

PERENCANAAN FONDASI TIANG PANCANG PADA GEDUNG BLOK A JAYA PASAR RAYA PADANG DAN POTENSI TERJADINYA LIKUEFAKSI

AGUS¹, MELI MUCHLIAN², FIKKY ALFURQON ZAKI³

Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang^{1,2,3}

mscagus@yahoo.co.id¹, melimuchlian@itp.ac.id², fikkyalfurqon1998@gmail.com³

Correspondence Author: mscagus@yahoo.co.id

Abstract: *In building planning, it is necessary to consider the potential for earthquake and liquefaction disasters in the area. Earthquake and liquefaction events can cause failure of the upper and lower structures of the building due to the soil losing/decreasing its bearing capacity. This study takes a case study of foundation planning in the construction of Block A Jaya Pasar Raya Padang Building, where the initial planning type of foundation used was a vertical dowel concrete rib net foundation (JEB). In this study, the foundation was replaced with precast piles. The study was to determine the bearing capacity and settlement of single and group pile foundations and calculate the potential for liquefaction disasters when an earthquake occurs. The methods used were the Meyerhoff method (1976) to obtain the bearing capacity of pile foundations, the Vesic method (1969) for the amount of settlement, and the Seed and Idriss method (1971) for the liquefaction potential. The study results showed that the soil did not have the potential for liquefaction up to a depth of 39 meters. The settlement amount in the pile group foundation is 9.00 mm < 10 mm from the settlement permit based on SNI 8460-2017 Geotechnics (9.2.5.3), and the bearing capacity for the pile group is 2453.15 tons. It can be concluded that the Block A Jaya Pasar Raya Padang Building uses a pile foundation at a depth of 39 m, and the soil does not have the liquefaction potential or is safe.*

Keywords: *pile foundation, liquefaction, bearing capacity*

Abstrak: Dalam suatu perencanaan bangunan, perlu dipertimbangkan potensi bencana gempabumi dan likeufaksi di daerah tersebut. Peristiwa gempabumi dan likuefaksi dapat menimbulkan kegagalan struktur atas dan bawah bangunan disebabkan tanah mengalami kehilangan / penurunan daya dukungnya. Penelitian ini mengambil studi kasus perencanaan fondasi pada pembangunan Gedung Blok A Jaya Pasar Raya Padang yang mana perencanaan awal tipe fondasi yang digunakan adalah fondasi jaring rusuk beton pasak vertical (JEB). Dalam penelitian ini fondasi diganti menjadi tiang pancang pracetak. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang tunggal dan kelompok dan juga menghitung besar portensi terjadinya bencana likuefasi pada saat gempabumi terjadi. Metoda yang digunakan yaitu metode Meyerhoff (1976) untuk mendapatkan daya dukung fondasi tiang pancang, metode Vesic (1969) untuk besar penurunan, dan metode Seed dan Idriss (1971) untuk potensi terjadinya likuefaksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah tidak berpotensi terjadinya likuefaksi sampai pada kedalaman 39 meter. Besar penurunaan pada fondasi tiang kelompok adalah 9,00 mm < 10 mm dari penurunan ijin berdasarkan SNI 8460-2017 Geoteknik (9.2.5.3) dan daya dukung untuk tiang kelompok adalah 2453,15 ton. Dapat disimpulkan bahwa Gedung Blok A Jaya Pasar Raya Padang jika menggunakan fondasi tiang pancang pada kedalaman 39 m, tanah tidak berpotensi terjadinya likuefaksi atau aman.

Kata Kunci: fondasi tiang pancang, likuefaksi, daya dukung

A. Pendahuluan

Gempabumi adalah sebuah bencana alam yang belum dapat diprediksi. Kekuatan gempabumi bisa memicu terjadinya peristiwa likuefaksi. Likuefaksi bisa terjadi jika kekuatan gempabumi pada suatu wilayah lebih dari 5 skala richter dengan kedalaman sumber gempabumi sekitar 20 Km (Sadisun, 2018). Salah satu peristiwa likuefaksi di Indonesia terjadi di kota Palu pada tahun 2018, tercatat lebih dari 2.000 orang yang meninggal dan lebih dari

4.000 orang terluka, serta kerusakan sarana dan prasarana baik itu jalan dan bangunan yang rata oleh tanah (Mangunpraja and Prihatiningsih, 2019). Berdasarkan peristiwa tersebut banyak akademisi melakukan penelitian terhadap potensi terjadinya likuefaksi di daerah-daerah yang sering terjadi gempa bumi khususnya di kota Padang. Lokasi yang berpotensi terjadinya likuefaksi di kota Padang adalah Kawasan Bandara Internasional Minangkabau pada kedalaman 7-16 meter (Zaenudin and Wulandari, 2020), daerah Air Pecah, Siteba, dan Purus (Raden Saleh) (Warman and Jumas, 2013), kawasan GOR Agus Salim, Lapai dan Pantai Padang (Kusumawardani et al., 2018).

Likuefaksi adalah sebuah peristiwa tanah di mana awalnya kondisi tanah yang padat menjadi cair yang diakibatkan beban gempa dalam waktu singkat, dan terjadi pada jenis tanah berpasir (granuler) yang lepas dan jenuh terhadap air (Hakam, 2020). Akibat dari pasir dari kondisi padat menjadi cair membuat tanah mengalami kehilangan daya dukung sehingga menimbulkan penurunan pada fondasi. Berdasarkan hasil analisis perhitungan manual dan perangkat lunak numeik Geostudio dilakukan di daerah Santur, Kota Denpasar, Provinsi Bali menyatakan bahwa fondasi dangkal dapat mengalami penurunan sebesar 88,1% akibat likuefaksi (Pramana et al., 2021). Sedang untuk fondasi dalam tidak mengalami reduksi saat terjadinya likuefaksi dikarenakan ujung tiang berada pada kedalaman lapisan tanah keras sehingga daya dukung telah mencapai kapasitas yang maksimal, ini hasil dari analisis mitigasi potensi terjadinya likuefaksi yang studi kasus di proyek pembangkitan Listrik tenaga uap di Lombok, Nusa Tenggara Barat (Prayoga et al., 2021). Dengan ini fondasi dalam adalah satu solusi untuk masalah mengatasi terjadinya likuefaksi baik untuk struktur bangunan bertingkat tinggi.

Dalam perencanaan fondasi tiang, bagian yang harus diperhatikan yaitu daya dukung dan besar penurunan pada fondasi tiang. Kedua hal ini sangat berpengaruh terhadap terjadinya likuefaksi. Penurunan segera/elastis metode (Vesic, 1977) menyatakan bahwa penurunan dihasilkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan, dan terjadi pada volume konstan. Termasuk penurunan pada tanah-tanah berbutir kasar dan tanah-tanah berbutir halus yang tidak jenuh, karena penurunan terjadi segera setelah terjadi pembebanan. Penurunan ini bersifat elastis, dalam praktek sangat sulit diperkirakan besar penurunan ini. Penurunan segera ini banyak diperhatikan pada fondasi bangunan yang terletak pada tanah granular atau tanah berbutir kasar (Muhshin and Ika Putra, 2021). Metode yang digunakan untuk mengevaluasi terjadinya potensi likuefaksi saat terjadinya gempa bumi adalah Metode *Cyclic Stress*. Metode ini mengukur rasio tegangan siklik atau *Cyclic Stress Ratio* (CSR) yang terjadi pada tanah selama gempa dan membandingkannya dengan rasio ketahanan siklik atau *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) (Cabalar et al., 2019). Apabila CSR lebih besar dari CRR, maka likuifaksi kemungkinan besar akan terjadi.

Penelitian ini mengambil studi kasus perencanaan fondasi pada pembangunan Gedung Blok A Jaya Pasar Raya Padang. Dalam perencanaan fondasi yang bermula menggunakan fondasi jaring rusuk beton pasak vertical (JEB) menjadi fondasi tiang pancang pracetak. Hal ini dilakukan untuk meninjau apakah bangunan tersebut aman terhadap terjadinya potensi likuefaksi. Ini dilakukan karena lokasi pekerjaan merupakan daerah rawan gempa bumi dan berdasarkan hasil *boring* di lapangan dari pihak konsultan tanah di wilayah tersebut berjenis pasir dan posisi muka air tanah tergolong dangkal.

B. Metodologi Penelitian

1.Data Penelitian

Data pada penelitian ini adalah data sekunder. Data berupa pengujian tanah lapangan di lokasi Blok A Jaya Pasar Raya Padang yang akan dijadikan sebagai acuan data dalam memodifikasi perencanaan fondasi tiang pancang untuk gedung bertingkat. Selain itu data perhitungan struktur atas pada gedung berfungsi untuk menentukan besar beban yang diterima oleh fondasi tersebut.

a.Deskripsi Bangunan Gedung Umum

Data Perencanaan bangunan gedung Blok A Jaya Pasar Raya Padang (Gambar 1) secara umum sebagai berikut:

- a>Nama gedung : Gedung Blok A Jaya Pasar Raya Padang
- b.Lokasi : Jalan Pasar Raya, Kec. Padang Barat, Kota Padang, Sumatera Barat
- c.Fungsi gedung : Gedung Pembelajaran
- d.Jumlah lantai : 3 lantai, 1 dak atap, dan 1 lantai *basemant*
- e.Luas bangunan: 4.500 m²
- f.Tinggi bangunan: 17,50 m
- g.Material struktur : Struktur Beton Bertulang
- h.Fondasi : Fondasi Jaring Rusuk Beton Pasak Vertikal.



Gambar 1. Lokasi Proyek Pasar raya Blok A Padang
 (Sumber: Google Earth, 2022)

b.Data Pengujian Tanah Lapangan

Data yang akan digunakan adalah data hasil pengujian atau investigasi tanah lapangan, di mana terdapat 2 titik pengujian bor mesin. Dalam hasil pengujian lapangan didapat nilai N-SPT, jenis tanah dan muka air untuk pengujian bor mesin. Setiap data hasil boring harus dilakukan koreksi pada nilai N-SPT terhadap prosedur pengujian, diameter bor dan panjang batang bor dengan menggunakan Persamaan 1. Koreksi pada nilai N-SPT akibat pengaruh tekanan overburden dapat digunakan Tabel 1.

$$(N1)_{60} = N_M \times C_N \times C_E \times C_B \times C_R \times C_S \quad (1)$$

dengan

$(N1)_{60}$: Nilai SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh efisiensi tenaga

C_N : Faktor koreksi terhadap tegangan vertikal efektif (nilainya ≤ 1.70)

C_E : Faktor koreksi rasio *energy hammer* (ER)

C_R : Faktor koreksi panjang batang

C_B : Faktor koreksi diameter lubang bor

C_S : Faktor koreksi sampel.

N_M : N-SPT yang diperoleh dari hasil uji di lapangan

Tabel 1. Koreksi-koreksi yang digunakan dalam uji SPT

Faktor	Jenis Alat	parameter	Koreksi
Tegangan Vertikal efektif <i>Overburden Pressure (Persamaan</i>	-	C_N	$C_N = \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{vo}}{P}}$
		C_N	$C_N \leq 1,7$

Faktor	Jenis Alat	parameter	Koreksi
2)			
Rasio Tanaga Energy Ratio	Palu donat <i>Donut Hammer</i>	C_E	0,50 – 1,00
	Palu pengaman <i>Safety Hammer</i>	C_E	0,70 – 1,20
	Palu otomatis <i>Automatic-trip Donut Type Hammer</i>	C_E	0,80 – 1,30
Diameter Mata bor Borehole Diameter	6,50 cm – 11,50 cm	C_B	1,00
	15,00 cm	C_B	1,05
	20,00 cm	C_B	1,15
	< 3,00 m	C_R	0,75
Panjang batang bor Rod Length	3,00 m – 4,00 m	C_R	0,80
	4,00 m – 6,00 m	C_R	0,85
	6,00 m – 10,00 m	C_R	0,95
	10,00 m – 30,00 m	C_R	1,00
Pengambilan Sempel tanah Sampling Method	Tabung Standar <i>Standard Sampler</i>	C_S	1,00
	Tabung Dengan Pelipis <i>Sampler without Liners</i>	C_S	1,10 – 1,30

(Sumber: (Youd and Idriss, 2001))

c. Data Hasil Analisis Struktur Atas Bangunan

Pada data hasil analisis pembebanan menggunakan program aplikasi komputer yaitu SAP (Structure Analisis Program) 2000. Analisis pembebanan sangat diperlukan untuk mengetahui seberapa besar beban yang akan diterima fondasi. Dari SAP dapat diperoleh gaya-gaya yang terjadi antara lain berupa gaya normal (P), gaya geser (H) dan gaya momen yang terjadi (M). Setelah analisis pembebanan selesai dan beban aksial pada kolom telah diketahui, maka dapat direncanakan dimensi fondasi yang akan dipakai untuk gedung tersebut.

2. Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang

Dalam menganalisis fondasi tiang pancang, beban yang bekerja pada kolom harus diketahui terlebih dahulu. Analisis fondasi dapat dilakukan dengan menghitung daya dukung fondasi tiang pancang tunggal dengan Persamaan 2. Di dalam perhitung daya dukung fondasi tiang pancang tunggal terdapat 2 gaya dukung yaitu gaya dukung ujung pada tiang dengan Persamaan 3 dan gaya dukung gesek pada tiang dengan Persamaan 4 atau Persamaan 5. Nilai daya dukung fondasi tiang pancang harus dibagi dengan faktor aman tiang pancang dengan Persamaan 6 atau bisa menggunakan faktor aman yang disarankan oleh Reese & O'Neill (1989) dalam Hardiyatmo (2015) di Tabel 2 Faktor Aman yang disarankan

Tabel 2. Faktor Aman yang disarankan (Reese & O'Neill, 1989).

$$Q_u = (A_b \times f_b) + (A_s \times f_s) \quad (2)$$

dengan:

Q_u : Daya dukung ultimit (ton)

A_b : Luas Penampang Tiang (m²)

A_s : Luas Selimut Tiang (m²)

f_b : Tahanan Ujung Tiang (ton)

f_s : Tahanan gesek tiang (ton)

$$f_b = 0,4N_{60}'(L/d) \sigma_r \leq 3N_{60}'\sigma_r \quad (3)$$

dengan:

N_{60} : N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan *overburden*

σ_r : Tegangan referensi = 100 kN/m²

L : Ke dalaman tiang (m)

d : Diameter tiang (m)

(a) Untuk tiang perpindahan besar:

$$f_s = \frac{1}{50} \sigma_r N'_{60} \quad (4)$$

dengan:

N_{60} : N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan *overburden*

σ_r : Tegangan referensi = 100 kN/m²

(b) Untuk tiang perpindahan kecil:

$$f_s = \frac{1}{100} \sigma_r N'_{60} \quad (5)$$

dengan:

N_{60} : N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan *overburden*

σ_r : Tegangan referensi = 100 kN/m²

$$Q_{all} = \frac{f_b}{3} + \frac{f_s}{1,5} \quad (6)$$

Tabel 2. Faktor Aman yang disarankan (Reese & O'Neill, 1989)

Klasifikasi struktur	Faktor Aman			
	Kontrol baik	Kontrol normal	Kontrol jelek	Kontrol Sangat jelek
Monumental	2,3	3	3,5	4
Permanen	2,0	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2,0	2,3	2,8

(Sumber :Hardiyatmo, 2015)

Setelah kapasitas daya dukung tiang tunggal didapat, maka perlu dihitung juga efisiensi kelompok tiang pada Persamaan 7 dan menentukan jumlah tiang dalam satu kelompok berdasarkan beban yang berkerja pada kolom dibagi dengan daya dukung izin tiang tunggal tersebut Persamaan 8. sehingga untuk mendapat daya dukung kelompok tiang pancang dapat dirumuskan berdasarkan Persamaan 10.

$$\eta = 1 - \left\{ \text{arc. tg} \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1)n + (n-1)m}{90.m.n} \right) \right\} \quad (7)$$

dengan:

S : Jarak antar tiang pancang

m : Jumlah baris dalam konfigurasi tiang pancang

n : Jumlah kolom dalam konfigurasi tiang pancang

$$N_p = \frac{V}{Q_{all}} \quad (8)$$

dengan:

N_p : jumlah tiang

V : Gaya aksial yang berkerja

Q_{all} : Daya dukung izin tiang tunggal

$$Q_g = \eta \times N_p \times Q_{all} \quad (9)$$

dengan:

Q_g : Daya dukung kelompok tiang

- η : Efisiensi kolompok tiang
- N_p : jumlah tiang
- Q_{all} : Daya dukung izin tiang tunggal

3. Analisis Penurunan Fondasi Tiang Pancang

Besarnya penurunan tergantung pada karakteristik tanah dan penyebaran tekanan fondasi ke tanah di bawahnya. Penurunan fondasi tiang tunggal pada tanah pasir dapat dihitung dengan menggunakan metode semi empiris dan empiris pada Persamaan 10. setelah mendapatkan penurunan total tiang tunggal dapat juga menentukan penurunan tiang grup. Menurut Vesic (1969) dalam (Jaya and Reza, 2020) merumuskan penurunan tiang kelompok pada Persamaan Error! Reference source not found..

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (10a)$$

dengan:

- S = Penurunan total di kepala tiang (m)
- S_1 = Penurunan terjadi pada tiang
- S_2 = Penurunan terjadi akibat beban bekerja pada ujung tiang
- S_3 = Penurunan terjadi akibat beban disalurkan ke selimut tiang

Persamaan untuk menentukan nilai pada S_1 , S_2 , dan S_3 yaitu;

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}) \times L}{A_p \times E_p} \quad (10b)$$

dengan:

- Q_{wp} : Beban yang diterima ujung tiang (ton)
- ξ : Distribusi tahanan sepanjang tiang (0,5)
- Q_{ws} : Beban yang diterima selimut tiang (ton)
- L : panjang tiang (m)
- A_p : Luas penampang tiang (m²)
- E_p : Modulus elastisitas tiang (ton)

$$S_2 = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times Q_{p\ ul}} \quad (10c)$$

dengan:

- Q_{wp} : Beban yang diterima ujung tiang (ton)
- C_p : Koefisien empiris (Tabel 3. Nilai Cp)
- D : Diameter atau lebar (m)
- $Q_{p\ ul}$: Daya dukung ujung tiang

$$S_3 = \frac{Q_{wp} \times C_s}{L \times Q_{p\ ul}} \quad (10d)$$

dengan:

- Q_{wp} : Beban yang diterima ujung tiang (ton)
- C_s : Koefisien empiris
- L : Panjang tiang (m)
- $Q_{p\ ul}$: Daya dukung ujung tiang

$$C_s = \left\{ 0,93 + 016 \times \sqrt{\frac{L}{D}} \right\} \times C_p \quad (10e)$$

Tabel 3. Nilai Cp

No	Tipe Tanah	Tiang pancang	Bore Pile
----	------------	---------------	-----------

1	Pasir (Padat – Lepas)	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
2	Lempung (Kaku – Lunak)	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
3	Lanau (Padat – Lepas)	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12

(Sumber: Jaya & Reza, 2020)

$$S_g = S \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad (11a)$$

dengan:

S_g : Penurunan kelompok tiang (m)

S : Penurunan tiang tunggal

B_g : Lebar kelompok tiang (m)

D : Lebar fondasi (m)

$$B_g = (N - 1) \times S + 2 \times (D/2) \quad (11b)$$

dengan:

B_g : Lebar kelompok tiang (m)

N : Jumlah tiang

S : Jarak antar tiang (m)

D : Lebar fondasi (m)

4. Analisis Potensi Likuefaksi

Menurut Seed & Idriss (1971) metode potensi likuefasi dapat disederhanakan berikut:

1. Cyclic Stress Ratio (CSR)

Likuefaksi yang terjadi pada tanah pasir jenuh dikarenakan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) akibat gempa bumi. Perhitungan CSR menggunakan Persamaan 12.

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_v} = 0,65 \times \frac{\tau_{max}}{\tau_v} = 0,65 \left(\frac{\sigma'_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) r_d \quad (12)$$

dengan:

τ_{av} : Tegangan geser rata-rata

τ_{max} : Tegangan geser siklik

σ_v : Tegangan overburden vertikal total (kN/m²)

σ'_v : Tegangan overburden vertikal efektif (kN/m²)

σ'_{max} : Percepatan permukaan tanah maksimum arah horizontal (m/s²)

r_d : Koefisien reduksi kedalaman

g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Liao & Whitman (1986) mengembangkan persamaan untuk mengestimasi reduksi tegangan berdasarkan Persamaan 13 sampai Persamaan 16.

Persamaan 14: $r_d = 1,0 - 0,0075z$ untuk $z \leq 9,15 \text{ m}$ (13)

Persamaan 15: $r_d = 1,174 - 0,0267z$ untuk $9,15 < z \leq 23 \text{ m}$

(14)

Persamaan 16: $r_d = 0,774 - 0,008z$ untuk $23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$

(15)

Persamaan 17: $r_d = 0,5$ untuk $z > 30 \text{ m}$ (16)

2. Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Perhitungan korelasi nilai CRR dengan nilai SPT pada saat terjadi gempa bumi dengan magnitudo $M = 7,5$ menggunakan Persamaan 17.

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60CS}} + \frac{(N_1)_{60CS}}{135} + \frac{50}{(10 \times (N_1)_{60CS} + 45)^2} - \frac{1}{200} \quad (17)$$

Nilai N koreksi $(N_1)_{60}$ dapat diestimasi terhadap *finis content* (FC) dengan Persamaan 18.

$$(N_1)_{60CS} = \alpha + \beta \times (N_1)_{60} \quad (18)$$

Dengan α dan β adalah koefisien yang dapat ditentukan dengan Persamaan 19 hingga Persamaan 22.

$$\alpha = 0, \beta = 1 \text{ untuk } FC \leq 5\% \quad (19)$$

$$\alpha = \exp \left[1,76 - \left(\frac{190}{FC^2} \right) \right], \text{ untuk } 5\% < FC < 35\% \quad (20)$$

$$\beta = \left[0,99 - \left(\frac{FC^{1,5}}{1000} \right) \right], \text{ untuk } 5\% < FC < 35\% \quad (21)$$

$$\alpha = 5, \beta = 1,2 \text{ untuk } FC \geq 35\% \quad (22)$$

3. Faktor Keamanan (FK)

Perhitungan faktor keamanan terhadap likuefaksi dapat menggunakan Persamaan 23.

$$FK = \frac{CRR}{CSR} \quad (23)$$

Potensi likuefaksi terjadi ketika tanah memiliki $FK < 1,00$; kondisi kritis terjadi ketika memiliki $FK = 1,00$; kondisi aman terjadi ketika tanah memiliki $FK > 1,00$.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Daya dukung Grup fondasi

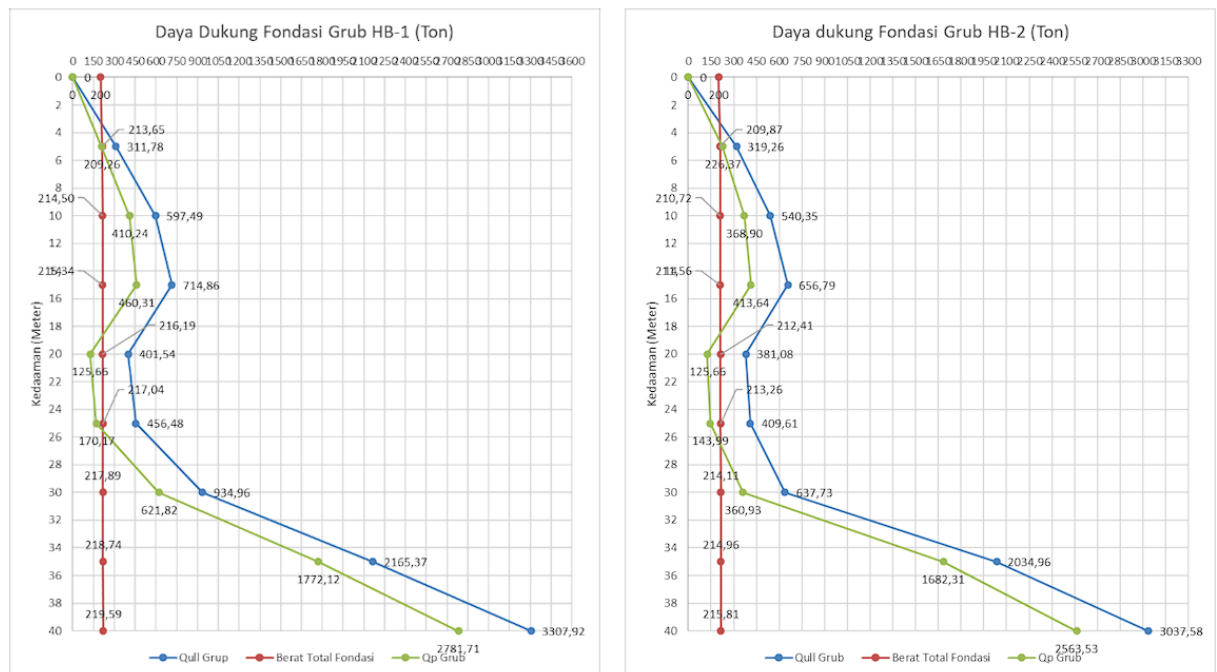
Pada grafik di Gambar 3 daya dukung fondasi grup pada titik HB-1 (garis biru/ Qull grup) tanah dapat menerima beban dari struktur atas dan beban fondasi (garis merah) mulai dari kedalaman 4 meter s/d 40 meter. Tetapi jika daya dukung keliling tidak diperhitungkan atau diabaikan maka daya dukung fondasi grup di ujung tiang (garis hijau/ Qp grup) baru bisa dinyatakan aman pada kedalaman 28 meter terhadap struktur atas dan beban fondasi di atasnya. Titik HB-2 (garis biru/ Qull grub) tanah dapat menerima beban dari struktur atas dan beban fondasi (garis merah) mulai dari kedalaman 5 meter s/d 40 meter. Tetapi jika daya dukung keliling tidak diperhitungkan atau diabaikan maka daya dukung fondasi grup di ujung tiang (garis hijau/ Qp grup) baru bisa dinyatakan aman pada kedalaman 29 meter terhadap struktur atas dan beban fondasi di atasnya.

2. Penurunan Grub fondasi

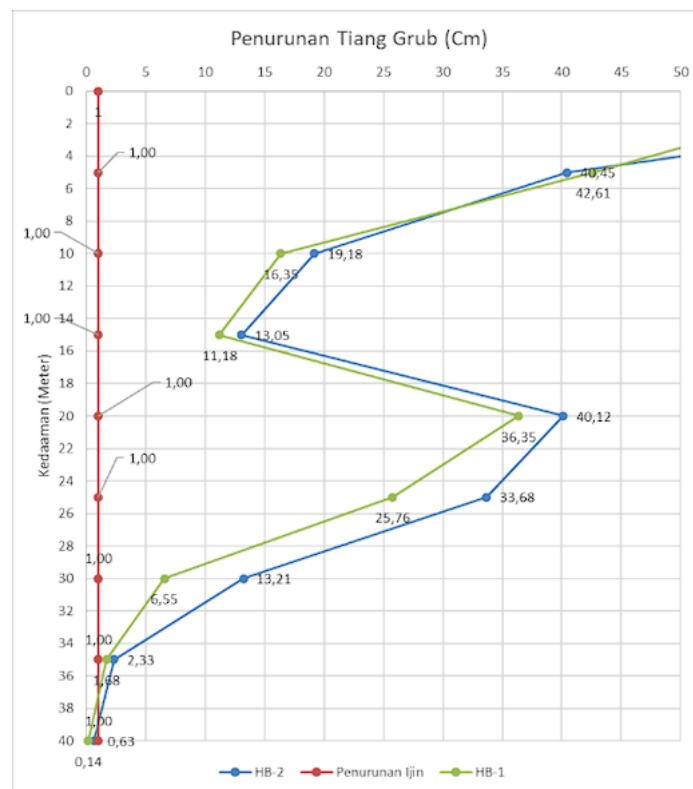
Berdasarkan peraturan SNI 8460-2017 Geoteknik (9.2.5.3) besar penurunan yang diizinkan adalah tidak lebih dari 10 mm (garis merah). Pada grafik di Gambar 4 baik itu di titik Boring HB-1 (garis hijau) dan HB-2 (garis biru) tanah mengalami penurunan lebih dari 10 mm dari kedalaman 0 meter s/d 37 meter. Pada kedalaman 38 meter untuk HB-1 (garis hijau) dan kedalaman 39 meter untuk HB-2 (garis biru) tanah tidak mengalami penurunan lebih dari 10 mm.

3. Potensi Likuefaksi

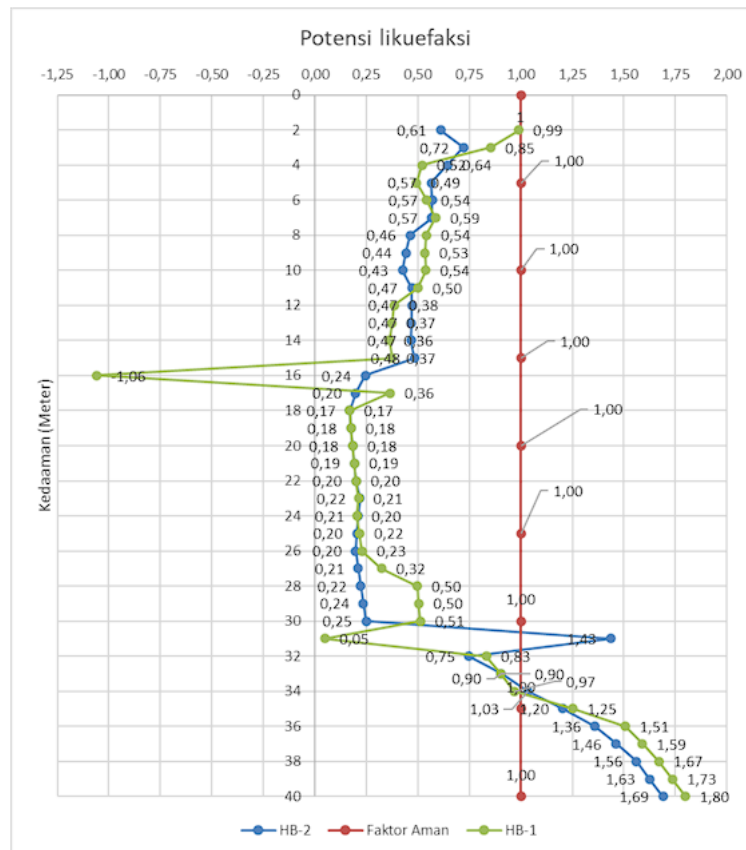
Pada grafik di Gambar 5 baik itu di titik Boring HB-1 (garis hijau) dan HB-2 (garis biru) tanah mengalami potensi likuefaksi dari kedalaman 0 meter s/d 34 meter. Pada kedalaman 34 meter untuk HB-1 (garis hijau) dan kedalaman 35 meter untuk HB-2 (garis biru) tanah tidak mengalami potensi likuefaksi.



Gambar 3. Daya dukung grub fondasi



Gambar 1. Grafik penurunan grub fondasi



Gambar 2. Potensi Likuefaksi

Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa daya dukung fondasi tiang pancang grup, daya dukung tanah dapat menerima beban sruktur atas yang aman pada kedalaman 4 meter pada titik HB-2 dengan daya dukung sebesar 261,54 ton dengan berat sruktur atas sebesar 213,48 ton. Akan tetapi pada kedalaman tersebut dalam metode Vesic (1969) dalam besar penurunan yang terjadi pada kedalaman tersebut adalah 52,82 cm pada titik HB-1 dan 44,93 cm pada titik HB-2. Ini tidak memenuhi persyaratan ijin berdasarkan SNI 8460-2017 Geoteknik (9.2.5.3) yang mana diijin penurunan terjadi sebesar 10 mm atau 1 cm. Selain itu potensi tanah mengalami kehilangan daya dukung sangat besar saat terjadinya likuefaksi di mana pada kedalaman 4 meter faktor aman tidak melebihi dari 1,00, sebab faktor aman di kedalaman tersebut cuma dapat pada 0,52 di titik HB-1 dan 0,64 pada titik HB-2.

Jika daya dukung selimut tiang diabaikan atau dihilangkan atau hanya menggunakan daya dukung ujung tiang saja dengan mempertimbangkan terjadinya likuefaksi maka didapat daya dukung fondasi yang aman pada kedalaman 30 meter pada titik HB-2 dengan daya dukung grup sebesar 360,93 ton dan beban yang diterima sebesar 217,89 ton. Besar penurunan untuk HB-1 6,90 cm dan HB-2 13,26 cm ini masih jauh dari penurunan ijin berdasarkan SNI. Pada kedalaman tersebut tanah masih tergolong sangat lunak karena N-SPT diperoleh sebesar 6 di titik HB-2 dan 16 di titik HB-1. Sehingga kedalaman fondasi tiang pancang yang aman terbebas dari potensi likuefaksi dan penurunan tidak lebih dari 10 mm atau 1 cm adalah kedalaman 39 meter dengan daya dukung HB-1 sebesar 2.664,59 ton dan HB-2 sebesar 2.453,15 ton dengan beban diterima sebesar 219,42 ton. Ini daya dukung ujung tiang tidak memperhitungkan daya dukung selimut tiang.

Dilihat dari beban yang diterima daya dukung tanah sangat besar melebihi 2.000 ton sedangkan beban yang diterima cuma hanya 219,42 ton saja, fondasi ini sangatlah mubazir digunakan. Oleh sebab itu untuk mempertimbangkan efisiensi anggaran dalam pembangunan fondasi rakit atau jaring laba-laba atau JLB bisa jadi solusi. Sebab pada kedalaman 8 meter daya dukung tanah 368,90 ton, untuk permasalahan penurunan yang terjadi bisa

mempertimbangkan jika beban bangunan tersebar secara merata pada fondasi rakit atau jaring laba-laba dan bangunan masih bisa aman dari kegagalan struktur saat penurunan terjadi ketika seluruh kolom dan fondasi pada bangunan tersebut mengalami penurunan yang bersamaan tidak secara satu persatu penurunannya. Bangunan bisa dinyatakan berbahaya jika saat penurunan tidak serentak, yang mengakibatkan ada kegagalan pada struktur atas seperti balok yang bisa patah dan lain sebagainya.

D. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan fondasi tiang pancang pada gedung blok A Jaya Pasar Raya Padang dan potensi terjadinya likuefaksi, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Daya dukung fondasi tiang pancang grup diperoleh pada kedalaman 39.00 meter sebesar 2.453,15 ton dengan beban maksimum yang akan diterima tanah sebesar 219,25 ton.
2. Penurunan pada fondasi tiang pancang grup pada kedalaman 39.00 meter besar penurunannya $0,90 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$ dari penurunan ijin berdasarkan SNI 8460-2017 Geoteknik (9.2.5.3).
3. Pada kedalaman 39,00 meter tanah tidak berpotensi terjadinya likuefaksi

Daftar Pustaka

- Cabalar, A.F., Canbolat, A., Akbulut, N., Tercan, S.H., Isik, H., 2019. Soil liquefaction potential in Kahramanmaras, Turkey. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 10, 1822–1838. <https://doi.org/10.1080/19475705.2019.1629106>
- Google Earth, 2022.
- Hakam, A., 2020. Analisis Praktis Potensi Likuefaksi. Andalas Press, Padang.
- Hardiyatmo, H.C., 2015. Analisis & perancangan fondasi 2, Ed. 3. ed, 2. UGM Press, Yogyakarta.
- Jaya, Z., Reza, M., 2020. Rekayasa fondasi : untuk program vokasi. Andi, Yogyakarta.
- Kusumawardani, R., Nugroho, U., Isnaeni, N.N., 2018. Back Analysis Fenomena Likuefaksi Akibat Gempa Padang 2009 Menggunakan Metode Semi Empiric, in: Seminar Nasional Edusainstek. FMIPA UNIMUS.
- Liao, S.S.C., Whitman, R.V., 1986. Catalogue of Liquefaction and Non-Liquefaction Occurrences during Earthquakes. Department of Civil Engineering, MIT, Cambridge.
- Mangunpraja, D.M., Prihatiningsih, A., 2019. Analisis Perbaikan Tanah sebagai Bentuk Mitigasi Bencana Likuefaksi yang Dapat Diaplikasikan Masyarakat di Palu. *j. mitra teknik sipil* 2, 95. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6167>
- Muhshin, M.M., Ika Putra, A., 2021. Pemetaan Penurunan Elastis Fondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir Kota Pekanbaru. *IJCEE* 6, 34. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v6i1.53689>
- Pramana, I.M.W., Arya, I.W., Dwipa, I.S., Wiraga, I.W., 2021. Analisis Penurunan Daya Dukung Pondasi Dangkal Akibat dari Likuefaksi Tanah. *Proceedings* 9, 455–464.
- Prayoga, D.Y., Redana, I.W., Hidayati, A.M., 2021. Analisis Mitigasi Potensi Likuefaksi (Studi Kasus Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap Lombok Nusa Tenggara Barat). *Jurnal Spektran* 9.
- Sadisun, I.A., 2018. Mengapa Terjadi Likuefaksi di Palu Menurut Ahli Geologi ITB.
- Seed, H.B., Idriss, I.M., 1971. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division* 97, 1249–1273. <https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0001662>
- Vesic, A.S., 1977. Design of Pile Foundations. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Vesic, A.S., 1969. Experiments with Instrumented Pile Groups in Sand, Special Technical Publication No. 444. ed.

- Warman, H., Jumas, D.Y., 2013. Kajian Potensi Likuifaksi Pasca Gempa dalam Rangka Mitigasi Bencana di Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil* 9, 1–19. <https://doi.org/10.25077/jrs.9.2.1-19.2013>
- Youd, T.L., Idriss, I.M., 2001. Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* Vol 127. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2001\)127:10\(81](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2001)127:10(81)
- Zaenudin, Wulandari, S., 2020. Kajian Potensi Likuifaksi Menggunakan Metode Penetration Test dan Indeks Keandalan “Studi Kasus Bandara Minangkabau, Padang Sumatera Barat.” *dekons* 19, 54–63. <https://doi.org/10.35760/dk.2020.v19i1.2717>