menjadi acuan dalam melakukan evaluasi tiang yang mengalami kemiringan dan justifikasi kekuatan tiang. Adapun tahapan yang dilakukan yaitu :

- Menghitung pembebanan jembatan (beban pemanen, beban hidup dan aksi lingkungan)  
Beban jembatan mengacu pada SNI 1725 tahun 2016 tentang pembebanan untuk jembatan, RSNI T-02-2005 tentang pembebanan untuk jembatan, dan SNI 2833 tahun 2016 tentang perencanaan jembatan terhadap beban gempa.
- Mencari konstanta pegas
- Menghitung daya dukung tiang dengan metode meyerhof dan metode briaud.

#### Metode Meyerhof (1856)

$$Q_u = 40 N_b \times A_p + 0,2 N_s \times A_s \quad (1)$$

Dimana :

$Q_u$  = daya dukung unlimited pondasi tiang pancang  
 $N_b$  = harga N-SPT pada elevasi dasar tiang  
 $N_s$  = harga N-SPT pada selimut tiang  
 $A_p$  = luas penampang dasar tiang ( $m^2$ )  
 $A_s$  = luas selimut tiang ( $m^2$ )

#### Metode Briaud et al (1985)

- Daya dukung ujung tiang

$$q_t = 19,7 P_a (N_{60})^{0,36} \quad (2)$$

Dimana :

$q_t$  = Unit tahanan ujung  
 $P_a$  = Tekanan atmosfer (100 KN/m<sup>2</sup>)  
 $N_{60}$  = Nilai SPT rata-rata pada 4D di bawah dan 10D di atas ujung tiang

- Tahanan geser selimut tiang

$$f_s = 0,224 P_a (\bar{N}_1)^{0,29} \quad (3)$$

Dimana :

$f_s$  = Unit tahanan selimut (KN/m<sup>2</sup>)  
 $P_a$  = Tekanan atmosfer (100 KN/m<sup>2</sup>)  
 $\bar{N}_1$  = Harga N-SPT rata-rata tahanan selimut

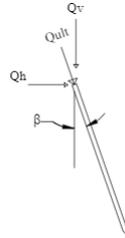
#### Daya Dukung Tiang Miring

Pada pondasi tiang miring,  $Q_{ult}$  terproyeksi ke arah vertikal dan horizontal [6] seperti yang terlihat pada Gambar 5. Sehingga daya dukung

vertikal tiang ( $Q_v$ ) dan daya dukung horisontal tiang ( $Q_h$ ) yaitu :

$$Q_v = Q_{ult} \times \cos(\beta) \quad (4)$$

$$Q_h = Q_{ult} \times \sin(\beta) \quad (5)$$



Gambar 5. Proyeksi  $Q_u$  terhadap arah vertikal dan horisontal

- d) Membuat permodelan jembatan pada SAP2000
- e) Melakukan analisis kapasitas tiang pancang yang mengalami kemiringan dengan memasukkan spesifikasi material, hasil perhitungan pembebanan dan konstanta pegas pada software SAP2000
- f) Mengevaluasi kapasitas tiang baik dimensi, tulangan dan daya dukung pondasi.
- g) Cek lendutan pada koneksi P1-P2
- h) Menyimpulkan apakah kapasitas tiang memadai atau tidak

Apabila hasil evaluasi menyatakan kapasitas tiang memadai, maka langsung dibuat kesimpulan penelitian. Namun apabila hasil evaluasi menyatakan kapasitas tiang tidak memadai, maka diperlukan justifikasi perkuatan yang tepat sesuai kondisi lingkungan dan kemudahan pelaksanaan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan SNI 1725 tahun 2016, beban yang diperhitungkan yaitu beban permanen (beban mati sendiri dan beban mati tambahan), beban lalu lintas (hidup) serta aksi lingkungan [7]. Adapun beban aksi lingkungan yang dimaksud yaitu beban gempa berdasarkan SNI 2833 tahun 2016 [8] dan beban angin.

Maka berdasarkan peraturan tersebut didapatkan beban mati untuk struktur P1 dan P2 yang ditunjukkan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 1. Pembebanan pada perletakan P2

Uraian	Tepi	Tengah
Beban Mati Sendiri (Girder, Parapet, Barrier, Pelat Lantai, Lantai Kerja, Diafragma)	67,197 t	76,029 t
Beban Mati Tambahan (Aspal)	7,576 t	6,105 t
Beban Hidup (BGT, BTR)	67,63 t	54,50 t

Tabel 2. Pembebanan pada koneksi P1-P2

Uraian	Tepi	Tengah
Beban Mati Sendiri (Parapet, Barrier)	0,912 ton/m	1,313 ton/m
Beban Mati Tambahan (Aspal)	0,227 ton/m	0,233 ton/m
Beban Hidup (BTR)	1,85 ton/m	1,91 ton/m
Beban Hidup (BGT)	14,13 t	14,54 t

Tabel 3. Pembebanan pada perletakan P1

Uraian	Tepi	Tengah
Beban Mati Sendiri (Parapet, Barrier)	1,696 t	4,503 t
Beban Mati Tambahan (Aspal)	0,494 t	0,530 t
Beban Hidup (BTR)	4,19 t	4,52 t
Beban Hidup (BGT)	17,15 t	16,46 t

Adapun beban angin berdasarkan SNI 1725:2016 hanya dihitung apabila elevasi jembatan  $\geq 10$  meter, namun pada RSNI T-02-2005 beban angin dihitung tanpa memerdulikan elevasi jembatan [9]. Maka pada penelitian ini dengan elevasi jembatan  $< 10$  meter, beban angin dihitung menggunakan Rancangan SNI T-02-2005. Adapun beban angin dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Beban angin

Uraian	Beban Angin Struktur	Beban Angin Kendaraan
Perletakan P2	6,40 t	12,79 t
Koneksi P1-P2	0,14 t/m	0,27 t/m
Perletakan P1	0,22 t	0,45 t

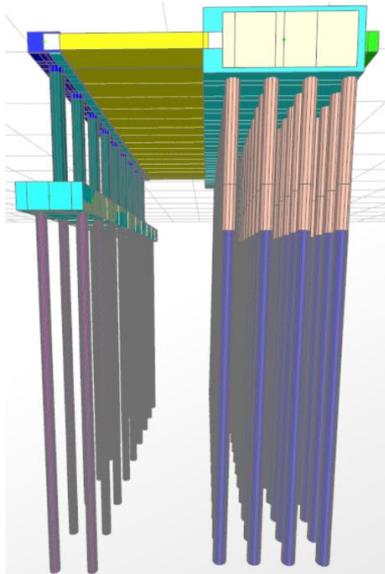
Dalam perhitungan beban gempa, digunakan SNI 2833:2016, dimana parameter dalam perhitungan yaitu berat struktur, faktor modifikasi respon dan koefisien respon elastik. Berat struktur yang dihitung yaitu berat struktur atas ditambah setengah berat pilar, serta beban hidup yang dikondisikan. Sesuai SNI 1725:2016, faktor beban hidup ditentukan berdasarkan kondisi spesifik jembatan yaitu 0,5 untuk jembatan sangat penting (jembatan jalan tol). Maka didapatkan berat stuktur sebesar 6000,187 ton. Adapun nilai koefisien respon elastik didapatkan berdasarkan lokasi penelitian yang diplotkan pada peta gempa serta waktu getar struktur. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh beban gempa sebesar 1739,18 ton. Beban gempa tersebut bekerja pada pusat massa pilar P2 dengan kombinasi arah memanjang 100% beban gempa dan arah melintang 30% beban gempa, sesuai SNI 2833 tahun 2016. Maka gaya gempa yang bekerja yaitu 1739,18 ton arah memanjang dan 521,75 ton arah melintang.

Adapun didalam permodelan tiang pondasi, diperlukan konstanta pegas sebagai tahanan lateral tiang dan

tahanan ujung tiang apabila ujung tiang tidak mencapai tanah keras. Besaran konstanta pegas tanah arah vertikal dapat dihitung dengan rumus  $K_{sv} = 120 \cdot q_a$  dan konstanta pegas arah horizontal dengan rumus  $K_{sh} = 2 \cdot K_{sv}$  [10]. Menurut Meyerhof, hubungan antara nilai N-SPT dengan daya dukung tanah yang diizinkan ( $q_a$ ) adalah  $q_a = N/8$  (kg/cm<sup>2</sup>).

Setelah perhitungan pembebanan dan konstanta pegas, dilanjutkan dengan proses analisis struktur menggunakan software SAP2000. Dengan membuat permodelan struktur seperti Gambar 6 kemudian input material, beban, dan nilai spring.

Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur tidak mengalami overstress, kemudian dilanjutkan dengan cek kapasitas daya dukung tiang dengan cara membandingkan antara gaya axial hasil analisis pada SAP2000 dengan axial tiang menggunakan rumus Meyerhof, Briaud, dan axial yang diizinkan pada katalog tiang pancang yang dipakai, serta cek kapasitas tulangan dengan cara membandingkan luas tulangan perlu pada hasil analisis SAP2000 dengan yang sudah terpasang di lapangan. Selanjutnya diperlukan cek lendutan pada koneksi P1-P2 apakah sudah memenuhi lendutan izinnnya. Hasil analisis kapasitas daya dukung tiang dapat dilihat pada Tabel 5 dan analisis kapasitas tulangan dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 6. Permodelan struktur pada SAP 2000

Tabel 5. Cek Kapasitas Daya Dukung Tiang

Diameter	D600	D800
Meyerhof	3383,748 ton	10499,712 ton
Briaud	3402,873 ton	9949,056 ton
Katalog Spun Pile	3828,8 ton	24339,2 ton
Axial yang dibutuhkan	2083,62 ton	7966,9 ton
Keterangan	Memadai	Memadai

Tabel 6. Cek Kapasitas Tulangan

Elemen	As aktual terpasang (cm <sup>2</sup> )	As perlu SAP (cm <sup>2</sup> )	Keterangan
Tiang Pancang P2	28,8	33,897	Tidak memadai
Kolom P2	87,6	94,994	Tidak memadai
Pier head P2 melintang (top)	298,9	52,654	Memadai
Pier head P2 melintang (bottom)	298,9	53,555	Memadai
Pier head P2 memanjang (top)	136,68	53,337	Memadai
Pier head P2 memanjang (bottom)	136,68	114,628	Memadai
Tumpuan Girder P2 (top)	144,72	59,874	Memadai
Tumpuan Girder P2 (bottom)	144,72	29,729	Memadai
Tiang Pancang P1	15,7	15,607	Memadai
Kolom P1	166,6	130,957	Memadai
Pile cap P1 melintang (top)	117,6	28,001	Memadai
Pile cap P1 melintang (bottom)	117,6	21,266	Memadai
Pile cap P1 memanjang (top)	122,5	7,979	Memadai
Pile cap P1 memanjang (bottom)	122,5	32,003	Memadai
Pier head P1 melintang (top)	68,6	34,041	Memadai
Pier head P1 melintang (bottom)	68,6	16,906	Memadai
Pier head P1 memanjang (top)	21,12	7,862	Memadai
Pier head P1 memanjang (bottom)	21,12	3,909	Memadai
Koneksi P1-P2 (bottom)	72,36	54,813	Memadai
Koneksi P1-P2 (top)	72,36	98,686	Tidak memadai

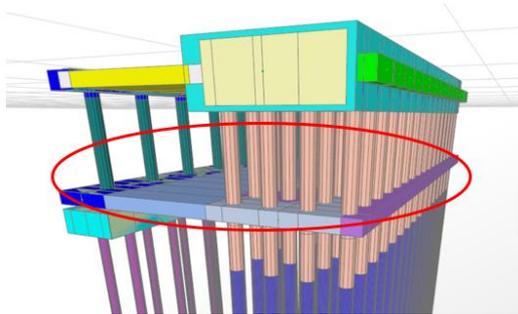
Maka didapatkan bahwa kapasitas tulangan tiang pancang P2, kolom P2 dan koneksi P1-P2 arah memanjang (top) tidak memadai.

Adapun lendutan yang terjadi pada koneksi P1-P2 berdasarkan hasil analisis SAP2000 yaitu sebesar 0,9 mm, yang mana nilai tersebut lebih kecil dibandingkan lendutan izin koneksi sebesar  $L/800$  yaitu 9,57 mm.

Dengan adanya kapasitas tulangan pada beberapa elemen yang tidak memadai maka diperlukan perkuatan yang bertujuan agar kebutuhan tulangan pada elemen

tersebut dapat dipenuhi dengan yang sudah terpasang di lapangan.

Setelah dilakukan uji coba dengan memberikan pile cap hanya pada struktur P2, kebutuhan tulangan memanjang koneksi P1-P2 tidak berkurang banyak, dan hanya memperkuat kolom P2 dan tiang pancang P2 saja. Sama halnya dengan menambahkan bracing berupa sling baja pada kolom P2. Adapun kekuatan dengan cara menambahkan tiang juga tidak dapat dilakukan, karena kondisi pilar berada di pinggir sungai. Maka dari itu dipilih kekuatan dengan metode bracing dengan pelat beton yang menghubungkan P2-P1 dengan dimensi bracing yaitu  $18,78 \text{ m} \times 33,92 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$  serta mutu beton yang digunakan yaitu  $f_c' 30 \text{ Mpa}$ , seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Permodelan kekuatan

Setelah dilakukan kekuatan berupa bracing beton, diperlukan kembali cek kapasitas dimensi, kebutuhan tulangan pada seluruh elemen, kapasitas daya dukung, serta lendutan koneksi P1-P2.

Hasil analisis didapatkan bahwa kapasitas dimensi setelah kekuatan tidak ada yang mengalami overstress, adapun kapasitas tulangan dapat dilihat pada Tabel 7 dan kapasitas daya dukung dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Cek Kapasitas Tulangan Setelah Perkuatan

Uraian	A (cm <sup>2</sup> )	B (cm <sup>2</sup> )	Keterangan
Tiang Pancang P2	28,8	25,471	Memadai
Kolom P2	87,6	50,265	Memadai
Pier head P2 melintang (top)	298,9	54,522	Memadai
Pier head P2 melintang (bottom)	298,9	55,685	Memadai
Pier head P2 memanjang (top)	136,68	50,309	Memadai
Pier head P2 memanjang (bottom)	136,68	120,452	Memadai
Tumpuan Girder P2 (top)	144,72	59,874	Memadai

Uraian	A (cm <sup>2</sup> )	B (cm <sup>2</sup> )	Keterangan
Tumpuan Girder P2 (bottom)	144,72	29,729	Memadai
Tiang Pancang P1	15,7	15,607	Memadai
Kolom P1	166,6	92,248	Memadai
Pile cap P1 melintang (top)	117,6	16,036	Memadai
Pile cap P1 melintang (bottom)	117,6	8,011	Memadai
Pile cap P1 memanjang (top)	122,5	11,466	Memadai
Pile cap P1 memanjang (bottom)	122,5	47,284	Memadai
Pier head P1 melintang (top)	68,6	22,528	Memadai
Pier head P1 melintang (bottom)	68,6	14,892	Memadai
Pier head P1 memanjang (top)	21,12	7,862	Memadai
Pier head P1 memanjang (bottom)	21,12	3,909	Memadai
Koneksi P1-P2 (bottom)	72,36	71,817	Memadai
Koneksi P1-P2 (top)	72,36	71,817	Memadai

A : Luasan tulangan (As) yang terpasang  
B : Luasan tulangan perlu (As) pada SAP 2000

Tabel 8. Cek Kapasitas Daya Dukung Tiang Setelah Perkuatan

Diameter	D600	D800
Meyerhof	3383,748 ton	10499,712 ton
Briaud	3402,873 ton	9949,056 ton
Katalog Spun Pile	3828,8 ton	24339,2 ton
Axial yang dibutuhkan	2934,08 ton	8737,434 ton
Keterangan	Memadai	Memadai

Adapun lendutan yang terjadi pada koneksi P1-P2 berdasarkan hasil analisis SAP2000 yaitu sebesar 0,4 mm, yang mana nilai tersebut lebih kecil dibandingkan lendutan izin koneksi sebesar  $L/800$  yaitu 9,57 mm.

Secara umum hasil pada penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yudi Pranoto & Riza Setiabudi bahwa dengan adanya kerusakan struktur maka terdapat pengurangan kapasitas struktur. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Repadi et al. yang menyatakan bahwa

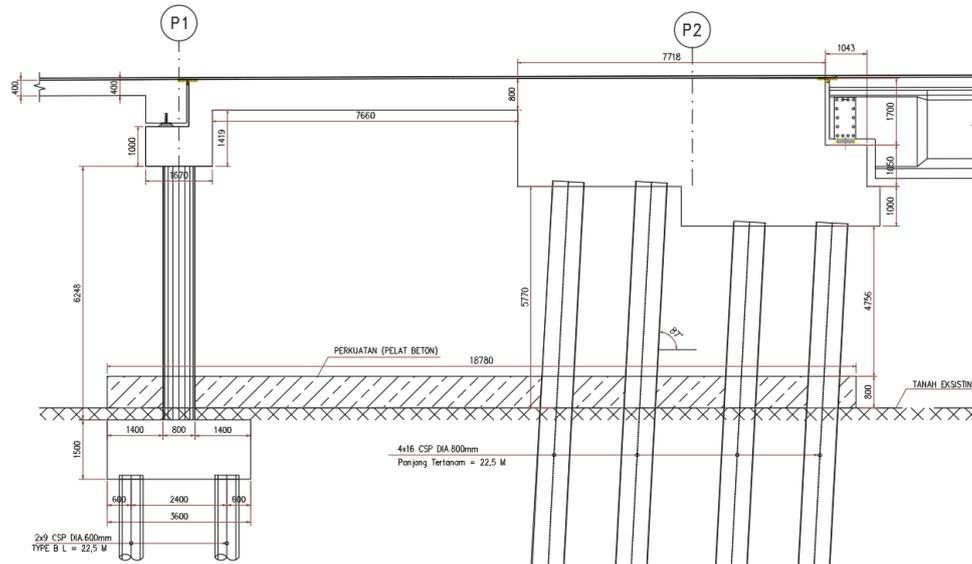
perkuatan dengan bracing mampu meningkatkan kekakuan, kekuatan serta stabilitas struktur [11]. Pada penelitian ini didapatkan setelah ditambahkan bracing berupa pelat yang menghubungkan antara P1-P2 maka kebutuhan tulangan pada koneksi P1-P2, tiang pancang P2 dan kolom P2 seluruhnya terpenuhi dengan yang sudah terpasang di lapangan, maka dapat dikatakan bahwa dengan penambahan bracing, kapasitas tulangan yang awalnya tidak memadai menjadi memadai (meningkatkan kekuatan struktur).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa didapatkan bahwa kapasitas tiang setelah mengalami kemiringan menjadi tidak memadai. Ditandai dengan kurangnya tulangan pada tiang pancang P2 sebanyak 6 - D10,7 mm dan kolom P2

sebanyak 9 - D10,7 mm. Akibat dari kapasitas tiang pancang yang tidak memadai, menyebabkan pelat koneksi P1 - P2 kekurangan tulangan arah memanjang (top), adapun tulangan yang terpasang di lapangan adalah D32-250 namun yang dibutuhkan yaitu D32-160.

Adapun perkuatan yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tulangan tersebut yaitu dengan cara membuat bracing berupa pelat beton yang menghubungkan antara Pilar 1 dan Pilar 2, dengan dimensi bracing yaitu 18,78 m × 33,92 m × 0,8 m serta kebutuhan tulangan arah melintang dan memanjang D32-250. Gambar perkuatan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perkuatan Bracing Pelat Beton pada P1-P2

#### Daftar Rujukan

- [1] H. Masiku. 2019. Perencanaan Sub Struktur Jembatan Sungai Orongan Kabupaten Toraja Utara. *Dynamic SainT*, 4(1), pp. 756–763.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga. 2011. *Pedoman Konstruksi dan Bangunan No.024/BM/2011 Penentuan Nilai Sisa Kapasitas Jembatan*. Jakarta : Kementrian PUPR.
- [3] Yudi Pranoto dan Riza Setiabudi. 2019. Evaluasi Kekuatan Struktur Bangunan Gedung (Studi Kasus : Bangunan Gedung SMPN 19 Samarinda, Kalimantan Timur). *Jurnal Rekayasa*, 8(2), pp. 101–122.
- [4] Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. *Modul 5 - Perkuatan Jembatan*. Bandung.
- [5] Mulyadi. 2018. Pengaruh Penggunaan Carbon Fibre Sheet Terhadap Kekakuan Pada Balok Beton Bertulang. *Genta Mulia*, 9(1), pp. 89–98.
- [6] R. Suryadi dan S. A. Nugroho. 2015. Pengaruh Kemiringan Pondasi Tiang Terhadap Daya Dukung Tiang Tunggal Akibat Beban Vertikal. *Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar)*, pp. 263–271.
- [7] Badan Standarisasi Nasional. 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan*.
- [8] Badan Standarisasi Nasional. 2016. *SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*.
- [9] Badan Standarisasi Nasional. 2005. *RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan*.
- [10] J. E. Bowles. 1989. *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga.
- [11] J. A. Repadi, J. Sunaryati, dan R. Thamrin. 2016. Analisis Kinerja Struktur Beton Bertulang Dengan Variasi Penempatan Bracing Inverted V. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 12(2), pp. 32–39.