

# **PERANCANGAN PONDASI TIANG PANCANG PADA WILAYAH YANG TERKENA DAMPAK LIKUIFAKSI : STUDI KASUS LOMBOK**

## **TUGAS AKHIR**

Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Oleh  
Regina de Sora Sebayang  
NIM 15514075



Program Studi Teknik Kelautan  
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan  
**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**  
2018

## ABSTRAK

# PERANCANGAN PONDASI TIANG PANCANG PADA WILAYAH YANG TERKENA DAMPAK LIKUIFAKSI : STUDI KASUS LOMBOK

Oleh

**Regina de Sora Sebayang**

**NIM : 15514075**

Gempa bumi mengakibatkan terjadi likuifaksi pada tanah. Likuifaksi mengakibatkan berkurangnya kekuatan geser tanah sehingga tanah berperilaku seperti fluida. Analisis likuifaksi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan kriteria historis, geologis, dan karakteristik tanah. Analisis kuantitatif dilakukan dengan metode *Simplified Seed*. Lombok adalah salah satu pulau di Indonesia yang rawan gempa dan memiliki potensi untuk mengalami likuifaksi. Pada wilayah yang menjadi lokasi studi, dibutuhkan pondasi grup tiang pancang untuk menahan beban struktur berupa tangki. Pondasi grup tiang pancang dirancang khusus untuk untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan struktur akibat likuifaksi. Perancangan pondasi diawali dengan menganalisis kapasitas tiang tunggal, kemudian dilanjutkan dengan perancangan konfigurasi pondasi grup. Analisis tiang tunggal dilakukan untuk dua kondisi, yaitu kondisi statik dengan tidak memperhitungkan likuifaksi dan kondisi dinamik dengan memperhitungkan likuifaksi akibat gempa. Analisis tiang tunggal dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *A-Pile* dan *LPile*. Perancangan pondasi grup dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Group*. Desain konfigurasi pondasi grup dilakukan untuk tiga kondisi, yaitu kondisi statik, kondisi dinamik tidak likuifaksi, dan kondisi dinamik terlikuifaksi.

**Kata Kunci:** *Likuifaksi, Pondasi Grup, Tiang Pancang, Lombok*

## ABSTRACT

### PILES FOUNDATION DESIGN FOR LIQUIFIED SOIL: STUDY CASE LOMBOK

By :

**Regina de Sora Sebayang**

**NIM : 15514075**

Liquefaction is one of the result of earthquake which turns solid characteristics of soil into liquid. Earthquake waves conduce the loss of soil shear strength and stiffness. Liquefaction analysis consists of qualitative and quantitative analysis. Qualitative analysis is done based on historical criteria, geological criteria, and soil characteristics. Quantitative analysis is done according to *Simplified Seed* method. Lombok is an island located in Indonesia which is earthquake prone. Lombok have potential to encounter liquefaction. Group piles foundation is required for liquefied soil in Lombok to endure the load of tank structures. Piles foundation design starts with single pile analysis and followed by the pile group configuration design. Single pile analysis is done for static condition that ignore the effects of liquefaction and dynamic condition that compute the effects of liquefaction caused by earthquake. *A-Pile* and *LPile* software are used to compute the single pile capacity. For the group pile design, the distribution of load computed by *Group* software. Group pile configuration is designed for three condition, static condition, non-liquefied dynamic condition, and liquefied dynamic condition.

**Kata Kunci:** *Liquefaction, Group Piles, Piles Foundation, Lombok*

## **PENDAHULUAN**

Lombok merupakan salah satu pulau di Indonesia yang termasuk ke kawasan rawan gempa. Berdasarkan data gempa dari USGS, Lombok mengalami 31 kali gempa dengan kekuatan gempa lebih besar dari 4.5 SR dalam rentan waktu 100 tahun. Kondisi Lombok yang sering mengalami gempa mengakibatkan Lombok rentan untuk terkena dampak likuifaksi.

Likuifaksi adalah fenomena berubahnya sifat tanah dari padat menjadi bersifat cair atau fluida. Fenomena likuifaksi mengakibatkan tanah mengalami penurunan kekuatan geser hingga dapat mengakibatkan kegagalan struktur. Oleh karena itu, Lombok membutuhkan rancangan pondasi khusus.

Tugas akhir ini akan membahas mengenai perancangan pondasi tiang pancang grup untuk struktur tangki yang dirancang khusus untuk wilayah yang memiliki potensi likuifaksi di Lombok. Tahapan perancangan pondasi diawali analisis potensi likuifaksi secara kualitatif dan kuantitatif, analisis kapasitas tiang tunggal, dan dilanjutkan dengan perancangan konfigurasi pondasi grup.

## **TEORI DAN METODOLOGI**

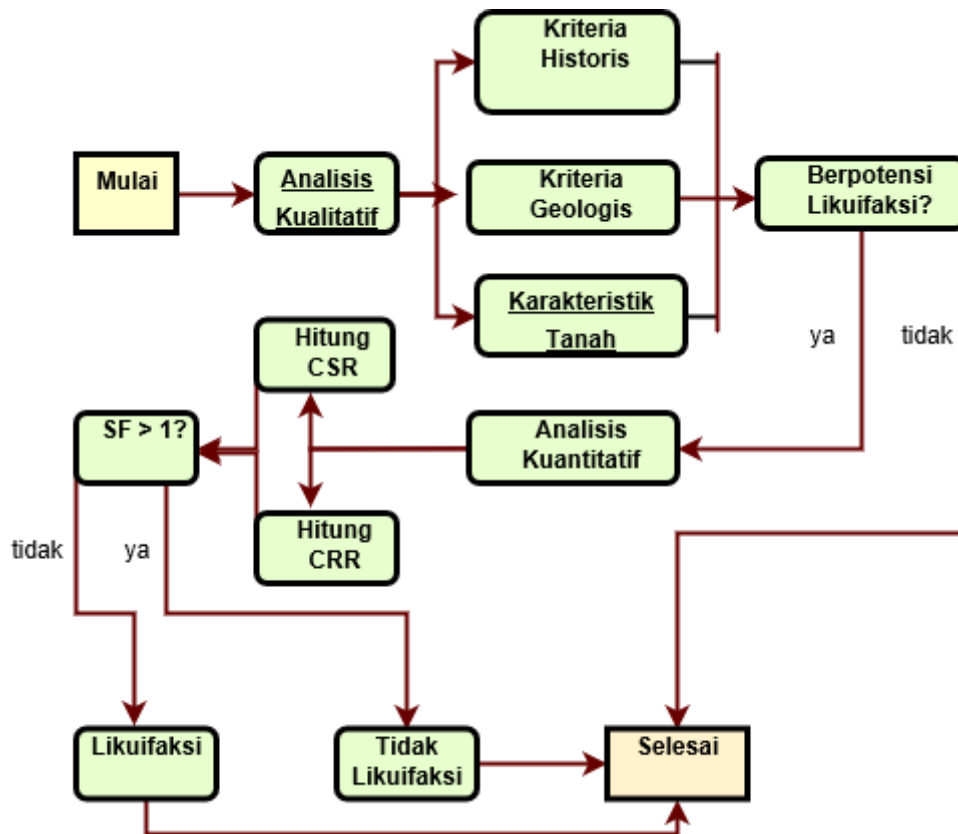
Lombok tercatat mengalami 31 kali gempa bumi dengan kekuatan lebih dari 4.5 SR dalam kurun waktu 100 tahun sehingga Lombok dapat dikatakan sebagai wilayah rawan gempa dan memiliki potensi likuifaksi. Likuifaksi merupakan fenomena perubahan sifat tanah dari sifat padat menjadi menyerupai fluida. Perubahan sifat ini mengakibatkan tanah mengalami penurunan kuat gesernya atau bahkan hilang sama sekali.

Analisis likuifaksi terbagi menjadi dua tahapan, yaitu analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan tiga kriteria, yaitu kriteria historis, kriteria geologis, dan karakteristik tanah. Apabila salah satu dari kriteria di atas menunjukkan bahwa lokasi studi memiliki potensi untuk terkena likuifaksi, maka harus dilanjutkan dengan tahapan analisis kuantitatif berdasarkan metode *Simplified Seed*.

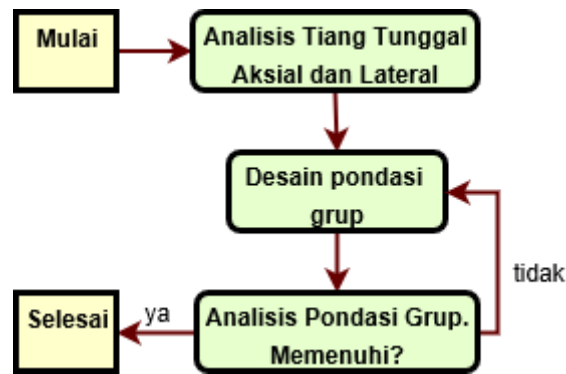
Pada metode *Simplified Seed*, terdapat dua parameter utama untuk menilai potensi likuifaksi di suatu lokasi, yaitu *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR). Kedua parameter ini akan digunakan untuk menghitung nilai faktor keamanan, dimana faktor keamanan merupakan perbandingan antara CRR dan CSR. Apabila besar nilai faktor keamanan kurang dari 1, maka wilayah tersebut memiliki potensi likuifaksi dan sebaliknya.

Pondasi tiang pancang merupakan pondasi yang paling sesuai untuk tanah yang mempunyai potensi mengalami likuifaksi karena mampu menahan beban seismik yang timbul akibat gempa bumi. Interaksi antara tiang pancang dengan tanah terbagi menjadi dua jenis, yaitu fase siklis dan fase deformasi permanen. Pada fase siklis, tanah akan membebankan seluruh gaya akibat getaran ke pondasi pancang, dimana gaya tersebut hanya bersifat sementara sehingga tiang pancang akan kembali seperti kondisi semula. Pada fase deformasi permanen, gaya yang diterima oleh pancang bersifat *monotonic*, sehingga mengakibatkan terjadi deformasi permanen pada tiang pancang.

Metodologi pengerjaan tugas akhir ini ditunjukkan oleh diagram alir pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1 Diagram Alir Metodologi Analisis Likuifaksi

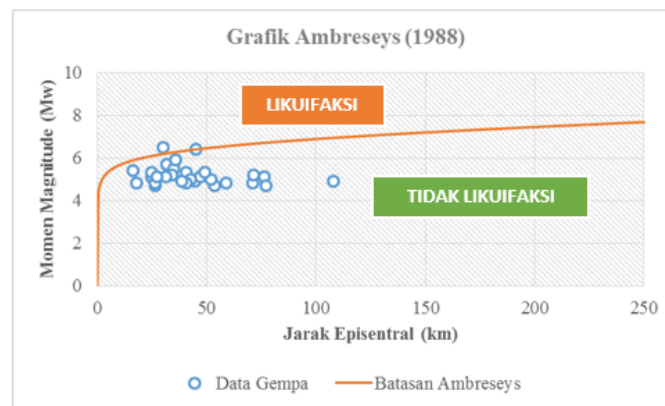


Gambar 2 Diagram Alir Metodologi Perancangan Pondasi Grup

## HASIL DAN ANALISIS

### Analisis Likuifaksi secara Kualitatif

Analisis secara kualitatif dilakukan berdasarkan kriteria historis, kriteria geologis, dan karakteristik tanah. Analisis berdasarkan kriteria historis dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Hasil Analisis Kualitatif berdasarkan Kriteria Historis

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh bahwa lokasi studi memiliki potensi untuk mengalami likuifaksi, meskipun hanya sebagian kecil data yang berada pada rentang likuifaksi. Hasil analisis kriteria geologis yang dilakukan berdasarkan Peta Geologi Pulau Lombok yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, tanah yang berada di lokasi studi merupakan jenis tanah berdasarkan umur endapan tanah Alluvium Holosen. Jenis tanah tersebut berumur muda, sehingga tanah di lokasi studi rentan terkena dampak likuifaksi. Untuk analisis berdasarkan karakteristik tanah yang dilakukan dengan melihat nilai kandungan butiran halus, diperoleh hasil bahwa tanah berpotensi mengalami likuifaksi karena persentase butiran halus berdasarkan hasil laboratorium lebih kecil dari 15%.

### Analisis secara Kuantitatif dengan Metode *Simplified Seed*

Berikut ini adalah hasil analisis kuantitatif dengan terlebih dahulu menghitung nilai CSR, CRR, dan faktor keamanan, yang ditunjukkan pada **Tabel 1** untuk data BR-1, **Tabel 2** untuk BR-2 dan **Tabel 3** untuk BR-3.

Tabel 1 Hasil analisis kuantitatif BR-1

Borehole Log -1 (BR-1)									
0.00	-	2.00	1	Pasir berkerikil	19	0.301	1.379	4.583	TL
2.00	-	4.00	3	Pasir berlanau	15	0.291	0.309	1.059	TL
4.00	-	6.00	5	Pasir berlanau	38	0.316	113.735	360.471	TL
6.00	-	8.00	7	Pasir berlanau	38	0.348	42.423	121.973	TL
8.00	-	10.00	9	Pasir berlanau	19	0.361	0.301	0.834	L
10.00	-	12.00	11	Pasir berlanau	8	0.367	0.147	0.400	L
12.00	-	14.00	13	Pasir berlanau	7	0.368	0.135	0.368	L
14.00	-	16.00	15	Pasir berlanau	12	0.338	0.172	0.507	L
16.00	-	18.00	17	Pasir berkerikil	14	0.356	0.198	0.556	L
18.00	-	20.00	19	Lanau berlempung	0	N/A	N/A	N/A	TL

Tabel 2 Hasil analisis kuantitatif BR-2

Borehole Log-2 (BR-2)									
0.00	-	2.00	1	Pasir berkerikil	7	0.301	0.161	0.537	L
2.00	-	4.00	3	Pasir berlanau	11	0.369	0.244	0.660	L
4.00	-	6.00	5	Pasir berlanau	31	0.438	15.813	36.133	TL
6.00	-	8.00	7	Pasir berlanau	15	0.459	0.278	0.605	L
8.00	-	10.00	9	Pasir gradasi buruk	13	0.471	0.230	0.487	L
10.00	-	12.00	11	Pasir berkerikil	20	0.466	0.362	0.777	L
12.00	-	14.00	13	Pasir berlanau	5	0.455	0.124	0.271	L
14.00	-	16.00	15	Pasir berlanau	9	0.398	0.152	0.383	L
16.00	-	18.00	17	Pasir berlanau	10	0.430	0.167	0.389	L
18.00	-	20.00	19	Pasir berlanau	9	0.414	0.154	0.372	L

Tabel 3 Hasil analisis kuantitatif BR-3

Borehole Log-3 (BR-3)									
0.00	-	2.00	1	Kerikil berpasir	18	0.255	0.934	3.662	TL
2.00	-	4.00	3	Pasir berlanau	7	0.307	0.173	0.565	L
4.00	-	6.00	5	Pasir berlanau	6	0.376	0.153	0.406	L
6.00	-	8.00	7	Pasir gradasi buruk	20	0.403	0.470	1.167	TL
8.00	-	10.00	9	Pasir gradasi buruk	12	0.408	0.218	0.533	L
10.00	-	12.00	11	Pasir gradasi buruk	14	0.406	0.238	0.587	L
12.00	-	14.00	13	Lanau berlempung	3	N/A	N/A	N/A	TL
14.00	-	16.00	15	Pasir gradasi buruk	8	0.376	0.156	0.414	L
16.00	-	18.00	17	Lanau berlempung	2	N/A	N/A	N/A	TL
18.00	-	20.00	19	Lanau berlempung	2	N/A	N/A	N/A	TL

Dari hasil perhitungan faktor keamanan pada tabel di atas, diperoleh sebagian nilai factor keamanan lebih kecil dari 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah berpotensi likuifaksi.

## Desain Pondasi Tiang Grup

Tiang pancang akan dipancangkan hingga kedalaman tanah keras. Pada data BR-1, kedalaman tiang pancang adalah 20 meter data BR-2 sebesar 26 meter, dan data BR-3 sebesar 22 meter. Hasil perhitungan kapasitas aksial tiang tunggal yang dilakukan dengan perangkat lunak *A-Pile* untuk kondisi statik, tanpa memperhitungkan likuifaksi, dan dinamik, memperhitungkan likuifaksi, dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Kapasitas aksial tiang tunggal

Data Tanah	Kondisi Statik	Kondisi Dinamik
BR-1	2422.7 kN	1003.5 kN
BR-2	3154.6 kN	1452.9 kN
BR-3	1963.2 kN	1534.4 kN

Hasil perhitungan kapasitas lateral yang dilakukan dengan perangkat lunak *LPile* untuk kondisi statik dan dinamik dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Kapasitas lateral tiang tunggal

Data Tanah	Kondisi Statik	Kondisi Dinamik
BR-1	207.48 kN-m	263.46 kN-m
BR-2	186.42 kN-m	185.12 kN-m
BR-3	191.67 kN-m	205.26 kN-m

Perancangan konfigurasi pondasi grup dilakukan dengan perangkat lunak *Group*. Untuk kondisi statik, diperoleh bahwa jumlah pondasi tiang yang digunakan adalah sebanyak 19 tiang. Pada kondisi dinamik tidak likuifaksi, diperoleh jumlah tiang sebanyak 26 tiang, sedangkan pada kondisi dinamik terlikuifaksi diperoleh jumlah tiang sebanyak 40 tiang dan 41 tiang. Rangkuman hasil desain pondasi grup dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6 Rangkuman hasil desain pondasi grup

Kondisi	Jumlah Pile	Data Tanah	Kapasitas Aksial (kN)	Beban Vertikal (kN)	Defleksi (m)	Momen (kN-M)	Faktor Keamanan
Statik	19	BR-1	2422.7	1471.72	$1.09 \times 10^{-5}$	4.03	3.2
		BR-2	3154.6	1471.72	$3.04 \times 10^{-5}$	3.41	4.2
		BR-3	1963.2	1471.72	$1.72 \times 10^{-5}$	4.60	2.6
Beban dinamik tidak likuifaksi	26	BR-1	2422.7	1294.39	$1.50 \times 10^{-3}$	168.37	5.0
		BR-2	3154.6	1294.39	$2.70 \times 10^{-3}$	179.38	6.5
		BR-3	1963.2	1294.39	$1.76 \times 10^{-3}$	181.46	4.0
Beban dinamik terlikuifaksi	40	BR-1	1003.5	1294.39	$1.15 \times 10^{-3}$	100.59	3.2
		BR-2	1452.9	1294.39	$5.55 \times 10^{-3}$	187.92	4.6
		BR-3	1534.4	1294.39	$3.12 \times 10^{-3}$	115.24	4.8
	41	BR-1	1003.5	1294.39	$1.12 \times 10^{-3}$	97.87	3.2
		BR-2	1452.9	1294.39	$5.41 \times 10^{-3}$	182.89	4.7
		BR-3	1534.4	1294.39	$3.00 \times 10^{-3}$	111.03	5.0

Defleksi maksimum yang diizinkan untuk kondisi statik adalah sebesar 0.006 meter, sedangkan untuk kondisi dinamik adalah sebesar 0.012 meter. Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa besar defleksi untuk setiap kondisi memenuhi persyaratan defleksi maksimum.

Adapun jenis tiang pancang yang dipilih untuk tugas akhir ini adalah tiang pancang Grade A2, dengan momen crack sebesar 186.2 kN-m. Sehingga diperoleh jumlah tiang pancang adalah sebanyak 41 tiang pancang Grade A2.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Hasil analisis likuifaksi secara kualitatif berdasarkan tiga kriteria menunjukkan bahwa tanah di lokasi studi berpotensi mengalami likuifaksi
2. Hasil analisis likuifaksi secara kuantitatif dengan metode *Simplified Seed* menunjukkan bahwa lokasi studi berpotensi likuifaksi
3. Kapasitas aksial maksimum tiang tunggal kondisi statik untuk tanah pada BR-1 sebesar 2422.7 kN, BR-2 sebesar 3154.6 kN, dan BR-3 sebesar 1963.2 kN.
4. Kapasitas aksial maksimum tiang tunggal kondisi dinamik untuk tanah BR-1 sebesar 1003.5 kN, BR-2 sebesar 1452.9 kN, dan BR-3 sebesar 1534.4 kN.
5. Kapasitas lateral maksimum tiang tunggal kondisi statik untuk tanah BR-1 sebesar 207.48 kN-m, BR-2 sebesar 186.42 kN-m, dan BR-3 sebesar 191.67 kN-m.
6. Kapasitas lateral maksimum kondisi dinamik BR-1 sebesar 263.45 kN-m, BR-2 sebesar 185.12 kN-m, dan BR-3 sebesar 205.26 kN-m.
7. Spesifikasi tiang pancang yang dipilih adalah tiang pancang Grade A2 dengan jumlah tiang pancang sebanyak 41 tiang.

Adapun saran agar pengerjaan studi ini lebih baik lagi adalah sebagai berikut.

1. Data laboratorium sebaiknya dilengkapi dengan data *Liquid Limit*, *Liquidity Index*, dan *Natural Water Content* agar analisis likuifaksi secara kualitatif berdasarkan karakteristik tanah tidak hanya dilakukan berdasarkan kandungan butiran halus sehingga hasil analisis lebih akurat
2. Data *borelog* harus dilengkapi dengan data muka air tanah agar perhitungan likuifaksi lebih akurat
3. Jarak antar tiang pancang sebaiknya disusun agar konfigurasi simetris, sehingga beban struktur terdistribusi merata pada pondasi

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambraseys, N. N. (1988). Engineering seismology. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. London : Department of Civil Engineering, Imperial College of Science and Technology.
- B. Ghosh., J. Mian., & Z. A. Lubkowski. (2012). *Design of Piles in Liquefiable Soils: A Review of Design Codes and Methodologies*. United Kingdom : 15WCEE
- Bachman, Robert. (2015). *Requirement of Foundations on Liquefiable Sites*. United States.
- Bentley, Stephen P., & Michael Carter. (1991). *Correlation of Soil Properties*. London : Pentech Press.
- Das, B. M. (1985). *Principle of Geotechnical Engineering* . USA: PWS Publisher
- Guyer, J. Paul. (2011). *An Introduction to Engineering Properties of Soil and Rock*. United States : Guyer Partners.
- Idriss, I. M., & R.W. Boulanger. (2010). *SPT-Based Liquefaction Triggering Procedures*. California: Center of Geotechnical Modeling, University of California.
- Kramer , S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.
- Reese, L.C. & W.F. Van Impe. (2011). *Single Piles and Pile Groups Under Lateral Loading, 2nd Edition*. London: Taylor & Francis Group.
- Youd, T. L., & Idriss, I. M. (2001). *Liquefaction Resistance of Soil*. American Society of Civil Engineers