

ANALISIS PENURUNAN DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL AKIBAT DARI LIKUIFAKSI TANAH

I Made Wahyu Pramana¹⁾, I Wayan Arya²⁾, IGAG Suryanegara Dwipa²⁾, I Wayan Wiraga²⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

¹⁾ pramanawahyu@pnb.ac.id

Abstract

Earthquake is often occurring in Indonesia. Therefore, the building's factor of safety because of the earthquake is needed to be carefully calculated. One of the lower structure's failure related to earthquake is soil liquefaction. This study aim is to calculate shallow foundation's bearing capacity before liquefaction and compare it during liquefaction. This study is quantitative study with field data sampling. Result of the sampling is used to calculate bearing capacity manually and use numerical software Geostudio. The result of this study shows that shallow foundation bearing capacity during liquefaction is reduced 88,1 %.

Keyword: *earthquake, liquefaction, shallow foundation, bearing capacity*

Abstrak

Gempa bumi merupakan peristiwa yang sangat sering terjadi di wilayah Indonesia. Akibat dari gempa bumi, keamanan struktur bangunan terhadap gempa sangat perlu untuk diperhitungkan dalam analisa perhitungan faktor keamanan. Salah satu kegagalan struktur yang dapat terjadi pada struktur bawah akibat gempa adalah peristiwa likuifaksi. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung daya dukung pondasi dangkal sebelum terjadi likuifaksi dan membandingkannya dengan daya dukung pondasi saat terjadi likuifaksi. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan penyelidikan tanah dan mengambil sampel tanah asli di lapangan. Hasil penyelidikan tanah akan digunakan dalam perhitungan menggunakan analisa perhitungan manual dan menggunakan perangkat lunak numerik *Geostudio*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dukung pondasi dangkal pada tanah yang terlikuifaksi turun sebesar 88,1 %.

Kata Kunci: *gempa bumi, likuifaksi, pondasi dangkal, daya dukung*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki aktifitas gempa yang sangat tinggi dikarenakan letak Indonesia yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik utama yaitu: Lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik dan Philipine [1]. Hal tersebut menyebabkan perhitungan analisa keamanan struktur harus memperhitungkan efek gempa bumi. Selain menyebabkan kerusakan pada struktur atas (*upper structure*), gempa bumi juga dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur bawah / pondasi dari bangunan.

Kegagalan struktur bawah yang dapat terjadi akibat gempa adalah peristiwa likuifaksi tanah. Likuifaksi tanah adalah hilangnya kekuatan / daya dukung dari tanah dalam menahan beban akibat gempa bumi [2]. Peristiwa likuifaksi umumnya terjadi pada tanah

pasir lepas yang jenuh air dan mengalami beban gempa. Tanah yang terlikuifaksi, konsistensi dan sifatnya berubah dari padat menjadi menyerupai benda cair.

Peristiwa likuifaksi telah banyak terjadi di banyak negara dan menyebabkan kerusakan dan korban jiwa yang sangat besar. Salah satu kejadian likuifaksi di Indonesia adalah kejadian likuifaksi di Palu, Sulawesi utara pada tahun 2018 yang lalu. BNPB melaporkan peristiwa gempa dan likuifaksi yang terjadi di kota Palu telah menelan korban sebanyak 2034 orang, 671 orang hilang dan 152 terkubur hidup – hidup. [3].

Oleh karena sangat berbahayanya peristiwa likuifaksi tanah ini, maka pencegahan terhadap bencana likuifaksi ini harus dilakukan / dilaksanakan. Pencegahan kerusakan yang parah akibat dari likuifaksi dapat dilakukan salah satunya dengan mendesain pondasi yang aman terhadap gempa bumi dan juga likuifaksi. Desain dari pondasi yang aman terhadap likuifaksi dapat dilakukan dengan menghitung faktor keamanan pondasi apabila terjadi peristiwa likuifaksi.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif, dimana penelitian dilakukan dengan metode pengumpulan data dan analisa perhitungan Adapun data yang dipergunakan adalah pengujian tanah lapangan sondir, pengambilan sampel tanah, pengumpulan data gempa, beban Gedung dan model pondasi.

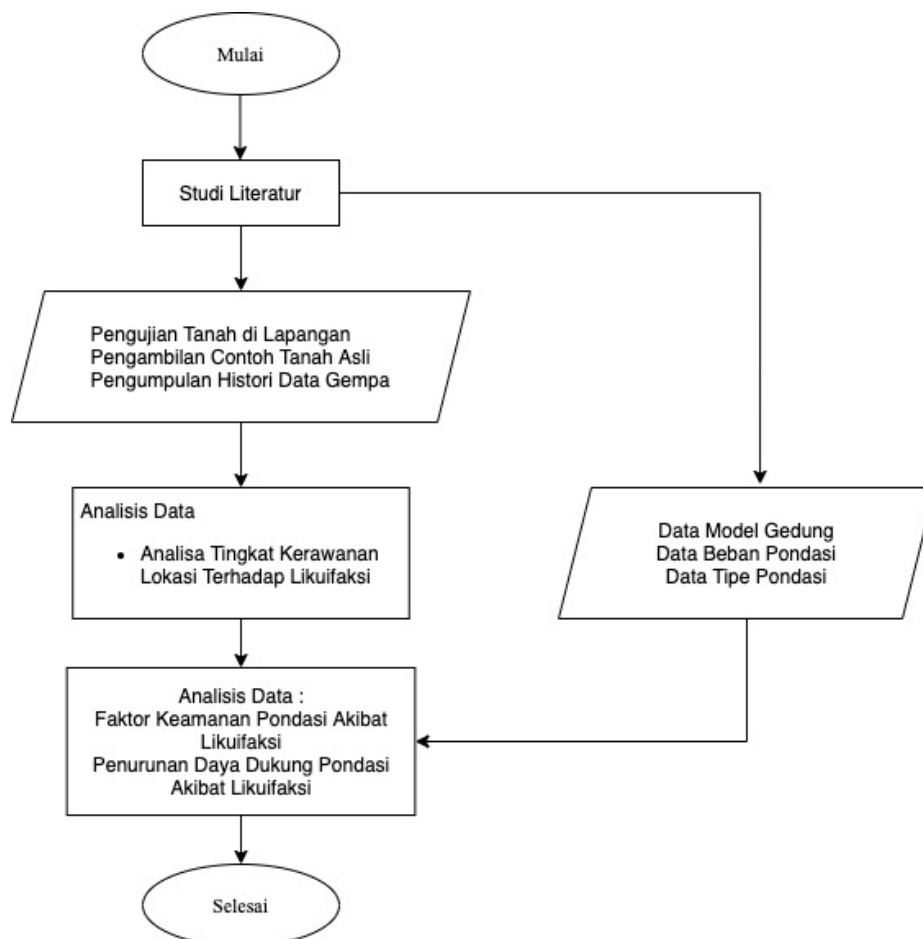
Data primer pada penelitian ini adalah data tanah yang didapatkan dengan melakukan pengujian ke lapangan. Data sekunder di penelitian ini adalah data histori gempa yang terjadi di kawasan Provinsi Bali

Penelitian dilakukan di daerah Sanur, Kota Denpasar, Provinsi Bali dengan mempertimbangkan kondisi dari kawasan yang akan diambil sampel tanahnya. Lokasi penelitian harus memenuhi beberapa kondisi yaitu: muka air tanah tinggi / tanah jenuh air dan jenis tanah dominan berpasir. Kedua kondisi diatas merupakan indikasi awal bahwa tanah tersebut dapat mengalami likuifaksi tanah

Tahapan Penelitian

Adapun rencana tahapan penelitian pada studi ini adalah:

1. Melakukan pengujian tanah sondir dan pengambilan sampel tanah untuk mendapatkan stratigrafi lapisan tanah dan parameter fisik dan mekanik dari tanah
 2. Mengumpulkan data histori gempa di sekitar wilayah Bali, dan menyusun gempa rencana dari data – data tersebut
 3. Melakukan analisa kerawanan suatu lokasi terhadap likuifaksi
 4. Melakukan analisa daya dukung pondasi tanpa adanya beban gempa dan likuifaksi dan melakukan analisa daya dukung pondasi dengan memperhitungkan beban gempa dan likuifaksi
- . Adapun kegiatan penelitian ini disajikan ke dalam diagram alir pada Gambar 1.

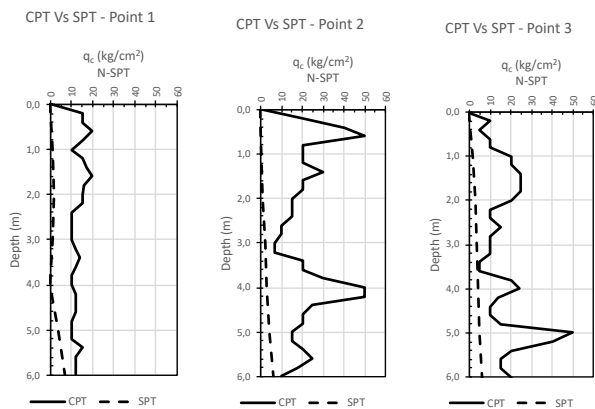


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tanah di Lapangan

Pengujian tanah di lapangan dilakukan dengan melakukan serangkaian uji CPT dan SPT. Pada penelitian dilakukan uji CPT dan SPT pada 3 titik untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi dan stratigrafi tanah. Uji SPT dilakukan sampai kedalaman rata – rata 6 meter. Kondisi tanah yang didapatkan pada lokasi adalah pasir lepas dengan nilai SPT rata – rata yang rendah. Nilai SPT pada kedalaman 2m – 6m, pada lokasi penelitian adalah 2 – 4. Uji gradasi dilakukan pada masing – masing titik pengujian untuk mendapatkan jenis tanah. Jenis tanah pada lokasi pengujian adalah dominan pasir dengan kadar lempung 6% - 9%. Berat isi berkisar antara 1.617 – 1.837 gr/cm³ dan muka air tanah terdapat pada kedalaman 1.5 meter Berikut merupakan grafik hasil pengujian tanah pada lokasi penelitian.



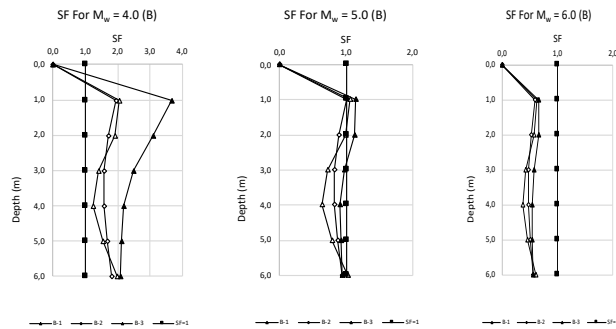
Gambar 2. Hasil Pengujian CPT dan SPT di lokasi pengujian

Dari hasil pengujian di lapangan, dengan rata – rata nilai SPT 3, sesuai korelasi oleh Burk Look [5], nilai sudut geser dalam (ϕ) dari tanah di lokasi penelitian adalah 27° – 32°. Untuk keperluan input data pada perhitungan, diambil nilai sudut geser adalah 30°

Analisa Keamanan Lapisan Tanah Terhadap Likuifaksi

Analisa keamanan lapisan tanah terhadap likuifaksi dilakukan dengan menggunakan data gempa rencana dengan besar Magnitude (Mw): 4, 5, 6. Hasil perhitungan

menunjukkan bahwa lapisan tanah tidak akan terlikuifaksi apabila diberikan beban gempa sebesar $M_w = 4$. Lapisan tanah akan mulai terlikuifaksi pada beban gempa $M_w > 5$



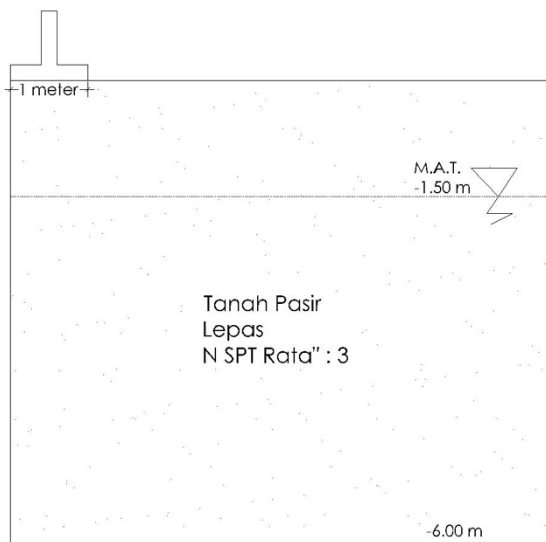
Gambar 3. Grafik Faktor Keamanan vs Kedalaman pada masing – masing titik pengujian

Perhitungan Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Lapisan Tanah Sebelum Terjadi Likuifaksi

Perhitungan daya dukung pondasi dangkal menggunakan dua metode yaitu metode perhitungan manual dan validasi menggunakan software Geostudio 2021. Untuk perhitungan daya dukung menggunakan pondasi telapak dengan lebar 2 m, dengan lapisan tanah pasir lepas dengan kedalaman 6 meter dan muka air tanah berada pada kedalaman 1.5 meter. Tanah dimodelkan hanya setengah bagian. Berikut merupakan parameter input pada perhitungan daya dukung tanah:

Tabel 1. Nilai Parameter Tanah untuk Perhitungan Daya Dukung

Parameter	Nilai
Berat Volume Tanah	18 KN/m ³
Sudut Geser Dalam	30
Kohesi	0 Kpa



Gambar 4. Geometri Lapisan Tanah untuk Perhitungan Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah pada kasus ini dilakukan dengan perhitungan *Undrained*.

Kapasitas daya dukung tanah ultimit adalah:

$$q_u = 0.5 \gamma B N_\gamma$$

$$q_u = 0.5 \times 18 \times 2 \times 22.4$$

$$q_u = 403,2 \text{ KPa}$$

Validasi perhitungan manual dilakukan dengan Geostudio 2021, dengan input sebagai berikut:

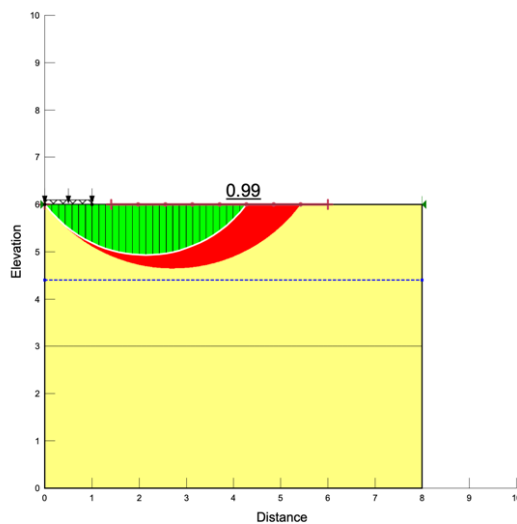
Tabel 2. Input Data pada Geostudio 2021 untuk Analisa Daya Dukung Sebelum Likuifaksi

Type Analisis	Bishop
Material Model	Mohr Coloumb
Unit Weight	18 KN/m ³
Phi	30
Cohession	0 Kpa

Surcharge Load

4032 Kpa

Hasil output dari perhitungan Geostudio adalah disajikan pada Gambar 5.4. Nilai faktor keamanan (FS) yang didapat adalah 0.99, mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa beban yang diberikan pada tanah sebesar 4032 KPa ditahan dengan jumlah yang sama oleh lapisan tanah.



Gambar 5. Output Hasil Validasi Nilai Daya Dukung pada Geostudio

Perhitungan Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Lapisan Tanah Saat terjadi likuifaksi

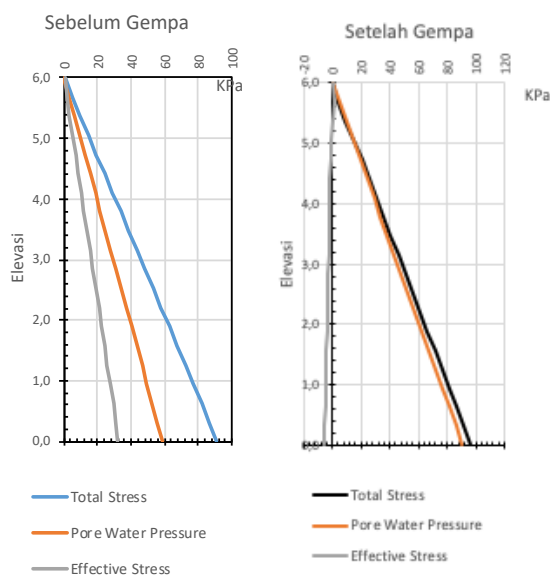
Perhitungan tegangan efektif lapisan tanah akibat gempa bumi dilakukan dengan Software Geostudio 2021 dengan Input sebagai berikut:

Tabel 3. Input pada Geostudio 2021 untuk Analisa Tegangan Efektif saat Terjadi Gempa pada lapisan tanah

Analysis Type	Equivalent Linier Dynamic
Peak Acceleration	0.2 g
Duration	10 second

Material Model	Equivalent Linier
Unit Weight	18 kN/m ³
Poisson Ratio	0.4
Phi	30
Gmax	20.000 KPa

Hasil output tegangan efektif tanah sebelum dan sesudah gempa diberikan pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Tegangan Effektif Lapisan Tanah Sebelum dan Sesudah Terjadi Gempa

Grafik menunjukkan bahwa, setelah terjadi gempa, tegangan efektif dari seluruh lapisan tanah menjadi nol ($\sigma' = 0$ Kpa). Hal ini mengindikasikan bahwa tanah kehilangan kekuatannya atau dapat dikatakan lapisan tanah mengalami likuifaksi. Pada saat tanah mengalami likuifaksi, susunan butiran tanah menjadi kolaps (*collapse state*). Pada saat terjadi fase kolaps, sudut geser dari lapisan tanah mengalmai penurunan yang signifikan. Menurut Kramer [6], sudut geser kolaps ϕ_L dari tanah pasir lepas adalah 15°

Penentuan lapisan tanah terlikuifaksi atau tidak, akan tergantung dari beban gempa yang diberikan saat melakukan perhitungan. Apabila pada saat gempa dengan besaran tertentu diberikan dan lapisan tanah telah menunjukkan kehilangan tegangan efektifnya, maka peristiwa likuifaksi akan terjadi.

Perhitungan Daya Dukung Setelah Terjadinya Peristiwa Likuifaksi

Perhitungan daya dukung tanah pada kasus ini dilakukan dengan perhitungan *Undrained* dengan memasukkan nilai sudut geser kolaps $\phi_L = 15^\circ$ dan nilai $N_\gamma = 2.65$. Kapasitas daya dukung tanah ultimit adalah:

$$q_u = 0.5\gamma BN_\gamma$$

$$q_u = 0.5 \times 18 \times 2 \times 2.65$$

$$q_u = 47,7 \text{ KPa}$$

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa penurunan daya dukung ultimit dari pondasi dangkal akibat likuifaksi sangat besar yaitu sebesar 88.1 %.

Tabel 4. Penurunan Daya Dukung Akibat Peristiwa Likuifaksi

Daya Dukung Sebelum Likuifaksi	403,2 KPa
Daya Dukung Setelah Likuifaksi	47,7 KPa
Penurunan Daya Dukung	355,5 KPa (88,1 %)

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tanah pada lokasi pengujian mulai mengalami likuifaksi pada gempa $M_w = 6$
2. Daya dukung pondasi dangkal sebelum terjadi likuifaksi di lokasi penelitian adalah: 403,2 KPa

3. Daya dukung pondasi dangkal setelah terjadi likuifaksi di lokasi penelitian adalah: 47,7 Kpa

4. Penurunan daya dukung pondasi pada lapisan tanah di lokasi penelitian akibat likuifaksi adalah 88,1 %

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariandi et al (2019), Kajian Potensi Likuifaksi Pada Sekitar Pondasi Jembatan Prategang di Sawangan, Jurnal Tekno volume 17. ISSN: 0215-9617
- [2] Das, Braja M. (1993), *Principle of Soil Dynamic*, 5th edition, Canada
- [3] Irsyam, et al (2018), *Damages Associated with Geotechnical Problem in 2018 Palu Earthquake, Indonesia*, Proceeding 20th SEAGC – 3rd AGSSEA Confrence, Jakarta. ISSBN No. 978-6021-17221-6-9
- [4] Budhu, Muni (2000), *Soil Mechanic and Foundation*, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [5] Burk G. Look (2007), *Handbook of Geotechnical Investigation dan Design Tables*, 1st edition, Taylor and Francis/Berkema, The Netherlands.
- [6] Kramer S. (1996), *Geotechnical Earthquake Engineering*, Pretince Hall, New Jersey.