Perancangan Fondasi Abutment Flyover di Simpang Padat Lalu Lintas, Simpang Samsat Soekarno-Hatta Bandung

Allysha Putri Hataman[1*], Zidan Fauzi Nugraha[2], Hendry[3]

[1]Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
[*]Coresponding author: allysha.putri.tpjj21@polban.ac.id
phone : +6281223627469
[2]Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail: zidan.fauzi.tpjj21@polban.ac.id
[3]jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Badnung, Bandung 40012
E-mail : hendry@polban.ac.id

ABSTRAK

Seiring dengan pertumbuhan Kota Bandung membuat infrastruktur jalan semakin meningkat mengakibatkan penggunaan Jalan Soekarno Hatta turut meningkat terutama pada simpang samsat yang menjadi jalan alternatif pilihan yang mengubungkan pusat kota dengan daerah-daerah peyangga. Untuk mengurangi penumpukan kendaraan pada simpang bersinyal, diperlukanya peningkatan fungsi simpang dari simpang bersinyal menjadi simpang tidak sebidang (*flyover*). Perencanaan *flyover* pada simpang samsat menggunakan jenis Jembatan beton yang memiliki 1 buah bentang dengan panjang 40,3 meter. Bentang tersebut nantinya akan menyalurkan beban kepada 2 buah abutment. Perancangan abutment pada flyover Soekarno-Hatta memerlukan dimensi besar karena tingginya volume kendaraan dan kombinasi beban ekstrem. Pondasi bore pile membantu abutment dalam stabilisasi terhadap daya dukung. Pondasi bore pile yang digunakan berjumlah 15 buah dengan diameter 0,8 meter dan menghasilkan nilai daya dukung tunggal sebesar 3047,06 kN, daya dukung tersebut mampu menahan gaya yang bekerja pada masing-masing tiangnya. Daya dukung grup atau kapasitas yang dimiliki oleh tiang grup adalah sebesar 34298,4 kN nilai tersebut lebih dari beban yang bekerja pada pondasi yang dihasilkan dari kombinasi pemebebanan ekstrim 1, dengan beban tersebut dan kondisi tanah dasar dari hasil pengujian diketahui lapisan tanah keras berada pada kedalaman -8,00 meter, maka penurunan yang terjadi untuk tiang tunggal nya adalah 0,946 cm serta untuk penurunan pada tiang grupnya mencapai 1,79 cm. Nilai penurunan tidak melebihi nilai penurunan ijin maka pondasi tersebut dapat digunakan pada kondisi tanah dasar eksisting di jalan Soekarno Hatta.

Kata kunci
Fondasi, Daya Dukung, Penurnan, Tanah Dasar, Kombinasi Pembebanan

Along with the growth of Bandung City, road infrastructure is increasing, resulting in the use of Soekarno Hatta Street also increasing, especially at the Samsat intersection which is an alternative road choice that connects the city center with buffer areas. To reduce vehicles at signalized intersections, it is necessary to improve the intersection function from a signalized intersection to a non-level intersection (flyover). The flyover planning at the Samsat intersection uses a concrete bridge type that has 1 span with a length of 40.3 meters. The span will later distribute the load to 2 supports. The design of the abutment on the Soekarno-Hatta flyover requires large dimensions due to the high volume of vehicles and the combination of extreme loads. Borepile foundations help the abutment in stabilizing the bearing capacity. The borepile foundations used are 15 pieces with a diameter of 0.8 meters and produce a single bearing capacity value of 3047.06 kN, the bearing capacity is able to withstand the forces acting on each of its pillars. The group bearing capacity of the pile group is 34,298.4 kN, exceeding the load applied to the foundation resulting from extreme load combination 1. Given this load and the underlying soil conditions, the test results show a hard soil layer at a depth of -8.00 meters. The settlement for the single pile is 0.946 cm, while the settlement for the pile group is 1.79 cm. The settlement values do not exceed the permitted settlement value, so the foundation can be used in the existing subgrade conditions on Soekarno-Hatta Street.

Keywords
Foundation, Bearing Capacity, Settlement, Subgrade, Load Combination

1. PENDAHULUAN

Jalan Soekarno-Hatta Bandung yang dulunya dikenal dengan jalan bypass merupakan jalan nasional yang membentang sepanjang 18,46 km dengan batas dari bundaran Cibeureum sampai dengan bundaran Cibiru. Seiring dengan pertumbuhan Kota Bandung membuat infrastruktur jalan semakin meningkat mengakibatkan penggunaan Jalan Soekarno Hatta turut meningkat. Pada jalan ini terdapat beberapa simpang utama yang menjadi titik temu arus lalu lintas, salah satunya Simpang Soekarno-Hatta Ibrahim Ajie yang menjadi simpang terpadat di Jalan Soekarno-Hatta dilihat dari volume kendaraan dan antrian panjang. Simpang ini menghubungkan jalan Soekarno-Hatta bagian selatan dengan Jalan Ibrahim Ajie yang menjadi akses penting menuju kawasan Kiaracondong dan sekitarnya.

Perencanaan simpang tak sebidang *(Flyover*) menjadi solusi paling sesuai yang dapat mengurangi antrian kendaraan akibat rambu lalu lintas. *Flyover* simpang samsat direncakana sebagai jembatan kelas 1/A dengan 2 buah abutment sebagai tumpuan utama, karena kondisi eksisting

jalan dan tanah yang perlu perkuatan dibuatlah perencanaan fondasi yang membantu membuat *Flyover* Soekarno-Hatta Bandung stabil dan kuat.

2. STUDI PUSTAKA

2.1. Flyover

Jembata layang (*Flyover*) merupakan suatu kontruksi yang menghubungkan ruas jalan. Adapun fungsi flyover untuk menghindari daerah yang mengalami permasalahan kemacetan lalu lintas atau melintasi kereta api selain itu, *flyover* dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas dan mengatasi hambatan konflik karena persimpangan.

2.2. Abutment

Abutment menerima beban yang diteruskan dari pelat jembatan melalui perletakan. Perencanaan abutment dilakukan dengan perencanaan beban yang bekerja pada stuktur bawah jembatan/*flyover* [1].

2.3. Fondasi

Fondasi abutment merupakan bagian dari sistem struktur yang berfungsi untuk menyalurkan beban ke tanah atau batuan pendukung di bawahnya guna menjamin kestabilan dan keamanan struktur flyover secara keseluruhan [2].

2.4. Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam perancangan jembatan, pembebanan yang akan dipikul oleh struktur bawah terdiri dari beberapa komponen yang ada diatasnya dan berat sendiri stuktur bawah. Referemsi [3] menunjukkan beben-beban ekstrem untuk setiap keadaan batas. Adapun beban-beban yang tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Gaya-gaya yang Bekerja

Beban Mati	Beban Hidup	Beban Lingkungan
• Berat Sendiri • Berat Mati Tambahan	• Beban Lalu Lintas • Beban Pedestrian • Gaya rem	• Gaya Angin • Tekanan Tanah • Beban Gempa

2.5. Klasifikasi Tanah

Tanah memiliki jenis dan kegunaan yang berbeda, dalam perencanaan terdapat sistem klasifikasi tanah yaitu sistem pengaturan beberapa jenis tanah, salah satunya berdasarkan pemakaian dan tekstur [4].

2.6. Daya Dukung Fondasi

A. Daya Dukung Tiang Tunggal

Pada Ref. [5] Perhitungan daya dukung tiang tunggal harus dieprhatikan secara teliti karena akan mempengaruhi pada jumlah serta jarak antar tiang yang akan digunakan pada sebuah abutment. Untuk menghitung daya dukung tiang tunggal cukup menggunakan rumus seperti pada [6].

Qa $= \frac{qc \times As}{3} + \frac{JHP \times K}{5}$

Keterangan:

Qa = Daya dukung tiang tunggal (kN)
qc = Nilai qc pada ujung pondasi (kg/cm^2)
As = luas permukaan pondasi (cm^2)
JHP = Nilai JHP pada ujung pondasi (kg/cm^2)
K = Nilai keliling permikaan pondasi (cm)

B. Daya Dukung Tiang Grup

Perhitungan daya dukung tiang grup merupakan perhitungan untuk mempertimbangkan jumlah tiang yang akan digunakan pada sebuah abutment yang effisien dengan tetap memenuhi syarat, dimana nilai daya dukung tiang grup harus melebihi gaya vertikal yang dipikul sebuah abutment [7]. Maka perhitungan tersebut dapat dihitung menggunakan rumus yang terdapat pada [8].

Qag = Qa * J * Eg

Keterangan.

Qa = Daya dukung tiang tunggal (kN)
J = (V/Qa)*1,2 ; Jumlah tiang dalam 1 abutment (buah)
V = Gaya Vertikal (kN)
Eg $= 1 - \tan^{-1}(\frac{D}{S}) \times (\frac{(m-1)n+(n-1)m}{90 \times m \times n})$; Nilai efisiensi grup
D = Diameter tiang (m)
S = Jarak antar tiang (m)
m = Jumlah baris tiang
n = Jumlah kolom tiang

C. Distribusi Pembebanan

Distribusi pembebanan pada kepala tiang dapat dihitung menggunakan Persamaan 5[9], sebagai berikut.

$Q = \frac{V}{J} \pm \frac{M_x.y}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y.x}{\Sigma x^2}$

Dimana :

Q = Beban tersidtribusi (kN)
V = Beban vertikal yang bekerja (kN)
M_x = Momen yang bekerja arah x (kN.m)
M_y = Momen yang bekerja arah y (kN.m)
X = Koordinat tuang sb x (m)
Y = Koordinat tiang pada sb y (m)

D. Penurunan (*Settlement*)

Pondasi tiang pada *Flyover* Soekarno Hatta terdapat pada lapisan tanah lempung dengan kesalaman -8,00 meter, perhitungan penurunan pada tiang *Bored Pile* terdapat beberapa aspek yang dapat menimbulkan penurunan. Maka daripada itu perhitungan penurunan menggunakan metode vesic (1970) untuk mengetahui penurnua tiang tunggal, persemaan tersbut dapat dilihat sebagai berikut [10].

$S = \frac{D}{100} + \frac{V \times L}{Ap \times Ep}$

Dimana :

S = Penurnan total di kepaal tiang (m)
D = Diameter tiang (m)
V = Beban yang bekerja (kN)
A_p = Luas Penampang Tiang (m^2)
L = Panjang tiang (m)
E_p = Modulus elastisitas tiang tiang (kN/m^2)

Selanjutnya setelah menemukan penurunan pada tiang tunggal, dapat diketahui penurunan tiang grup menggunakan perhitungan metode vesic (1970) dengan persamaan persamaan sebagai berikut.

$$S_g = S\sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

Dimana :

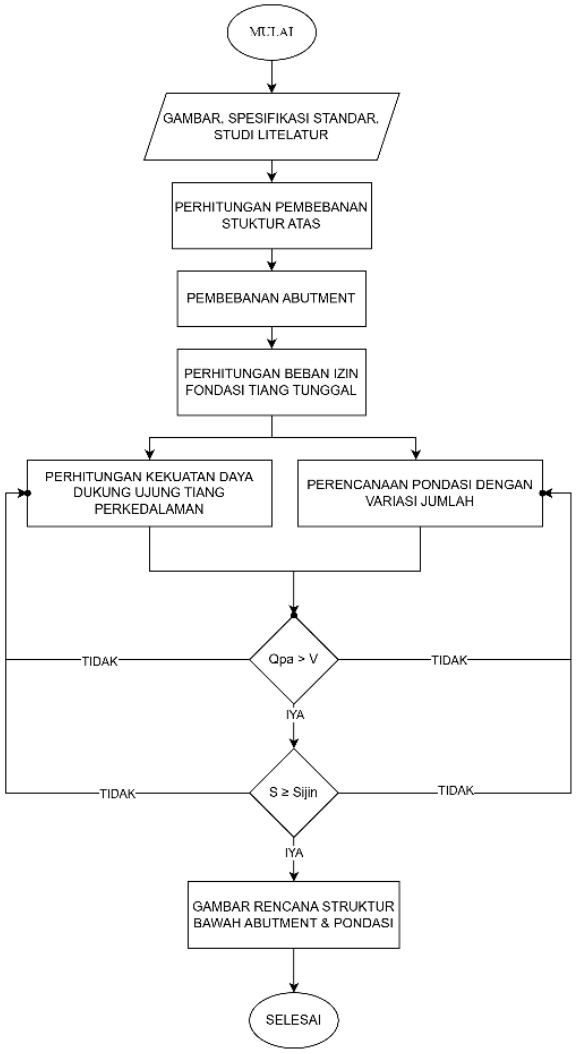
S_g = Penurunan tiang grup (m)

B_g = Lebar tiang grup (m)

Besarnya penurunan tiang grup tidak boleh melebihi penurunan ijin yaitu sebesar 1 inchi atau 2,54 cm [11].

3. METODOLOGI

Metodologi perencanaan stuktur bawah abutment *Flyover* Soekarno-Hatta dapat dilihat pada Gambar 1.

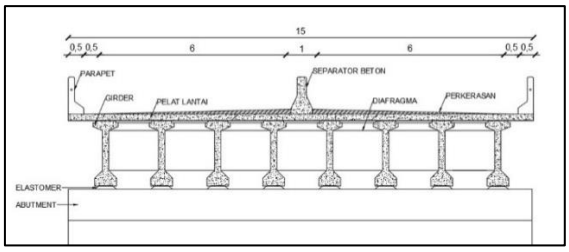


Gambar 1. Perencanaan Struktur Bawah

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Beban Struktur Atas

Jalan pada *Flyover* Soekarno-hatta Bandung merupakan jalan kelas 1A. Berdasarkan dimensi pada Gambar 2 beban yang akan disalurkan kepada abutment dapat dilihat pada Tabel 2.



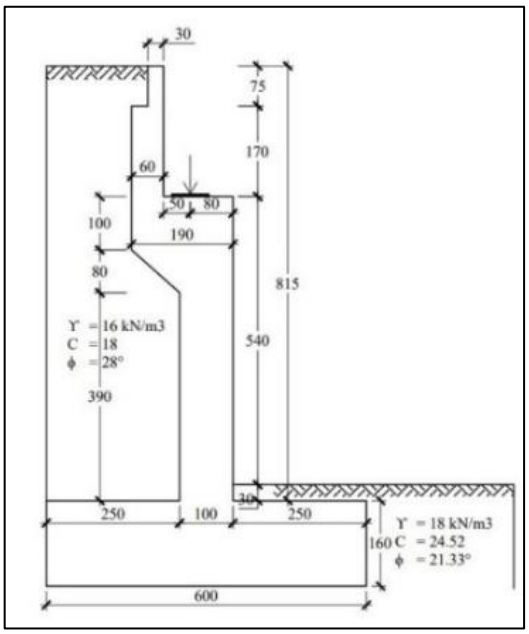
Gambar 2. Melintang Str. Atas

Tabel 2 Beban Sturktur Atas Flyover

No	Aksi/Beban	Kode	Beban (kN)
1.	Berat Sendiri	MS	10790,45
2.	Beban Mati Tambahan	MA	589,42
3.	Beban Lajur "D"	TD	4069,20
4.	Gaya Rem	TB	200,7
5.	Beban Angin Pada Struktur	EWs	233,7
6.	Beban Angin pada Kendaraan	EW1	1,31

2. Perancangan Abutment

Dimensi abutment dibuat berasarkan tinggi ruang bebas dibawah *flyover* dan kondisi tanah dasar dibawah abutment. Bentuk dan segmen abutment *Flyover* Soekarno-Hatta dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Melintang Abutment

Pembebanan stuktur atas dan abutment berdasarkan dimensi dan pemilihan kombinasi pembebanan ekstrem I dihitung berdasarkan maka pembebanan dapat dilihat pada Tabel 3.

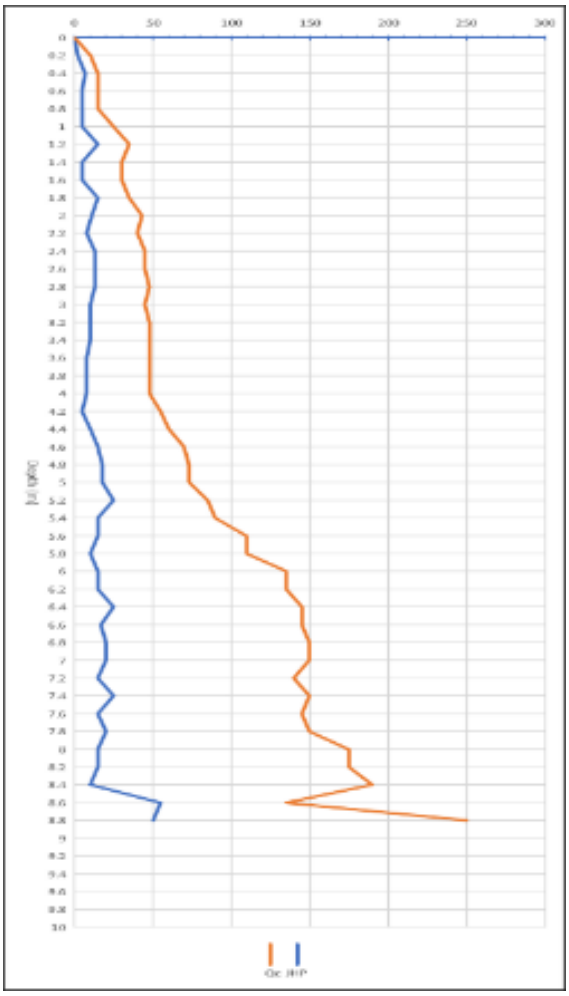
Tabel 3. Gaya-gaya yang terjadi pada abutment

Aksi/Beban	Kode	Beban Vertikal (kN)	Beban Horizontal (kN)
Berat Sendiri	MS	7013,79	
Berat Sendiri Abutment	Ms	13695,62	

Aksi/Beban	Kode	Beban Vertikal (kN)	Beban Horizontal (kN)
Beban Mati Tambahan	MA	589,42	
Beban Lajur "D"	TD	610,38	
Gaya Rem	TB		30,11
Beban Angin Pada Struktur	EWs		0,00
Tekanan Tanah	TA		3182,93
Pengaruh Gempa	EQ		1054,77

3. Perancangan Pondasi

Referensi [12] menunjukan bahwa perancangan pondasi *Bored pile* harus mempertimbangkan terhadap beban yang dipikul dan juga spesifikasi tanah dasar. Pada subab sebelumnya dapat diketahui bahwa beban yang akan di tumpu oleh fondasi yaitu sebesar 21910,52 kN serta untuk nilai spesifikasi tanah dasar diambil dari pengujian sondir dapat dilihat pada Gambar 4 grafik pengujian sondir yang dilakukan pada titik pondasi yang akan direncanakan.



Gambar 4. Grafik Sondir

1) Daya Dukung Fondasi Tunggal

Dimensi pondasi yang akan digunakan memiliki diameter 80 cm. Daya dukung pondasi tunggal dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

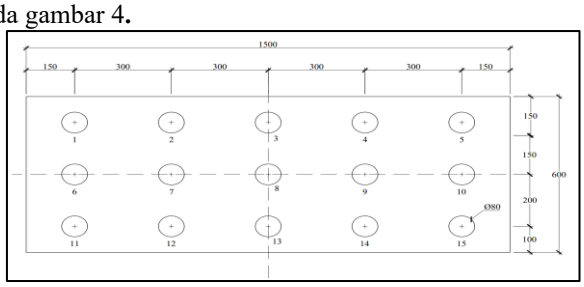
Diketahui data perencanaan.
qc = 200,00 kg/cm^2
As = 5024 cm^2
JHP = 1278,00 kg/cm^2
K = 251,2 cm
Maka nilai daya dukung tiang tunggal pada pondasi bired pile adalah sebesar.

$$Qa = \frac{200 \times 5024}{3} + \frac{1278 \times 251{,}2}{5}$$

Qa = 304706 kg ~ 3047,06 kN
Hasil dari daya dukung tiang tunggal akan digunakan untuk memperhitungakan jumlah tiang yang akan digunakan serta untuk menghitung daya dukung tiang grup .

2) Daya Dukung Tiang Grup

Konfigurasi kelompok tiang yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4**.**



Gambar 5. Konfigurasi Kelompok Tiang

Pada gambar tersebut diketahui bahwa jumlah tiang yang digunakan adalah sebanyak 15 buah dengan konfigurasi m=5 dan n=3 dengan begitu bahwa nilai daya dukung tiang grup dapat dihitung dan mempunyai nilai sebagai berikut.
J = 15 buah
Eg = 0,644
Qa = 3047,06 kN
Qag = 15 * 0,644 * 3047,06
= 34298,4 kN
Qag > V
34298,4 kN > 21910,52 kN (Aman)

Dengan begitu bahwa nilai daya dukung tiang grup melebihi gaya vertikal yang terjadi maka dapat disimpulkan bahwa dengan konfigurasi tiang grup tersebut dapat digunakna untuk perencanaan pondasi pada abutment *flyover* soekarno Hatta.

3) Distribusi Pembebanan

Referensi [13] menjelaskan bahwa analisis distribusi pembebanan dilakukan sebagai kontrol terhadap perkuatan yang sudah dilakukan. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui beban yang di tumpu atau dipikul oleh setiap tiang pada abutment. Distribusi pembebanan dihitung menggunakan Persamaan. Hasil dari perhitungan tersebut dapa dilihat pada dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Beban pada masing-masing Tiang

No.	X (m)	Y (m)	X2 (m)	Y2 (m)	Qn (kN)	Qa (kN)	Syarat
1	-6	2	36	4	830.62	3547	Ok
2	-2	2	4	4	876.69	3547	Ok
3	0	2	0	4	899.73	3547	Ok
4	3	2	9	4	934.28	3547	Ok
5	6	2	36	4	968.83	3547	Ok
6	-6	0	36	0	1391.5	3547	Ok
7	-2	0	4	0	1437.6	3547	Ok
8	0	0	0	0	1460.7	3547	Ok
9	3	0	9	0	1495.2	3547	Ok
10	6	0	36	0	1529.8	3547	Ok
11	-6	-2	36	4	1952.5	3547	Ok
12	-2	-2	4	4	1998.6	3547	Ok
13	0	-2	0	4	2021.6	3547	Ok
14	3	-2	9	4	2056.2	3547	Ok
15	6	-2	36	4	2090.7	3547	Ok
	Total		255	40			

4) Analisis Penurunan (*Settlement*)

Analisis penurunan dilakukan untuk mengetahui apakah penurunan yang terjadi pada tiang memenuhi persyaratan atau tidak [14]. Kedalaman pondasi yang direncanakan berdasarkan lapisan tanah keras pada pengujian sondir yaitu sedalam -8,00 meter. Penurunan yang terjadi dapat dihitungan menggunakan persamaan, berikut merupakan perhitungan penurunan yang terjadi pada tiang boredpile.

Diketahui data perencanaan adalah sebagai berikut.

D = 0,8 meter
V = 21910,52 kN
L = 7,2 meter
As = 0,5024 m^2
Ep = 29725,410 mpa ~ 29725410 kN/m^2

Maka penuruan yang terjadi pada tiang tunggal menggunkaan metode vesic (1970) dapat diketahui sebagai berikut.

$$S = \frac{0,8}{100} + \frac{21910,52 \times 8}{0,5024 \times 29725410}$$

S = 0,00946 m ~ 0,946 cm

Nilai penurunan tersebut dapat digunakan untuk memperhitungkan nilai penurunan tiang grup yang terjadi, perhitungan penurunan tiang grup yang terjadi dapat dilihat pada perhitungan berikut.

Diketahui.

B_g = 12,8 meter

Maka nilai penurunan tiang grup yang terjadi adalah sebagai berikut.

$$S_g = 0,00946 * \sqrt{\frac{12,8}{0,8}}$$

S_g = 0,0179 m ~ 1,79 cm

S_g < S_{ijin}

1,79 cm < 2,54 cm

Dengan penurunan tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan yang terjadi tidak melebihi dari penurunan ijin yang sudah ditentukan, sehingga pondasi yang digunakan memenuhi syarat kaku [15].

5. KESIMPULAN

Perancangan struktur abutment flyover pada simpang Samsat Soekarno Hatta dilakukan dengan mempertimbangkan kombinasi beban maksimum, khususnya kombinasi Ekstrim 1 yang mencakup beban gempa, serta kondisi tanah dasar eksisting. Pada kombinasi pembebanan tersebut menghasilkan nilai gaya vertikal yang akan ditumpu oleh pondasi tiang (V) adalah sebesar 21910,52 kN. Selanjutnya nilai daya dukung tiang tunggal yang didapatkan berdasarkan data tanah dasar yang telah diketahui yaitu sebesar 3047,06 kN.

Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan menggunakan 15 buah pondasi tiang bored pile dengan konfigurasi pondasi tiang grup yaitu m=5 dan n=3 didapatkan nilai daya dukung tiang grup sebesar 34298,4 kN, daya dukung tiang grup tersebut melebihi beban yang bekerja maka konfigurasi tersebut masih aman untuk digunakan serta distribusi pemebebanan untuk setiap tiang masih tidak melebihi yang disyaratkan, dimana beban yang bekerja pada masing-masing tiang tidak melebihi kapasitas yang dapat ditahan oleh masing-masing tiang.

Hasil analisis penurunan pada tiang tunggal, penurunan yang terjadi yaitu sebesar 0,946 cm maka penurunan tiang grup yang terjadi dari hasil penurunan tiang tunggal yaitu sebesar 1,79 cm tidak melebihi nilai penurunan ijin yaiut 1 inchi atau 2,54 cm, maka dimensi serta tinggi tiang dapat digunakan pada abutment dengan kondisi tanah yang diketahui.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, arahan, dan bantuan selama proses penelitian ini, sehingga dapat diselesaikan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Manudianto D, Guntur MRP. Perencanaan oprit, timbunan, dan pondasi jembatan baru di Sungai Wulan, Jepara. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember; 2015.
2. Badan Standardisasi Nasional. SNI 8460:2017 – Persyaratan Perancanganan Geoteknik. Jakarta: BSN; 2017. Tersedia dari: www.bsn.go.id
3. Badan Standardisasi Nasional. SNI 1725:2016 – Pembebanan untuk Jembatan. Jakarta: BSN; 2016.
4. Badan Standardisasi Nasional. SNI 6371:2015 – Tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik dengan sistem klasifikasi unifikasi tanah. Jakarta: BSN; 2015. Tersedia dari: www.bsn.go.id
5. Meyerhof GG. Bearing capacity and settlement of pile foundation. J Geotech Eng Div Proc ASCE. 1976;102(GT3):197–228.
6. Bowles JE. Foundation Analysis and Design. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 1998.
7. Naibaho AN. Analisa daya dukung dan stabilitas konstruksi pondasi tiang bor (bore pile) pada proyek pembangunan T/L 150 kV Pematang Siantar–Tanah Jawa. J Ilm Tek Sipil. 2021;10:67–75.
8. Das BM. Mekanika Tanah Jilid 2. Noor Endah, Mochtar IB, penerjemah. Tanpa tahun.
9. Raharjo PP. Manual Tiang Pancang Edisi 3. Bandung: Geotechnical Engineering Center, Universitas Katolik Parahyangan; 2005.
10. Hardiyatmo HC. Analisis dan Perancangan Fondasi II. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press; 2015.

11. Das BM. Principles of Foundation Engineering. 8th ed. Stamford: Cengage Learning; 2015.
12. Hendry. Bahan Ajar RKP. Bandung: Politeknik Negeri Bandung; 2023.
13. Hardiyatmo HC. Teknik Fondasi 1. Cet. 3. Yogyakarta: Beta Offset; 2006.
14. Tomlinson MJ. Pile Design and Construction Practice. London: A Viewpoint Publication; 1975.
15. Hardiyatmo HC. Teknik Fondasi 2. Cet. 4. Yogyakarta: Beta Offset; 2008.