

Analisa Pondasi dan Potensi Likuifaksi Pembangunan Laboratorium dan Gedung Fakultas Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Sumiyati Gunawan, William Wijaya, Gumbert Maylda Pratama, Luky Handoko, Vienti Hadsari
Universitas Atma Jaya Yogyakarta, JL. Babarsari 44 Yogyakarta
sumiyati.gunawan@uajy.ac.id

Received 21 Mei 2023; Revised-; Accepted for Publication 24 Juli 2023; Published 28 Juli 2023

Abstract — The Civil Engineering Laboratory and the Faculty of Biotechnology at Atma Jaya Yogyakarta University are developing rapidly along with science and research development. Laboratory equipment, students, and researchers are large enough to conduct practicum and research activities. The laboratory and classrooms in the old building need to be improved, and a new building that is adequate for various activities will build. Development requires information on the supporting soil layer for the stability and sturdiness of the building, estimating the soil profile, bearing capacity, parameters, and liquefaction potential for building foundation recommendations. Information on the supporting soil layers was obtained from a series of soil tests by drilling to a depth of 30 m and sondir with a capacity of 10 tons, obtaining soil profiles and samples. Laboratory tests were also carried out. Analysis of carrying capacity and liquefaction potential will be recommended. The analysis noted that bored pile diameters of 60 cm and 80 cm at a depth of -7.0 m amounted to 40 tons and 60 tons; liquefaction potential at a depth of around -17.50 m to -20.0 m with a Liquefaction Severity Number of 7,36 and maximum settlement of 11,87 cm, meaning that there has been minor damage.

Keywords — *building-construction, soil-testing, foundation-carrying capacity, liquefaction-potential*

Abstrak—Laboratorium Teknik Sipil dan Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta, berkembang sangat pesat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan penelitian. Alat laboratorium, mahasiswa dan peneliti yang cukup besar melakukan aktifitas praktikum dan penelitian, sehingga ruang laboratorium, ruang kelas gedung lama tidak memadai lagi dan akan dibangun gedung baru yang lebih memadai untuk proses belajar mengajar, penelitian dan pengabdian masyarakat yang layak dan nyaman. Pembangunan membutuhkan informasi lapisan tanah pendukung untuk kestabilan dan kekokohan bangunan, memperkirakan profil tanah, daya dukung tanah, parameter tanah, dan potensi likuifaksi untuk rekomendasi pondasi bangunan. Informasi lapisan tanah pendukung diperoleh dari serangkaian uji tanah di lapangan dengan pengeboran sampai kedalaman 30m dan sondir dengan kekuatan 10 ton, untuk memperoleh profil dan sample tanah. Uji di laboratorium dilakukan untuk mendapatkan parameter tanah. Analisa daya dukung dan analisa potensi likuifaksi akan di rekomendasikan untuk perancangan. Hasil analisa memperoleh daya dukung *bored pile* diameter 60cm dan 80cm pada kedalaman -7,0m sebesar 40ton dan 60ton, potensi likuifaksi dengan pertimbangan gempa terkuat yang pernah terjadi, pada kedalaman sekitar -17,50m sampai -20,0m dengan *Liquefaction Severity Number* 7,36 dan penurunan maksimal sebesar 11,87 cm, yang berarti terjadi kerusakan minor.

Kata Kunci — *pembangunan-gedung, uji-tanah, daya-dukung-pondasi, potensi-likuifaksi*

I. PENDAHULUAN

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta di JL. Babarsari 44, Yogyakarta didirikan pada tahun 1967 sebagai bagian dari Fakultas Teknik, dua tahun setelah berdirinya Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pertama kali menghasikan lulusan pada tahun 1977 untuk sarjana lokal dan tahun 1980 untuk sarjana negara. <https://ft.uajy.ac.id/teknik-sipil/profil-teknik-sipil/>. Laboratorium Departemen Teknik Sipil, adalah salah satu penunjang akademik yang sangat penting untuk praktek pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, berkembang pesat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan penelitian, dengan jumlah alat laboratorium, mahasiswa dan peneliti yang cukup besar melakukan aktifitas praktikum dan penelitian, sehingga ruang laboratorium gedung lama sebelah Timur di kampus 2 tidak memadai lagi dan akan segera dibangun gedung baru sebelah Barat kampus 2 untuk ruangan laboratorium yang memadai untuk proses belajar mengajar, penelitian dan pengabdian masyarakat yang lebih layak dan nyaman.

Fakultas Biologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta telah didirikan oleh Yayasan Slamet Riyadi pada tahun 1990. Sejak Tahun 2007 telah berganti nama menjadi Fakultas Teknobiologi dengan satu Program Studi Biologi. Pada saat ini Fakultas Teknobiologi mengembangkan 3 peminatan, yaitu: Teknobiologi Industri, Teknobiologi Lingkungan dan Teknobiologi Pangan. Penetapan ketiga minat ini didasari atas berbagai pertimbangan strategis, antara lain untuk menyesuaikan terhadap perkembangan IPTEK serta memenuhi kebutuhan pengguna. <https://ftb.uajy.ac.id/profil/sejarah/>. Fakultas Teknobiologi memiliki 3 peminatan menggunakan gedung lama sebelah Timur di kampus 2 (bersama dengan Fakultas Teknik), saat ini juga berkembang pesat sehingga membutuhkan ruang kelas yang lebih luas untuk kegiatan belajar mengajar yang memadai.

Kebutuhan ruang untuk laboratorium dan ruang kelas, guna kegiatan praktikum, penelitian, pengabdian masyarakat dan belajar mengajar maka direncanakan pembangunan gedung di sebelah Barat Kampus 2 JL. Babarsari 44 Yogyakarta. Pembangunan Laboratorium Departemen Teknik Sipil dan gedung Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta, membutuhkan informasi lapisan tanah pendukung bangunan untuk kestabilan dan kekokohan bangunan.

Sebagai bagian dari tenaga edukatif di Universitas Atma Jaya Yogyakarta, maka kami melakukan kegiatan pengabdian yang bertujuan membantu kebutuhan akan informasi lapisan tanah pendukung.

Hasil dari pengabdian ini adalah perkiraan profil tanah, daya dukung tanah, parameter tanah, dan potensi likuifaksi serta kerusakan akibat penurunan setelah likuifaksi dengan Indeks Potensi Likuifaksi untuk rekomendasi pondasi bangunan.

II. METODE PENGABDIAN

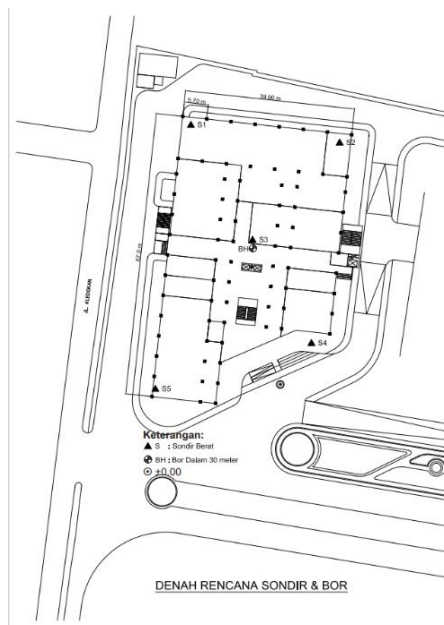
Metode yang dilaksanakan berupa pengujian lapangan dan pengujian laboratorium, lalu dilanjutkan dengan analisa hasil, berikut penjelasan dan langkah yang dilakukan:

A. Metode Pengujian Lapangan

Subbab 1: Pengujian Standard Penetration (SPT)

[1], SPT sering disebut bor mesin dan dilaksanakan bersama dengan pengeboran, mendapatkan hasil perlawanan dinamik tanah berupa pukulan dan pengambilan *sample* tanah. SPT dilaksanakan dengan memukul palu 63,5 kg, jatuh bebas dari ketinggian 760 mm pada tabung standar ke dalam lubang bor sedalam 450 mm. Jumlah pukulan ke 2 dan ke 3, untuk penetrasi sedalam 150 mm sebanyak 3 kali, adalah nilai SPT.

Denah titik SPT terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah titik SPT

Prosedur uji SPT sesuai dengan Petunjuk Teknis Pengujian Tanah dan Prosedur Operasi Standar dilakukan sesuai dengan SNI 2008, [2].

Subbab 2: Pengujian Cone Penetration (CPT / Sondir)

[3], sondir mirip pondasi tiang sehingga pola keruntuhan tanah serupa dengan pola keruntuhan tanah akibat pemancangan tiang. CPT dikenalkan oleh [4]. [5], uji sondir merupakan salah satu uji lapangan untuk

pendugaan profil atau pelapisan (stratifikasi) tanah terhadap kedalaman dan dapat diidentifikasi dari kombinasi pembacaan tahanan ujung dan gesekan selimut. CPT dilaksanakan untuk mendapat perlawanan konus, menggunakan kerucut dengan sudut 60° dan luas potongan 15 cm², dengan kekuatan maksimum 10 ton. Denah titik CPT terlihat pada Gambar 1. Prosedur uji sondir sesuai dengan Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir dan Prosedur Operasi Standar Uji dilaksanakan sesuai dengan SNI 2008, [6].

B. Metode Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan pada sample tanah dari pengeboran di lapangan dan dilakukan sesuai standard ASTM sebagai berikut,

1. Kadar Air Tanah, sesuai Standard ASTM [7].
2. Berat Volume Tanah, sesuai Standard ASTM [8].
3. Berat Jenis Tanah, sesuai Standard ASTM [9].
4. Pengujian Analisis Hidrometer, sesuai Standard ASTM [10].
5. Pengujian Analisis Saringan, sesuai Standard ASTM. [11]
6. Geser langsung, sesuai Standard ASTM. [12]

C. Metode Analisis

Subbab 1: Analisis Standard Penetration Test

Daya dukung tiang berdasarkan data SPT menggunakan persamaan 1 berikut:

$$Q_{ult} = \mu_b \times N_b \times A_b + \mu_s \times N \times A_s \text{ (Ton)} \quad 1$$

dimana :

N_b : harga SPT pada ujung tiang.

$\mu_{b,s}$: koefisien perlawanan ujung dan selimut tiang, [13]

N : harga rerata SPT sepanjang tiang.

Koreksi ujung tiang, dengan persamaan 2 berikut,

$$N_b = 0,5 (N_1 + N_2) < 40 \quad 2$$

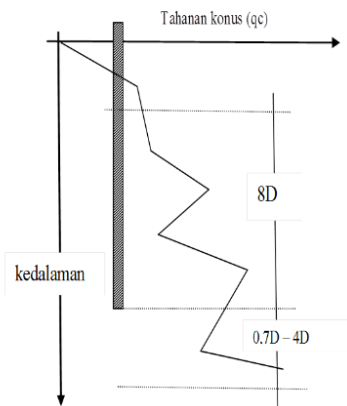
dimana :

N_1 : nilai SPT pada ujung tiang.

N_2 : nilai SPT rerata dari ujung tiang hingga 4D di atas ujung tiang.

Subbab 2: Analisis Cone Penetration Test

Data sondir digunakan untuk menganalisis daya dukung tiang. [14], mengembangkan metode untuk tiang pancang, daya dukung ujung tiang (Q_b) adalah rerata perlawanan konus (q_c), 8D di atas dan 4D di bawah ujung tiang, terlihat pada Gambar 2. (D: diameter/lebar tiang)



Gambar 3. Analisis daya dukung ujung tiang [14]

Tahanan ujung tiang, terlihat pada persamaan 3 :

$$Q_b = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \times A_b \tag{3}$$

dimana:

- Q_b : tahanan ujung tiang
- q_{c1} : rerata qc 4D di bawah ujung tiang
- q_{c2} : rerata qc 8D di atas ujung tiang
- A_b : luas penampang tiang

Ketahanan selimut diperoleh dengan persamaan 4 sebagai berikut:

$$Q_s = K_{s,c} \left[\sum_{z=0}^{8D} \left(\frac{z}{8D} \right) f_s \times A_s + \sum_{z=8D}^L f_s \times A_s \right] \tag{4}$$

K_s dan K_c adalah faktor reduksi

Subbab 3: Evaluasi Potensi Likuifaksi

Beberapa metode dikembangkan untuk memperkirakan potensi likuifaksi, salah satunya adalah metode [15], sebagai berikut ini:

Pendekatan tegangan siklik dan regangan siklik harus mengikuti tiga tahapan:

a. Pendekatan tegangan geser siklik atau regangan yang terjadi di berbagai kedalaman oleh akibat beban gempa menggunakan persamaan 5 sampai dengan persamaan,

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_v} \cdot \frac{1}{MSF} \cdot \frac{1}{K_\sigma} = \frac{0.65 \cdot a_{maks} \cdot \sigma'_v \cdot r_d}{g \cdot \sigma'_v} \cdot \frac{1}{MSF} \cdot \frac{1}{K_\sigma} \tag{5}$$

$$\text{depth factor } r_d = \exp\{\alpha(z) + \beta(z)\} \tag{6}$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \sin \left[\frac{z}{11.73} + 5.133 \right] \tag{7}$$

$$\beta(z) = 0.106 - 0.118 \sin \left[\frac{z}{11.28} + 5.142 \right] \tag{8}$$

$$K_\sigma = 1 - C_\alpha \left[\frac{\sigma'_v}{P_a} \right] \leq 1,0 \tag{9}$$

$$C_\alpha = \frac{1}{18.9 - 2.5507 \sqrt{(N1)_{60}}} \leq 0.3 \tag{10}$$

$$Mw < 7.5SR \rightarrow MSF = 6.9 \exp \left[\frac{-Mw}{4} \right] - 0.058 \leq 1.8 \tag{11}$$

$$(N1)_{60} = N_m \times C_E \times C_B \times C_S \times C_N \times C_R \tag{12}$$

$$\text{ground stress factor } C_N = \sqrt{\left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)} \tag{13}$$

dimana,

- a_{max} : peak ground acceleration
- G : gravity
- σ_v : total stress
- σ'_v : efektif stress
- p_a : atmosfir stress = 100 kPa
- MSF : magnitude factor
- N_m : N_{SPT} value in the field
- C_E : energy factor (~0,6)
- C_B : borehole factor (~1,0)
- C_S : sampler factor (~1,1)
- C_R : length correction factor, terlihat Tabel 1

Tabel 1. Correction factor C_R [16]

| dept (z) | Length correction factor (C_R) |
|-----------------|------------------------------------|
| $z < 3$ m | 0.75 |
| $3 < z < 4$ m | 0.80 |
| $4 < z < 6$ m | 0.85 |
| $6 < z < 10$ m | 0.95 |
| $10 < z < 30$ m | 1.00 |

b. Peak Ground Acceleration (a_{max})

Menggunakan persamaan 14, sebagai berikut,

$$a_{max} = a \cdot e^{(b \times M)} \cdot (R + 25)^{-c} \text{ cm/dt}^2$$

$$a = 2.154 \times 10^6 \times R^{-2.1}$$

$$b = 0.046 + 0.455 \text{ Log } R$$

$$c = 2.515 - 0.486 \text{ Log } R$$

R : Epicentrum distance (km)

M : Earthquake magnitude

14

c. Pendekatan tegangan geser siklik tanah atau ketahanan tanah menggunakan persamaan 15 dan persamaan 16,

$$CRR = \exp \left\{ \frac{(N_1)_{60CS}}{14,1} + \left[\frac{(N_1)_{60CS}}{126} \right]^2 - \left[\frac{(N_1)_{60CS}}{23,6} \right]^3 + \left[\frac{(N_1)_{60CS}}{25,4} \right]^4 - 2,8 \right\} \tag{15}$$

$$(N_1)_{60CS} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60} \tag{16}$$

- d. Membandingkan tegangan geser akibat gempa dan ketahanan tanah menggunakan persamaan 17,

$$\text{Safety factor} \rightarrow SF = \frac{CRR}{CSR} \geq 1 \quad 17$$

CSR dan CRR bervariasi terhadap kedalaman, sehingga potensi likuifaksi dievaluasi pada segmen kedalaman tertentu pada profil tanah.

- e. *Liquefaction Severity Number* dan penurunan

Dengan metode [17] dan metode [18] dihubungkan dengan perubahan volumetrik yang didefinisikan oleh [19], maka pendekatan dengan persamaan berikut:

LSN *Liquefaction Severity Number*,

$$LSN = 1000 \int \frac{\varepsilon_v}{z} dz \quad 18$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Subbab 1: Hasil Standard Penetration Test (SPT)

Pengujian SPT dengan kedalaman 30,0m dari muka tanah, pada Tabel 2 dan hasil laboratorium pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil *Standard Penetration Test*

| z (m) | N _{SPT} | Jenis Tanah | Relative density |
|-------|------------------|--------------|------------------|
| 2,00 | 3,00 | Pasir Sedang | Lepas |
| 4,00 | 5,00 | Pasir Sedang | Lepas |
| 6,00 | 15,00 | Pasir Sedang | Sedang |
| 8,00 | 25,00 | Pasir Sedang | Sedang |
| 10,00 | 41,00 | Pasir | Padat |
| 12,00 | 45,00 | Pasir kasar | Padat |
| 14,00 | 47,00 | Pasir kasar | Padat |

| | | | |
|-------|-------|--------------|--------------|
| 16,00 | 35,00 | Pasir kasar | Padat |
| 18,00 | 22,00 | Pasir Sedang | Sedang |
| 20,00 | 21,00 | Pasir | Sedang |
| 22,00 | 52,00 | Pasir Sedang | Sangat Padat |
| 24,00 | 52,00 | Pasir kasar | Sangat Padat |
| 26,00 | 55,00 | Pasir kasar | Sangat Padat |
| 28,00 | 55,00 | Pasir kasar | Sangat Padat |
| 30,00 | 57,00 | Pasir kasar | Sangat Padat |

Note: Hubungan antara kepadatan relative dan N value [11]

Subbab 2: Hasil Cone Penetration Test (CPT)

Pengujian 5 titik CPT terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil *Cone Penetration Test*

| z (m) | qc ₁ (Mpa) | qc ₂ (Mpa) | qc ₃ (Mpa) | qc ₄ (Mpa) | qc ₅ (Mpa) |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1,0 | 1,90 | 2,10 | 1,90 | 2,30 | 1,50 |
| 2,0 | 2,90 | 5,10 | 2,40 | 3,10 | 2,60 |
| 3,0 | 5,80 | 6,60 | 5,30 | 5,80 | 4,90 |
| 4,0 | 5,70 | 10,20 | 9,60 | 14,90 | 8,60 |
| 5,0 | 5,30 | 7,00 | 8,10 | 11,60 | 10,10 |
| 6,0 | 13,30 | 9,90 | 6,10 | 6,30 | 5,70 |
| 7,0 | 18,90 | 12,90 | 10,40 | 11,30 | 9,70 |
| 8,0 | 44,50 | 6,30 | 25,80 | 5,30 | 44,50 |
| 9,0 | . | 12,20 | 44,60 | 13,20 | . |
| 10,0 | . | 10,70 | . | 7,30 | . |
| 11,0 | . | 17,80 | . | 5,30 | . |
| 12,0 | . | 11,70 | . | 21,30 | . |
| 13,0 | . | 21,90 | . | 23,40 | . |
| 14,0 | . | 41,60 | . | 37,70 | . |
| 14,8 | . | . | . | 44,60 | . |

Tabel 3. Hasil Laboratorium

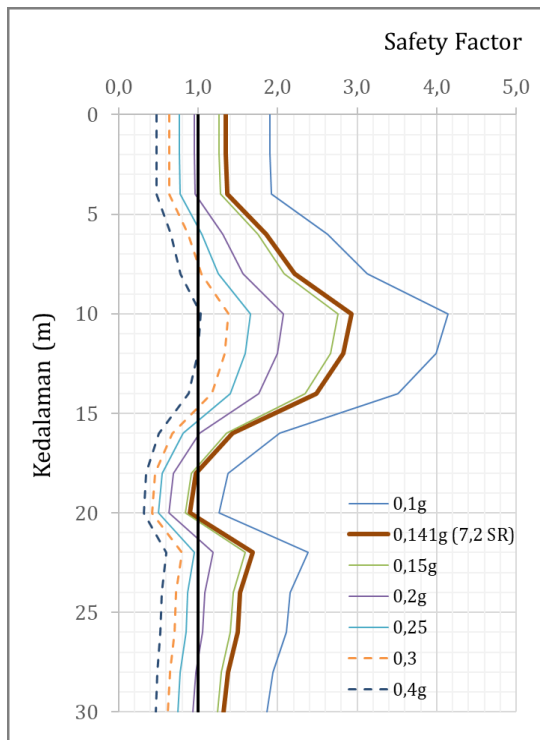
| z (m) | e | Dr (%) | w (%) | G | γ _b (kN/m ³) | φ (°) | c (kN/m ²) | γ _k (kN/m ³) | γ _{sat} (kN/m ³) | FC (%) | D ₅₀ (mm) |
|-------|------|--------|-------|------|-------------------------------------|-------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------|----------------------|
| 2 | 0,83 | 67,08 | 24,73 | 2,69 | 18,00 | 30,54 | 0,00 | 14,43 | 18,87 | 0,25 | 0,79 |
| 4 | 0,83 | 67,08 | 24,73 | 2,69 | 18,00 | 30,54 | 0,00 | 14,43 | 18,87 | 0,25 | 0,79 |
| 6 | 0,83 | 67,08 | 24,73 | 2,69 | 18,00 | 30,54 | 0,00 | 14,43 | 18,87 | 0,25 | 0,79 |
| 8 | 0,83 | 67,08 | 24,73 | 2,69 | 18,00 | 30,54 | 0,00 | 14,43 | 18,87 | 0,25 | 0,79 |
| 10 | 0,70 | 77,23 | 24,73 | 2,69 | 19,40 | 30,54 | 0,09 | 15,55 | 19,58 | 0,25 | 0,79 |
| 12 | 0,70 | 77,01 | 24,73 | 2,75 | 19,80 | 30,54 | 0,00 | 15,87 | 19,91 | 0,25 | 0,80 |
| 14 | 0,70 | 77,01 | 24,73 | 2,75 | 19,80 | 30,54 | 0,00 | 15,87 | 19,91 | 0,25 | 0,80 |
| 16 | 0,74 | 73,47 | 28,11 | 2,75 | 19,80 | 27,00 | 0,00 | 15,46 | 19,64 | 0,25 | 0,80 |
| 18 | 0,78 | 70,70 | 28,11 | 2,75 | 19,40 | 25,00 | 0,00 | 15,14 | 19,44 | 0,25 | 0,80 |
| 20 | 0,75 | 73,19 | 28,11 | 2,70 | 19,40 | 23,89 | 0,15 | 15,14 | 19,34 | 0,01 | 0,63 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|
| 22 | 0,75 | 73,19 | 28,11 | 2,70 | 19,40 | 31,00 | 0,00 | 15,14 | 19,34 | 0,25 | 0,63 |
| 24 | 0,74 | 73,47 | 28,11 | 2,75 | 19,80 | 31,00 | 0,00 | 15,46 | 19,64 | 0,25 | 0,80 |
| 26 | 0,74 | 73,47 | 28,11 | 2,75 | 19,80 | 31,00 | 0,00 | 15,46 | 19,64 | 0,25 | 0,80 |
| 28 | 0,74 | 73,47 | 28,11 | 2,75 | 19,80 | 31,00 | 0,00 | 15,46 | 19,64 | 0,25 | 0,80 |
| 30 | 0,74 | 73,47 | 28,11 | 2,75 | 19,80 | 31,00 | 0,00 | 15,46 | 19,64 | 0,25 | 0,80 |

Tabel 4 dan Gambar 6 menunjukkan hubungan antara $CSR_{7,2}$, CRR , $FS_{7,2}$, perubahan volume, and penurunan terhadap kedalaman

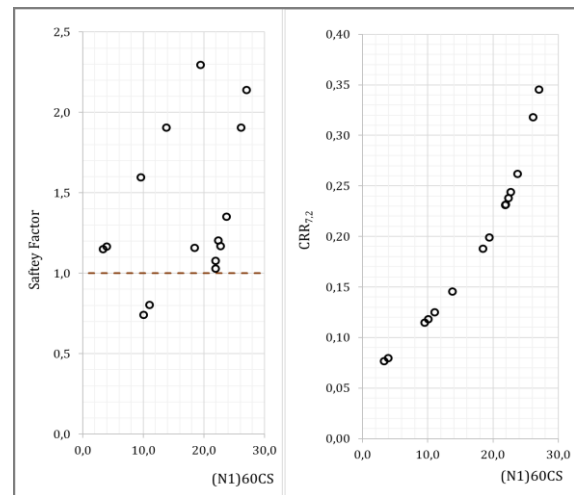
Subbab 3: Evaluasi Potensi Likuifaksi

Hasil pengeboran pada Tabel 2 dan hasil laboratorium Tabel 3, diaplikasikan dengan perkiraan gempa Yogyakarta berkekuatan $M = 7,2$ SR dan pusat gempa berada di laut dengan jarak 51,91km (Gempa berkekuatan terbesar di Yogyakarta pada tahun 1926), maka Gambar 4 adalah zona likuifaksi dan angka amannya terhadap kedalaman.

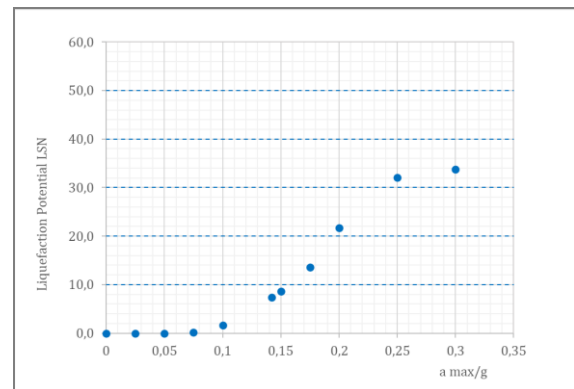


Gambar 4. Zona Likuifaksi

Hubungan antara $CRR_{7,2}$ dan Safety Factor dengan $(N1)_{60cs}$ ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Variasi $CRR_{7,2}$ dan FS dengan $(N1)_{60cs}$

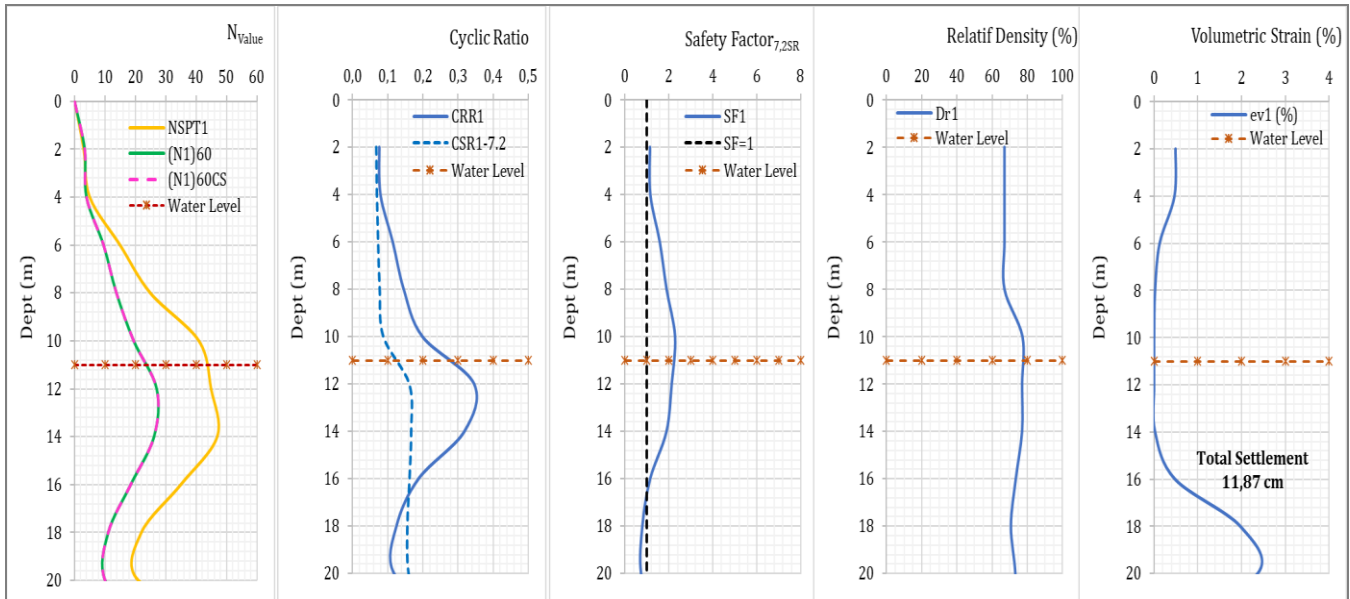


Gambar 6. Liquefaction Severity Number

Tabel 4. Hubungan antara $CSR_{7,2}$, CRR , $FS_{7,2}$, perubahan volume, and penurunan

| z (m) | N_{SPT} | $(N1)_{60}$ | $(N1)_{60cs}$ | CRR | $CSR_{7,2}$ | $FS_{7,2}$ | Dr | ev (%) | Penurunan (mm) |
|-------|-----------|-------------|---------------|------|-------------|------------|-------|--------|----------------|
| 2 | 3 | 3,30 | 3,30 | 0,08 | 0,07 | 1,15 | 67,08 | 0,49 | 9,76 |
| 4 | 5 | 3,89 | 3,89 | 0,08 | 0,07 | 1,17 | 67,08 | 0,47 | 9,30 |
| 6 | 15 | 9,53 | 9,53 | 0,11 | 0,07 | 1,60 | 67,08 | 0,13 | 2,53 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------|----|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|
| 8 | 25 | 13,75 | 13,75 | 0,15 | 0,08 | 1,91 | 67,08 | 0,02 | 0,44 |
| 10 | 41 | 19,43 | 19,43 | 0,20 | 0,09 | 2,30 | 77,23 | 0,00 | 0,00 |
| 12 | 45 | 26,98 | 26,98 | 0,35 | 0,16 | 2,14 | 77,01 | 0,00 | 0,00 |
| 14 | 47 | 26,08 | 26,08 | 0,32 | 0,17 | 1,91 | 77,01 | 0,02 | 0,45 |
| 16 | 35 | 18,41 | 18,41 | 0,19 | 0,16 | 1,16 | 73,47 | 0,48 | 9,53 |
| 18 | 22 | 11,02 | 11,02 | 0,13 | 0,16 | 0,80 | 70,70 | 1,97 | 39,37 |
| 20 | 21 | 10,04 | 10,04 | 0,12 | 0,16 | 0,74 | 73,19 | 2,36 | 47,27 |
| Total penurunan | | | | | | | | | 118,7 |



Gambar 6. Hubungan antara CSR_{7,2}, CRR, FS_{7,2}, perubahan volume, penurunan terhadap kedalaman

B. Pembahasan

Hasil pengeboran pada Tabel 2, memperlihatkan tanah di lokasi didominasi pasir sedang hingga pasir kasar sampai kedalaman 30,0 m dari muka tanah. Hasil pengeboran Tabel 2 dan laboratorium Tabel 3, diaplikasikan dengan perkiraan gempa Yogyakarta berkekuatan M = 7,2 SR dan pusat gempa berada di laut dengan jarak 51,91 km (Gempa berkekuatan terbesar di Yogyakarta pada tahun 1926), potensi likuifaksi pada kedalaman sekitar -17,50m sampai dengan -20,0m seperti terlihat Gambar 4, dengan *Liquefaction Severity Number* 7,36, yang berarti *little to no expression of liquefaction, minor effect* dan penurunan maksimum 11,87cm, berdasar SNI [20], penurunan izin < 15 cm + b/600 (b dalam satuan cm) untuk bangunan tinggi).

Ketahanan tanah terhadap likuifaksi CRR semakin baik dengan meningkatnya nilai (N1)_{60CS}, terlihat pada Gambar 5 dan dengan meningkatnya safety factor, seperti terlihat pada grafik pada (N1)_{60CS} kurang dari 23,69 ada kemungkinan faktor keamanan kurang dari 1 yang berarti ada kemungkinan likuifaksi.

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin besar nilai N_{SPT}, semakin besar *Safety factor*, semakin besar pula ketahanan tanah terhadap likuifaksi, semakin kecil perubahan volumetrik, sehingga semakin kecil penurunan

setelah likuifaksi, yang berarti semakin aman terhadap likuifaksi.

IV. KESIMPULAN

Metode analisis SPT dan CPT, menjelaskan daya dukung dan jenis pondasi yang dapat digunakan sesuai dengan fungsi dan ketinggian bangunan. Disarankan, menggunakan pondasi *bored pile* pada kedalaman ±7,0m dengan daya dukung ujung diameter D60cm = 40ton; D80cm = 60ton; atau kedalaman ±9,0m, dengan daya dukung ujung diameter D60cm = 60ton; D80cm = 100ton.

Potensi likuifaksi dengan *Liquefaction Severity Number* 7,36 dan penurunan maksimum 11,87cm, dianggap cukup aman sesuai dengan syarat SNI [20] penurunan maksimum sesuai lebar bangunan adalah 20,33cm.

Ujung tiang diletakkan pada minimal 2xB (B = lebar grup pondasi), di atas zona potensi likuifaksi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih pada Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang membantu proses pengabdian baik dalam bentuk materi maupun dukungan moril sehingga pengabdian ini dapat terlaksana dengan baik dan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Terzaghi, R. B. Peck, and G. Mesri, "Soil Mechanics in Engineering Practice," *John Wiley & sons*. Jhon Wiley & sons, Inc, p. 534, 1996.
- [2] Standar Nasional Indonesia SNI 2827:2008, "Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT," 2008.
- [3] Josep E. Bowles, *Analisa dan Desain Pondasi*, 4th ed. Jakarta Indonesia: Erlangga, 1988.
- [4] Barentsen, P., "Short Description of a Field-Testing Method with A Cone Shape Sounding Apparatus," 1936.
- [5] Rahardjo, P.P, *Penyelidikan Geoteknik dengan Uji In-Situ*. Bandung: GEC, Parahyangan Chatolic University Bandung, 2008.
- [6] Standar Nasional Indonesia SNI 2827:2008, *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir*. 2008.
- [7] American Society for Testing and Materials (ASTM), *Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil*. (ASTM D 2216-71), United State: ASTM International, 2005.
- [8] American Society for Testing and Materials (ASTM), *Standard Test Method for Unit Weigth of Soil*. (ASTM D1883-73), United State: ASTM International, 2002.
- [9] American Society for Testing and Materials (ASTM), *Standard Test Method for Specific Gravity of Soil*. (ASTM D854-58), United State: ASTM International, 2002.
- [10] American Society for Testing and Materials (ASTM), *Standard Test Method for Hydrometer Analysis of Soils*. (ASTM D 421-72), United State: ASTM International, 2007.
- [11] American Society for Testing and Materials (ASTM), *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*. (ASTM D 422-72), United State: ASTM International, 2007.
- [12] American Society for Testing and Materials (ASTM D-3080-04), *Standard Test Method for Direct Shear Test*. United State: ASTM International, 2007.
- [13] J. F. Schmertmann, *Guidelines for Cone Penetration Test (Performance and Design)*,. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation Federal Hight way Administration, 1978.
- [14] Schmertmann & Nottingham. L.C., *Use of Quasi Static Friction Cone Penetrometer Data to predict Load Capacity of Displacement pile*. Florida: Dept Of Civil Eng. University of Florida., 1975.
- [15] B. Idriss IM, "Spt-Based Liquefaction Triggering Procedures," *Dep. Civ. Environ. Eng. Coll. Eng. Univ. Calif. Davis, Cent. Geotech. Model. Dep. Civ. Environ. Eng. Univ. Calif. Davis, Calif.*, no. December, p. 136, 2010.
- [16] I. Youd G, T. L., Idriss, "Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils," *J. Geotech. Geoenvironmental Eng ASCE*, vol. 127, no. 10, pp. 817–833, 2001.
- [17] G. Zhang, P. K. Robertson, and R. W. I. Brachman, "Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground," *Can. Geotech. J.*, vol. 39, no. 5, pp. 1168–1180, 2002, doi: 10.1139/t02-047.
- [18] R. P. K. and C. E. Wride, "Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test," *Can. Geotech. J.*, vol. 37, no. 1, pp. 270–271, 2000, doi: 10.1139/t99-102.
- [19] Ishihara, K. and Yoshimine, M., "Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes," *Soils Found.*, vol. 32, no. 1, pp. 173–188, 1992.
- [20] Standar Nasional Indonesia SNI 8460:2017, *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. BSN, 2017.

PENULIS



Sumiyati Gunawan,
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta



Gumbert Maylda Pratama,
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta



William Wijaya,
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta



Luky Handoko,
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta



Vienti Hadsari,
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta.