

Redesain Sistem Slab On Pile Jembatan Utama Pada Proyek Lanjutan Pekerjaan Aksesibilitas Bandar Udara Soekarno – Hatta

Slab On Pile Bridge System Redesign Main In Advanced Project Soekarno-Hatta Airport Accessibility

Sukma Kusumadewi¹, Pujo Priyono^{2*}, Adhitya Surya Manggala³

¹ Mahasiswa Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email: sukmakusumadewi308@gmail.com

² Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember* Koresponden Author

Email: pujo@unmuhjember.ac.id

³ Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email: manggala@unmuhjember.ac.id

ABSTRAK

Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta atau Soekarno Hatta International Airport (SHIA) merupakan bandar udara terbesar dan utama di Indonesia. Bandara ini terletak di Kota Tangerang yang hanya berjarak 20 kilo meter dari ibukota DKI Jakarta. Pada desain struktur pondasi slab on pile jembatan utama Proyek Lanjutan Pekerjaan Aksesibilitas Bandara Soekarno-Hatta mengenai struktur box culvert yang berada dibawah muka tanah. Hasil Analisa struktur dari aplikasi pendukung STAAD – PRO didapatkan gaya aksial sebesar 299.67 kN dan nilai penurunan yang terjadi pada kelompok tiang sebesar 0.0941 cm dengan nilai modulus elastisitas sebesar 24036.6189 kN/m², yang merupakan tanah pasir tidak padat. Dengan menggunakan aplikasi PCACol, didapat diameter kolom yaitu 12 D29 dengan nilai $\rho = 2.8\%$. Pondasi strauss berdiameter 600 mm dan kedalaman 36 m. dengan mempertimbangkan nilai efisiensi diperoleh nilai daya dukung tiang pancang kelompok (Q_u) sebesar 602.202 ton $\geq P_u = 30.56$ ton, yang merupakan dari penggunaan 4 tiang. Dengan tulangan beton pengisi yaitu 16D19 dan tulangan spiral sebesar $\varnothing 6 - 50$ mm. Pile cap berdimensi 5.5 m \times 5.5 m \times 0.9 m, dengan menggunakan tulangan lentur arah X D29 – 110 mm, arah Y D25 – 130, tulangan geser satu arah $\varnothing 10 - 100$ mm, dan tulangan bagi $\varnothing 19 - 200$ mm.

Kata Kunci : Slab on Pile, Pondasi Strauss, Pile Cap, Penurunan, Daya Dukung Pondasi

ABSTRACT

Soekarno-Hatta International Airport (SHIA) is the largest and main airport in Indonesia. The airport is located in Tangerang City which is only 20 kilometers from the capital city of DKI Jakarta. In the design of the slab on pile foundation structure of the main bridge the Soekarno-Hatta Airport Accessibility Work Advanced Project regarding the box culvert structure which is below the ground. The results of the structural analysis of the STAAD – PRO support application obtained an axial force of 299.67 kN and the value of the settlement that occurred in the pile group was 0.0941 cm with a modulus of elasticity of 24036.6189 kN/m², which is a non-solid sandy soil. By using the PCACol application, the column diameter is 12 D29 with a value of $\rho = 2.8\%$. The strauss foundation is 600 mm diameter in 36 m. With the efficiency consideration, it was found the group carrying capacity (Q_u) was 602.202 ton $\geq P_u = 30.56$ ton, which is from the used of 4 piles with reinforced concrete reinforcement of 16D19 and spiral reinforcement of 6 – 50 mm. Pile cap dimensions are 5.5 m \times 5.5 m \times 0.9 m, using flexural reinforcement of X direction D29 – 110 mm, Y gradient D25 – 130, shear reinforcement 10 – 100 mm, and shrinkage reinforcement for 19 – 200 mm.

Keywords: Slab on Pile, Strauss foundation, Pile Cap, settlement, foundation bearing capacity

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta atau *Soekarno Hatta International Airport* (SHIA) merupakan bandar udara terbesar dan utama di Indonesia. Proyek lanjutan pekerjaan aksesibilitas Bandara International Soekarno-Hatta menjadi salah satu proyek PT. Angkasa Pura yang hadir sebagai suatu upaya untuk meningkatkan infrastruktur lalu lintas bandara. Jembatan pada proyek lanjutan pekerjaan aksesibilitas Bandara International Soekarno-Hatta dibangun dengan 4 lajur dengan total terdapat 9 bagian pekerjaan yakni frontage utara, interchange utara, diagonal, utara, clover utara, frontage selatan, interchange selatan, diagonal selatan, clover selatan, dan jembatan utama.

Pada desain struktur pondasi *slab on pile* jembatan utama Proyek Lanjutan Pekerjaan Aksesibilitas Bandara Soekarno-Hatta mengenai struktur box culvert yang berada dibawah muka, sehingga pekerjaan pondasi pileslab tidak dapat dilaksanakan. Pekerjaan pileslab jembatan utama berada pada jalur kritis sehingga diperlukan review desain yang cepat dan tidak memperlambat waktu. Didalam struktur box culvert terdapat kabel listrik dan pipa air yang bekerja selama 24 jam sehari untuk mensupply air dan listrik Terminal 3 Bandara Soekarno-Hatta, sehingga metode pemindahan struktur box culvert tidak dapat direalisasikan. Metode kerja yang menimbulkan getaran dapat berpotensi merusak struktur ducting.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menghitung penurunan dari slab on pile pada Proyek Lanjutan Pekerjaan Aksesibilitas Bandara Soekarno-Hatta?
2. Bagaimana merencanakan redesain slab on pile yang mampu menghindari box culvert pada Proyek Lanjutan Pekerjaan Aksesibilitas Bandara Soekarno-Hatta?

C. Tujuan

1. Menghitung penurunan dari slab on pile pada Proyek Lanjutan Pekerjaan Aksesibilitas Bandara Soekarno-Hatta.

2. Merencanakan redesain slab on pile yang mampu menghindari box culvert pada Proyek Lanjutan Pekerjaan Aksesibilitas Bandara Soekarno-Hatta.

D. Batasan Masalah

1. Struktur yang dianalisa adalah struktur *slab on pile* jembatan utama pada “Proyek Lanjutan Pekerjaan Aksesibilitas Bandara Soekarno-Hatta.
2. Tidak menghitung analisa biaya dan waktu.
3. Tidak turut mendesain ulang struktur pendukung.
4. Standar Pembebanan untuk Jembatan, SNI 1725:2016
5. Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung, SNI 1726-2019.
6. Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa, SNI 03-2833-2016

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembebanan Jembatan

Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemenelemen non-struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang berkurang.

B. Daya Dukung Izin Tekan

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (1)$$

$$Q_u = (q_d \cdot A_b) + (\sum l_i \cdot f_i \cdot k) \quad (2)$$

$$R_a = \frac{1}{3} \times R_u \quad (3)$$

Dimana:

Ra = Daya dukung ijin tiang (ton)

qd = Tahanan dukung terpusat tiang (ton/m²)

Ab = Luas ujung bawah tiang (m²)

k = Panjang keliling tiang (m)

li = Panjang segmen tiang yang ditinjau

fi = Gaya geser pada selimut segmen tiang (ton/m²)

C. Daya Dukung Izin Tarik

$$P_{ta} = \frac{(\sum f_i \cdot l_i) \times 0,70}{FK_2} + W_p \quad (4)$$

Dimana:

P_{ta} : Daya dukung izin tarik tiang (ton)

L_i : Panjang segmen tiang yang ditinjau

F_i : Gaya geser pada selimut segmen tiang yang ditinjau (ton/m^2)
 W_p : Berat pondasi (kg)
 $FK2$: Faktor Keamanan = 5

E_g : Efisiensi kelompok tiang
 θ : arc tg (D/s) (derajat)
 D : Diameter penampang tiang (m)
 s : Jarak antar tiang (as ke as) (m)
 m : Jumlah tiang dalam 1 kolom
 n : Jumlah tiang dalam 1 baris

D. Daya Dukung Izin Horizontal

$$H_U = \frac{2M_y}{\frac{3D}{2} + \frac{f}{2}} \quad (5)$$

Dimana:

M_y : Momen yang terjadi (kN.m)
 H_u : Gaya tahanan lateral ultimit (kN)
 g : Kedalaman tiang dibawah kedalaman f (m)
 D : Diameter tiang (m)

E. Menentukan Jumlah Tiang (n)

$$n = \frac{P_{max}}{P_a} \quad (6)$$

Dimana:

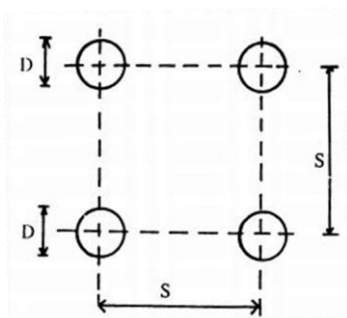
N : Jumlah tiang
 P_{max} : Gaya aksial maksimum yang bekerja (ton)
 P_a : Daya dukung satu tiang (ton)

F. Jarak Antar Pondasi dalam Kelompok

$$S \geq 2,5D - 3D \quad (7)$$

Dimana:

S : Jarak antar tiang dalam kelompok (spacing) (m)
 D : Diameter tiang (m)



Gambar 1. Jarak Antar Tiang dalam Kelompok
 Sumber: Sardjono, 1991:51)

G. Efisiensi Kelompok Tiang

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (8)$$

Dimana:

H. Beban Maksimum (P_{max})

$$P = \frac{P_u}{np} \pm \frac{M_y \times X_{max}}{N_y \times \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{max}}{N_x \times \sum Y^2} \quad (9)$$

Dimana:

P_{max} : Beban maksimum yang diterima oleh pondasi (Kg)
 P_u : Jumlah total beban normal / gaya aksial (Kg)
 n : Jumlah pondasi
 M_y : Momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu y (Kgm)
 X_{max} : Jarak terjauh tiang ke pusat berat kelompok tiang searah sumbu x (m)
 N_y : Banyak tiang dalam satu baris searah sumbu y (buah)
 $\sum X^2$: Jumlah kuadrat absis tiang (m^2)
 M_x : Momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu x (Kgm)
 Y_{max} : Jarak terjauh tiang ke pusat berat kelompok tiang searah sumbu y (m)
 N_x : Banyak tiang dalam satu baris searah sumbu x (buah)
 $\sum Y^2$: Jumlah kuadrat ordinat tiang (m^2)

I. Perhitungan Tulangan Pilecap

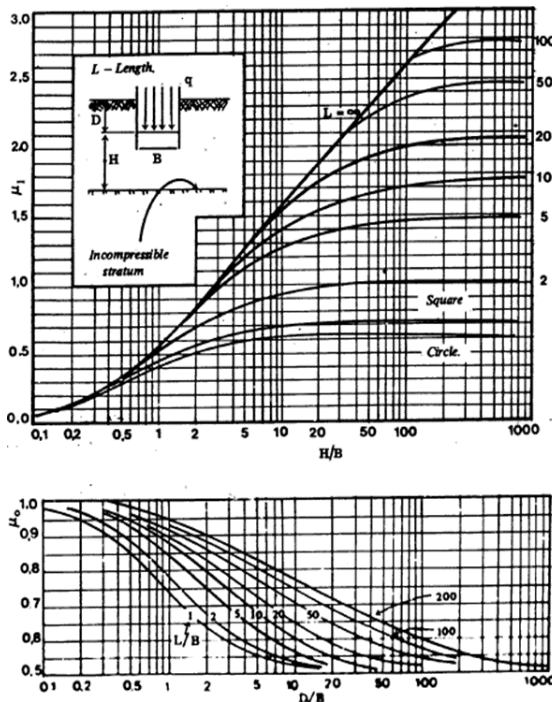
- Momen nominal (M_n)
 $M_n = M_u / \phi$
- Tinggi efektif pilecap (d)
 $d = h - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan}$
- Koefisien kapasitas penampang (R_n)
 $R_n = M_n / b \times d^2$
- $m = f_y / 0.85 \times f'_c$
- $\rho_b = 0.85 \left(\frac{0.85 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
- $\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$
- $\rho_{min} = 1.4 / f_y$
- Asperlu = $\rho_{ada} \times b \times d$
- Jumlah tulangan
- Jarak tulangan
 $s = b - (2 \times \text{selimut beton}) / n - 1$

J. Penurunan Segera (*Immediate Settlement*)

$$S_i = \mu_i \mu_o \times \frac{qB}{E} \quad (10)$$

Dimana:

- S_i : Penurunan segera
- Q : Tekanan yang terjadi $\frac{Pu}{A}$
- B : Lebar kelompok tiang
- E_u : Modulus elastis
- μ_i : Faktor koreksi untuk lapisan tanah dengan tebal terbatas H (**Gambar 2**)
- μ_o : Faktor koreksi untuk kedalaman pondasi D_f (**Gambar 2**)



Gambar 2. Grafik Hubungan μ_i , μ_o
 Sumber: Janbu, Bjerrum dan Kjaernsli (Hardiyatmo, 2010)

Tabel 1. Modulus Elastisitas Tanah (E_s)

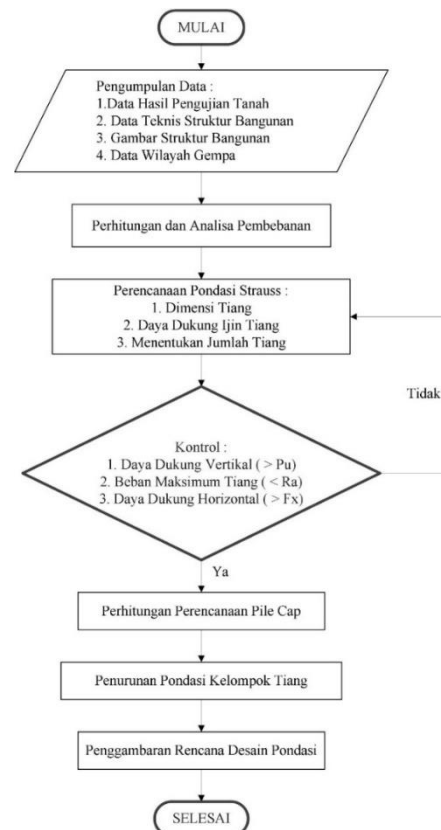
Macam Tanah	E (kN/m ²)
Lempung:	
• Sangat lunak	300 – 3000
• Lunak	2000 – 4000
• Sedang	4500 – 9000
• Keras	7000 – 20000
• Berpasir	30000 – 42500
Pasir:	
• Berlanau	5000 – 20000
• Tidak padat	10000 – 25000
• Padat	50000 – 100000
Pasir dan Kerikil:	
• Padat	80000 – 200000
• Tidak padat	50000 – 140000
Lanau	2000 – 20000

Macam Tanah	E (kN/m ²)
Loess	15000 – 60000
Serpih (Shales)	140000 – 1400000

Sumber: Mekanika Tanah 1, Hardiyatmo

3. METODOLOGI

Tahapan perencanaan redesain *slab on pile* dimulai dengan pengumpulan data, perhitungan dan analisa data, perencanaan pondasi *strauss*, perencanaan pile cap, penurunan pondasi kelompok tiang dan penggambaran rencana redesain.



Gambar 3. Diagram Alir Tahapan Perencanaan Pondasi Strauss

Sumber: Hasil Perhitungan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Perencanaan :

- Panjang Jembatan Utama : 365 meter
- Panjang *Clover* Selatan : 96 meter
- Jenis Aspal : 60/70
- Kelas Jalan : Kelas Jalan I
- Jumlah Jalur Lalu Lintas : 2 Jalur
- Tipe Jembatan : Pileslab
- Lebar Total Jembatan : 26,5 m

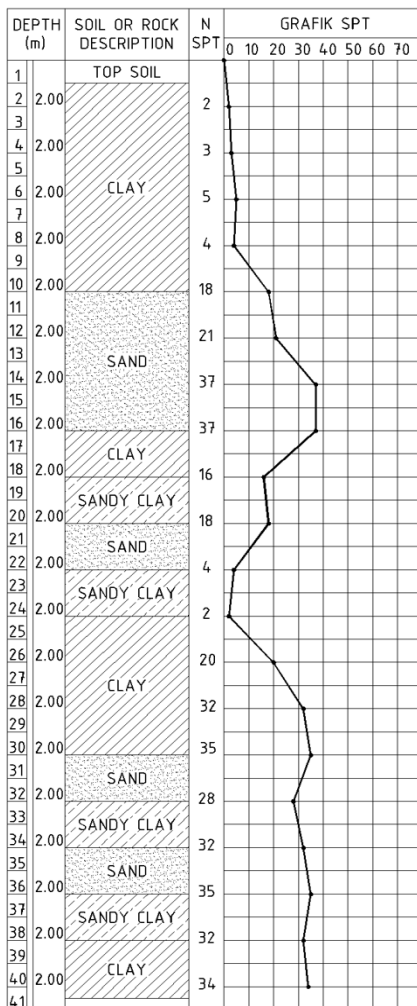


Gambar 4. Lokasi Pileslab Jembatan Utama
 Sumber: *Goole Earth*

Tabel 2. Beban Mati Tambahan

No	Jenis Beban Mati Tambahan	Tebal (m)	Bj (Kg/m ³)	W (Kg/m ³)
1	Lap. Aspal & Overlap	0.06	2240	134.4
2	Stelldeck	1	7	7
3	Air Hujan	0.057	1000	57
Total				198.4

Sumber: Perhitungan Data, 2022



Gambar 5. Bor log
 Sumber: Data pengujian Laboratorium PT. Wijaya Karya, 2021

Tabel 3. Beban Lalu Lintas

No	Jenis Beban	Nilai Beban	Satuan
1	Beban Lajur D		
	Beban Terbagi Rata	5400	Kg/m
	Beban Garis Terpusat	6860	Kg/m
2	Beban Truk "T"	500	kN
3	Gaya Rem	10125	Kgm
4	Aksi Lingkungan		
	Beban Angin (Ew)	1143.53	Kg/titik
	Beban Gempa (Eq)	12181.76	Kg/titik

Sumber: Perhitungan Data, 2022

B. Perencanaan Kolom

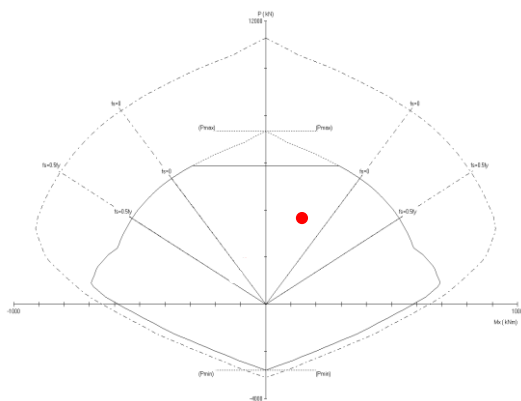
Data gaya dalam pada pelat didapatkan dari hasil output kombinasi pembebanan Kuat 1 pada program STAAD.Pro V22. Gaya dalam yang terjadi pada kolom dapat dilihat pada **Tabel 4** dibawah ini.

Tabel 4. Gaya Dalam Kolom

KOMBINASI	P	V _y	V _z	Torsio n	M _y	M _z
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
KUAT 1	2906	-27,4	-1,84	0,538	137,38	-120,252
KUAT 2	2391,19	-22,69	-1,42	0,418	97,304	-52,520
EKSTREM 1	1131,336	-30,99	-0,50	0,149	38,163	-114,607
EKSTREM 2	1131,336	-30,99	-0,50	0,149	38,163	-114,607

Sumber: Perhitungan Data, 2022

Data pada **tabel 4** kemudian diinput kedalam program PCA untuk mendapatkan diagram kekuatan kolom. Dari diagram pada **Gambar 6.** dapat dilihat bahwa gaya yang terjadi masih berada pada bagian diagram sehingga kolom pile dapat menahan beban yang terjadi.



Gambar 6. Diagram interaksi Kolom
 Sumber: Perhitungan Data, 2022

Dari diagram interaksi diatas menggunakan tulangan kolom 12D29, dengan nilai $\rho = 2.8\%$.

C. Perencanaan Pondasi

Hasil output kombinasi pembebanan Kuat 1 pada program STAAD.Pro V22. Gaya dalam yang terjadi dapat dilihat pada **Tabel 5** dibawah ini.

Tabel 5. Kombinasi Beban Pondasi

KOMBINASI	P	Vy	Vz	Torsi on	My	Mz
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
KUAT 1	299,67	12,021	-3,58	0,927	31,88	119,74
KUAT 2	259,948	9,907	-2,82	-1,03	24,80	98,71
EKSTREM 1	157,05	-6,04	-1,00	-0,37	8,85	-56,82
EKSTREM 2	157,05	-6,04	-1,00	-0,37	8,85	-56,82

Sumber: Perhitungan Data, 2022

• Gaya Gesek Maksimum Dinding Pondasi Tiang

$$Q_s = \text{Keliling tiang (U)} \times \sum I_i \times f_i$$

$$= (\pi \times 0.6) \text{ m} \times 217.2 \text{ ton/m}$$

$$= 409.412 \text{ ton}$$

• Daya Dukung Ultimit Pada Pondasi Tiang Tunggal

$$Q_u = q_d \times A + U \times \sum I_i \times f_i$$

$$= 206.685 \text{ ton} + 409.412 \text{ ton}$$

$$= 616.098 \text{ ton}$$

• Daya Dukung yang Diizinkan Untuk Tiang Tunggal

$$q_u = \frac{Q_u}{FK}$$

$$q_u = \frac{q_d \times A}{3} + \frac{U \times \sum I_i \times f_i}{5}$$

$$q_u = \frac{206.685}{3} + \frac{409.412}{5}$$

$$q_u = 150.778 \text{ ton} = 1478.529 \text{ kN}$$

• Kontrol Jarak Antar Tiang

$$S \geq 2,5D - 3D$$

$$4.5 \text{ m} \geq 3 (0.6) \text{ m}$$

$$4.4 \text{ m} \geq 1.8 \text{ m}$$

• Efisiensi Kelompok Tiang

$$\eta_g = 1 - \theta \times \left\{ \frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{90 \times m \times n} \right\}$$

$$\eta_g = 1 - \text{arc tg} \frac{0.6}{4.4} \times \left\{ \frac{(2-1) \times 2 + (2-1) \times 2}{90 \times 2 \times 2} \right\}$$

$$\eta_g = 0.999$$

• Daya Dukung Kelompok Tiang

Perhitungan daya dukung ijin vertikal kelompok tiang adalah sebagai berikut:

$$Q_u = \text{jumlah tiang} \times \eta_g \times q_u$$

$$Q_u = 4 \times 0.999 \times 150.778$$

$$Q_u = 602.202 \text{ ton} \geq P_u = 30.56 \text{ ton}$$

Aman!!

• Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

$$P = \frac{P_u}{np} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{N_y \times \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{N_x \times \sum Y^2}$$

$$P_{\max} = \frac{299.67}{4} + \frac{31.888 \times 2}{\frac{2 \times 16}{119.746 \times 2} + \frac{2 \times 16}{2 \times 16}}$$

$$P_{\max} = 84.395 \text{ kN} \leq Q_u = 1478.529 \text{ kN}$$

AMAN !!

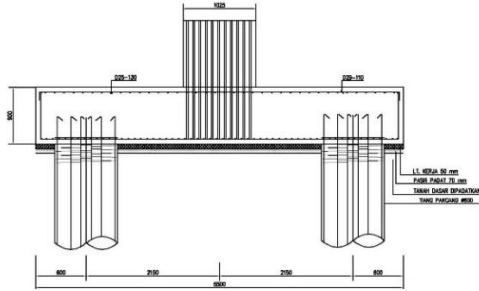
$$P_{\min} = \frac{299.67}{4} - \frac{31.888 \times 2}{\frac{2 \times 16}{119.746 \times 2} - \frac{2 \times 16}{2 \times 16}}$$

$$P_{\min} = 65.4404 \leq Q_u = 1478.529 \text{ kN}$$

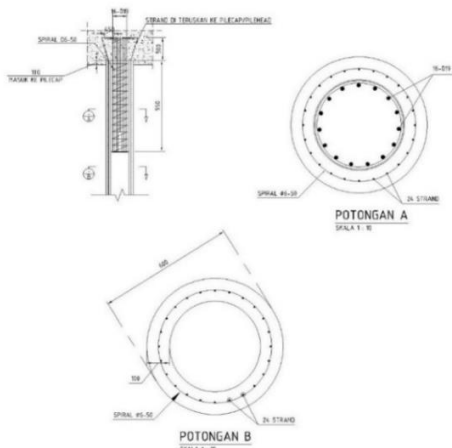
AMAN !!

D. Perencanaan Pile Cap

Pmaks = 84.395 kN
 Dimensi (B x L) = 5500 x 5500 mm
 Tinggi pile cap (h) = 900 mm
 Tul. geser satu arah = Ø10 – 100 mm
 Tulangan bagi = Ø19 – 200 mm



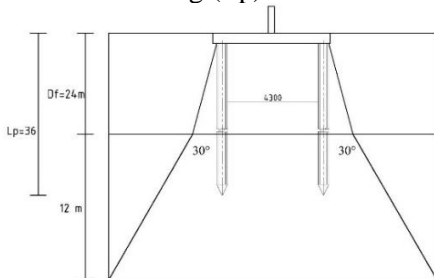
Gambar 7. Gambar Detail Penulangan Pile Cap
 Sumber: Perhitungan Data, 2022



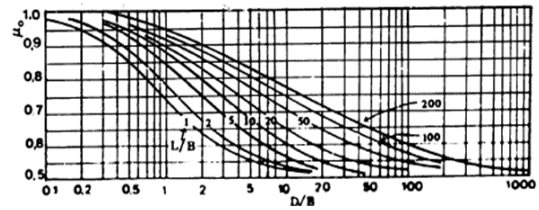
Gambar 8. Detail Sambungan Tiang Strauss dengan Pile Cap
 Sumber: Perhitungan Data, 2022

E. Penurunan Pondasi

Kedalaman tiang (Lp) = 36 m

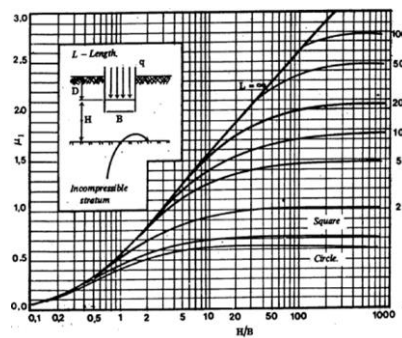


Gambar 9. Diagram Penurunan Segera Kelompok Tiang
 Sumber: Perhitungan Data, 2022



Gambar 10. Grafik Penentuan Nilai μ_0
 Sumber: Janbu, Bjerrum dan Kjaernsli (Hardiyatmo, 2010)

Nilai $\mu_0 = 0.8$



Gambar 11. Grafik Penentuan Nilai μ_1
 Sumber: Janbu, Bjerrum dan Kjaernsli (Hardiyatmo, 2010)

Nilai $\mu_1 = 0.49$

Nilai Modulus Elastisitas berdasarkan pendekatan Mitchell dan Gardener (1975) didapatkan sebesar 24036.6189 kN/m² yang merupakan tanah pasir tidak padat, sehingga penurunan segera kelompok tiang sebagai berikut:

$$Si = \mu_0 \times \mu_1 \times \frac{q \times B}{E}$$

$$Si = 0.8 \times 0.49 \times \frac{0.361 \times 16.3}{2451.053}$$

$$Si = 0.000941 \text{ m}$$

$$= 0.0941 \text{ cm}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisa dan perhitungan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- A. Nilai penurunan yang terjadi pada kelompok tiang sebesar 0.0941 cm dengan nilai Modulus Elastisitas sebesar 24036.6189 kN/m², yang merupakan tanah pasir tidak padat.

B. Beban yang diterima oleh pondasi pancang akibat pembebanan struktur sebesar:

$$\text{Gaya aksial (Pu)} = 299.67 \text{ kN}$$

$$\text{Momen sumbu X} = 119.746 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen sumbu Y} = 31.8877 \text{ kNm}$$

Dengan menggunakan aplikasi PCACol, didapat diameter kolom yaitu 12 D29 dengan nilai $\rho = 2.8\%$. Pondasi strauss berdiameter 600 mm dan kedalaman 36 m. dengan mempertimbangkan nilai efisiensi diperoleh nilai daya dukung tiang pancang kelompok (Q_u) sebesar 602.202 ton \geq Pu = 30.56 ton, yang merupakan dari penggunaan 4 tiang. Tulangan beton pengisi yaitu 16D19 dan tulangan spiral sebesar $\varnothing 6 - 50$ mm. *Pile cap* berdimensi 5.5 m \times 5.5 m \times 0.9 m, dengan menggunakan tulangan lentur arah X D29 – 110 mm, arah Y D25 – 130, tulangan geser satu arah $\varnothing 10 - 100$ mm, dan tulangan bagi $\varnothing 19 - 200$ mm.

6. SARAN

Dalam studi ini penulis hanya menggunakan data tanah yang berupa data tanah N – SPT untuk memperhitungan penurunan *slab on pile* dan perencanaan pondasi strauss, oleh karena itu penulis menyarankan pada studi redesain perencanaan *pile on slab* pada jembatan selanjutnya menggunakan data tanah lain seperti data sondir, CPT dan sejenisnya sebagai pembandingan. Diharapkan perencanaan kedepan dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Arfian, Muhammad. 2019, *Studi Perencanaan Pondasi Tiang Pancang pada Apartemen Begawan Tlogomas Malang (Grid 7-17)*. Malang: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang.

Asiyanto. 2009. *Metode Konstruksi Untuk Pekerjaan Pondasi*. Jakarta : Universitas Indonesia (UI-Press).

Badan Standarisasi Nasional. SNI 1725-2016. *Pembebanan Untuk Jembatan*.

Bina Marga. Diambil Kembali dari Aplikasi Lini:
<http://lini.binamarga.pu.go.id/SpektrumRespons.aspx?lon=106,680974&lat=-6,1165112&tahun=2017>.

Bridge Management System. *Bridge Design Manual Bridge Management System*. BMS 1992. Departemen PU Bina Marga.

Fitrohrosyam, Ayu. 2018, *Analisa Daya Dukung Tanah Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Meyerhoff (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jembatan Panda, Desa Panda Bima Ruas Jalan Talabiu – Bima Kabupaten)*. Mataram: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

Hardiyatmo Christady Hary. 2015. *Analisis dan Perancangan Pondasi I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo Christady Hary. 2015. *Analisis dan Perancangan Pondasi II*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

HS Sardjono. 1988. *Pondasi Tiang Pancang Jilid I*. Surabaya : Sinar Wijaya.

HS Sardjono. 1988. *Pondasi Tiang Pancang Jilid II*. Surabaya : Sinar Wijaya.

Nakazawa Kazuto & Sosrodarsono Suyono. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : Pradnya Paramita.

Pamungkas Anugrah & Harianti Erny. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002*. Yogyakarta: Andi Offset.

Royyani, Ami. 2019, *Perencanaan Abutment, Pilar, dan Pondasi Tiang Pancang Jembatan Overpadd Kawisrejo pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Gempol – Pasuruan Seksi 3B*. Malang: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang.