

**KARAKTERISASI TANAH LUNAK DI KOTABARU, PULAU
LAUT, KALIMANTAN SELATAN BERDASARKAN UJI BOR,
UJI CPT_u, DAN UJI LABORATORIUM**

TESIS



Oleh:

Vincent Justin Wismanto

8101901010

Pembimbing Utama:

Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D

Ko-Pembimbing :

Budijanto Widjaja, Ph.D

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

BANDUNG

SEPTEMBER 2021

HALAMAN PENGESAHAN

**KARAKTERISASI TANAH LUNAK DI KOTABARU, PULAU LAUT,
KALIMANTAN SELATAN BERDASARKAN UJI BOR, UJI CPTu, DAN
UJI LABORATORIUM**



Oleh:
Vincent Justin Wismanto
8101901010

Telah Disetujui untuk Diajukan Ujian Sidang Tesis pada Hari/Tanggal:
Jumat, 10 September 2021

Pembimbing:



Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D

Ko-pembimbing:



Budijanto Widjaja, Ph.D

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2021**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Vincent Justin Wismanto

NPM : 8101901010

Program Studi : Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa tesis / ~~disertasi~~^{*)} dengan judul:

Karakterisasi Tanah Lunak di Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan Berdasarkan Uji Bor, Uji CPTu, dan Uji Laboratorium

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan di: Bandung

Tanggal: 01 September 2021



Vincent Justin Wismanto

*) coret yang tidak perlu

KARAKTERISASI TANAH LUNAK DI KOTABARU, PULAU LAUT, KALIMANTAN SELATAN BERDASARKAN UJI BOR, UJI CPTu, DAN UJI LABORATORIUM

Vincent Justin Wismanto (NPM: 8101901010)

**Pembimbing Utama: Prof. Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE.,
Ph.D**

Ko-pembimbing : Budijanto Widjaja, Ph.D

Magister Teknik Sipil

Bandung

September 2021

ABSTRAK

Lempung marina merupakan tanah hasil sedimentasi di area pantai yang sering ditemui bercampur dengan material organik seperti cangkang dan pecahan kerang. Pada area Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan, dijumpai lempung marina yang diduga berkonsistensi lunak dan masih berkonsolidasi. Analisis dilakukan terhadap stratifikasi, properti fisis, mekanis, serta prediksi status konsolidasi tanah melalui uji bor, CPTu, dan uji laboratorium. Keseluruhan analisis dikumpulkan untuk melakukan karakterisasi lapangan tanah lempung marina di Pulau Laut melalui yaitu 14 uji bor dengan total 41 sampel dan 40 uji CPTu bersama 41 uji disipasi. Profil properti fisis tanah mengindikasikan tanah lunak dengan cenderung terkonsolidasi normal pada kedalaman 0 – 20 m. Investigasi uji CPTu menghasilkan 7 kelompok zona berdasarkan pertimbangan ketebalan tanah lunak, kedalaman tanah keras, serta derajat konsolidasi lapangan. Zona 1 merupakan area dengan kedalaman tanah keras yang dangkal sehingga tidak menimbulkan masalah konsolidasi, sedangkan pada zona 2, 3, dan 6 terdapat tanah lunak dengan kedalaman 4.2 – 6.8 m dengan sifat tanah terkonsolidasi normal. Zona 4 dan 7 menjadi zona yang membutuhkan perhatian lebih dimana tanah lunak pada zona ini mencapai kedalaman 10 hingga 16 m dan berstatus *slightly underconsolidated* yang ditandai oleh lapisan-lapisan tipis yang masih memiliki tekanan air pori residual. Di sisi lain, korelasi-korelasi antar parameter uji berhasil dikembangkan sebagai bagian dari pembentukan karakterisasi lempung marina Pulau Laut.

Kata kunci: Karakterisasi, Tanah Lunak, Lempung Marina, CPTu, Pulau Laut

**SITE CHARACTERIZATION OF SOFT SOIL IN KOTABARU, LAUT
ISLAND, SOUTH KALIMANTAN BASED ON BORE, CPTu, AND
LABORATORY TESTS**

**Vincent Justin Wismanto (NPM: 8101901010)
Adviser: Prof. Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D
Co-adviser : Budijanto Widjaja, Ph.D
Magister of Civil Engineering
Bandung
September 2021**

ABSTRACT

Marine clay is a product of sedimentation occurred in coastal areas which were mostly found mixed with organic material in forms of mollusc shells and corals. In Kotabaru, Laut Island, South Kalimantan, marine clays were detected in soft consistency and still consolidating. Analyses were undertaken to obtain soil stratification, physical and mechanical properties also prediction of consolidation status through bore, CPTu, and laboratory tests. All analyses results were collected to perform site characterization of soft marine clay in Laut Island based on 14 bore tests with 41 samples total and 40 CPTu tests along with 41 dissipation tests. Soil physical properties profile indicated soft soil layer which tends to be normally consolidated from 0 – 20 m depth. CPTu investigation yielded 7 zones of soil condition according to soft soil thickness, hard layer depth, and field consolidation degree. Zone 1 became the area with shallow hard layer, thus no consolidation issue were encountered, while at zone 2, 3, and 6 soft soil layer were identified in range of 4.2 – 6.8 m depth and normally consolidated. Zone 4 and 7 demanded extra caution due to detected soft soil from 10 to 16 m depth and slightly underconsolidated which were characterized by thin layers with residual excess pore pressure. On the other hand, correlations between obtained tests parameters were managed to be developed as part of site characterization of Laut Island marine clay.

Kata kunci: Site Characterization, Soft Soil, Marine Clay, CPTu, Laut Island

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya oleh kasih dan anugerah-Nya penulis beroleh hikmat dan kemampuan untuk menyelesaikan tesis dengan judul **“KARAKTERISASI TANAH LUNAK DI KOTABARU, PULAU LAUT, KALIMANTAN SELATAN BERDASARKAN UJI BOR, UJI CPTu, DAN UJI LABORATORIUM.”** Tesis ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan jenjang pendidikan Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penyusunan tesis ini, penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak. Bantuan tersebut berupa aspek finansial, wawasan, maupun doa dan dukungan moral. Oleh karena itu penulis merasa berhutang ucapan syukur yang setulus-tulusnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa berkat firmanNya yang menguatkan, saya serahkan pencapaian ini kembali kepada Tuhan.
2. Orang tua penulis yang selalu memberikan doa.
3. Prof. Paulus P. Rahardjo, Ph.D dan Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D selaku dosen pembimbing penulis. Penulis memperoleh ilmu dan wawasan yang sangat luas dari para pembimbing berkat waktu, tenaga, serta kesabaran dan kerendahan hati yang beliau telah sediakan untuk membimbing penulis.
4. Aswin Lim, Ph.D. dan Dr. Nurindahsih Setionegoro selaku penguji tesis penulis yang telah meluangkan waktu untuk memberikan apresiasi, saran dan masukan untuk penulis baik dalam sisi akademik maupun sudut pandang reputasi penulis serta teruntuk ibu Dr. Rinda Karlinasari juga yang telah bersedia menjawab pertanyaan-pertanyaan penulis.
5. Stefanus Diaz Alvi, S.T. dan M.T., Aflizal Arafianto, S.T., M.T. sebagai senior bidang geoteknik yang telah membantu penulis dalam proses pemecahan masalah yang ditemui di tesis penulis berkat waktu, pikiran, dan tenaga yang telah diluangkan. Terkhusus untuk Stefanus Diaz Alvi yang

sudah memberikan motivasi dan dukungan moral di saat penulis sudah menyerah, semoga Tuhan membalas kebaikan anda.

6. Kevin Martandi Setianto, Vinna Fransiska Chou, Yonathan Dwitama, dan Cornelius Georghesua sebagai sahabat seperjuangan tesis yang telah menemani, berbagi suka dan duka serta ilmu maupun bantuan selama proses asistensi dan penulisan tesis.
7. Kevin Arya Gautama, Aditya, Clarissa Jasinda, Galdo Wirabakti, Venessa Amanda, Varian Harwin, Ericka Maridsha serta teman-teman lainnya yang berkontribusi dalam hal doa dan dukungan moral.
8. Seluruh anggota Crew WC, penulis tahu kelulusan ini adalah berkat doa kalian setiap minggunya. Semoga Tuhan membalas kebaikan kalian semua.
9. Segenap tim fakultas Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, terutama ibu Lusi dan pak Aswin serta Kak Afi dan Ko Efan sebagai pihak-pihak yang sangat disulitkan dalam hal administrasi yang selalu mendadak dan terkatung-katung, semoga Tuhan selalu memberikan kekuatan dan ketabahan untuk kalian di semester – semester berikutnya.
10. Pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis sangat menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, masukan maupun kritik sangat diapresiasi oleh penulis. Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Bandung, 04 September 2021



Vincent Justin Wismanto

81019010

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| DAFTAR TABEL | xxvii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xxix |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Inti Permasalahan..... | 3 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Hipotesis..... | 4 |
| 1.5 Lingkup Penelitian..... | 5 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB 2 STUDI LITERATUR..... | 7 |
| 2.1 Definisi dan Pembentukan <i>Marine Clay</i> | 7 |
| 2.2 Persebaran Tanah Lempung Lunak di Indonesia | 9 |
| 2.3 Studi Terdahulu: Kajian Tanah Lempung Endapan Pantai / Marina..... | 11 |
| 2.3.1 Lempung Endapan Rawa dan Pantai di Proyek Jalan Tol Kanci-Pejagan, Jawa Barat-Tengah (Anggraito, 2011)..... | 11 |
| 2.3.2 Lempung Alluvial di Proyek Reklamasi di Sungai Rico, Teluk Balikpapan, Penajam, Kalimantan Timur (Sumarlin, 2011)..... | 12 |
| 2.3.3 Endapan Alluvial di Porong-Sidoarjo (Soleman, 2012) | 13 |
| 2.3.4 Endapan Alluvial di Semarang (Yakin, 2003) | 15 |

| | |
|--|----|
| 2.3.5 Lempung Pantai Jakarta, Pantai Indah Kapuk, dan Kepulauan Seribu (Dermawan, 2005; Setionegoro, 2013; Roben, 2019) | 17 |
| 2.4 Pengambilan dan Disturbansi Sampel Tanah Lunak | 19 |
| 2.5 Parameter Mekanis Lempung Lunak | 19 |
| 2.5.1 Kuat Geser Undrained, S_u | 20 |
| 2.5.2 Modulus Elastisitas | 20 |
| 2.6 Parameter Kompresi Lempung Lunak | 22 |
| 2.6.1 Teori Dasar Konsolidasi Primer | 22 |
| 2.6.2 Penentuan Waktu dan Koefisien Konsolidasi Primer | 26 |
| 2.6.3 Derajat Kompresibilitas..... | 28 |
| 2.6.4 Korelasi Parameter Kompresi..... | 29 |
| 2.6.5 Parameter Kompresi Intrinsik..... | 30 |
| 2.7 Uji CPTu..... | 34 |
| 2.7.1 Interpretasi Modulus Tanah..... | 35 |
| 2.7.2 Interpretasi Kuat Geser Tak Teralir Ultimit..... | 36 |
| 2.7.3 Interpretasi Kuat Geser Tak Teralir <i>Remoulded</i> | 38 |
| 2.7.4 Interpretasi <i>Overconsolidation Ratio</i> (OCR)..... | 39 |
| 2.7.5 Interpretasi Pembacaan Tekanan Air Pori..... | 42 |
| 2.7.6 Ekstrapolasi Sebagian Data Uji Disipasi..... | 43 |
| 2.7.7 Interpretasi Derajat Konsolidasi (U) Tanah | 50 |
| 2.8 Tekanan Air Pori Ekses Akibat Penetrasi Konus | 55 |
| 2.9 Kesimpulan Karakteristik Tanah Lempung Marina | 58 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | 63 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1 Lokasi Penelitian | 63 |
| 3.2 Diagram Alir Penelitian | 65 |
| 3.3 Perolehan Data..... | 65 |
| 3.3.1 Data Sekunder | 66 |
| 3.3.2 Data Primer | 66 |
| 3.4 Uji CPTu | 67 |
| 3.4.1 Deskripsi Umum..... | 67 |
| 3.4.2 Prinsip Uji | 68 |
| 3.4.3 Interpretasi Hasil Pembacaan CPTu | 69 |
| 3.4.4 Identifikasi Tanah | 69 |
| 3.4.5 Interpretasi Parameter Tanah..... | 70 |
| 3.4.6 Uji Disipasi..... | 71 |
| 3.5 Uji Laboratorium | 72 |
| 3.5.1 Koreksi Metode Penentuan Koefisien Konsolidasi | 72 |
| 3.5.2 Tegangan Pra-konsolidasi Berdasarkan <i>Intrinsic Compression Line</i> ... | 74 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 77 |
| 4.1 Deskripsi Geologi | 77 |
| 4.2 Deskripsi Proyek..... | 78 |
| 4.3 Kesesuaian Pelapisan Tanah Hasil Uji Bor, SPT, dan CPTu..... | 81 |
| 4.4 Zonasi Lapangan dan Perkiraan Stratifikasi Tanah Berdasarkan Uji In-situ. 86 | |
| 4.4.1 Zona 1 | 89 |
| 4.4.2 Zona 2 | 92 |
| 4.4.3 Zona 3 | 96 |
| 4.4.4 Zona 4 | 99 |
| 4.4.5 Zona 5 | 103 |

| | |
|--|-----|
| 4.4.6 Zona 6..... | 107 |
| 4.4.7 Zona 7..... | 111 |
| 4.5 Analisis Parameter Fisis Hasil Uji Laboratorium | 115 |
| 4.5.1 Berat Isi Tanah..... | 115 |
| 4.5.2 Berat Jenis Tanah..... | 115 |
| 4.5.3 Kadar Air dan Batas-batas Atterberg Tanah | 115 |
| 4.5.4 Status Tanah Lapangan | 119 |
| 4.6 Analisis Parameter Konsolidasi Hasil Uji Laboratorium..... | 121 |
| 4.6.1 Indeks Kompresi | 121 |
| 4.6.2 Angka Pori..... | 122 |
| 4.6.3 $C_c/(1+e_0)$ | 122 |
| 4.6.4 Koefisien Perubahan Volume (m_v)..... | 123 |
| 4.6.5 Kaji Ulang Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal (c_v) | 124 |
| 4.7 Analisis <i>Overconsolidation Ratio</i> (OCR)..... | 140 |
| 4.7.1 Tegangan Pra-konsolidasi (p_c') Hasil Uji Laboratorium | 140 |
| 4.7.2 OCR Hasil Uji Laboratorium | 145 |
| 4.7.3 Analisis OCR Hasil Uji CPTu | 146 |
| 4.8 Analisis Kuat Geser <i>Undrained</i> Tanah (S_u) | 149 |
| 4.8.1 Analisis S_u Hasil Uji Laboratorium | 149 |
| 4.8.2 Analisis S_u Hasil Uji CPTu | 149 |
| 4.9 Analisis Derajat Konsolidasi Tanah..... | 153 |
| 4.10 Analisis Parameter Modulus..... | 156 |
| 4.10.1 E_{50} vs. S_u Hasil Uji Triaksial | 156 |

| | | |
|----------------------------------|---|-----|
| 4.10.2 | Modulus Terkekang Hasil Korelasi Uji CPTu..... | 157 |
| 4.11 | Karakterisasi Kuat Geser, OCR, dan Derajat Konsolidasi Hasil Uji CPTu Berdasarkan Zona..... | 158 |
| 4.11.1 | Zona 1 | 158 |
| 4.11.2 | Zona 2 | 160 |
| 4.11.3 | Zona 3 | 162 |
| 4.11.4 | Zona 4 | 164 |
| 4.11.5 | Zona 5 | 166 |
| 4.11.6 | Zona 6 | 169 |
| 4.11.7 | Zona 7 | 172 |
| 4.12 | Pengembangan Korelasi Empiris Parameter Hasil Uji Laboratorium..... | 174 |
| 4.12.1 | Indeks Kompresi Terhadap Batas Cair | 175 |
| 4.12.2 | Indeks Kompresi Terhadap Kadar Air..... | 176 |
| 4.12.3 | Indeks Kompresi Terhadap Angka Pori | 177 |
| 4.12.4 | $C_c/(1+e_0)$ Terhadap Kadar Air..... | 178 |
| 4.12.5 | Angka Pori Terhadap Kadar Air | 179 |
| 4.12.6 | Indeks Kompresi Terhadap Indeks Plastisitas | 181 |
| 4.12.7 | Indeks Kompresi Terhadap Indeks Kecairan (LI)..... | 182 |
| 4.12.8 | Kuat Geser <i>Undrained</i> Terhadap Indeks Kecairan | 182 |
| 4.13 | Prediksi Tekanan Air Pori Ekses Akibat Penetrasi Konus..... | 184 |
| 4.13.1 | Hasil Uji Disipasi | 185 |
| 4.13.2 | $\Delta u/\sigma_v'$ vs. Bq^* | 185 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | | 187 |

| | |
|---|------------|
| 5.1 Kesimpulan..... | 187 |
| 5.2 Saran..... | 190 |
| DAFTAR PUSTAKA | 191 |
| LAMPIRAN 1. HASIL UJI BOR (NSE, 2018)..... | 199 |
| LAMPIRAN 2. HASIL UJI BOR (GEC, 2021)..... | 219 |
| LAMPIRAN 3. HASIL UJI CPT _u (NSE, 2018)..... | 229 |
| LAMPIRAN 4. HASIL UJI CPT _u (GEC, 2021) | 237 |
| LAMPIRAN 5. HASIL UJI CPT (NSE, 2018)..... | 273 |
| LAMPIRAN 6. HASIL ANALISIS UJI DISIPASI | 281 |
| LAMPIRAN 7. ANALISIS TEGANGAN PRA-KONSOLIDASI DARI UJI OEDOMETER BERDASARKAN METODE CASAGRANDE | 323 |
| <i>LAMPIRAN 8. HASIL UJI TRIAKSIAL CONSOLIDATED UNDRAINED.</i> | <i>337</i> |

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi

| | |
|---------------|---|
| B_q | : Parameter Tekanan Air Pori Ternormalisasi |
| B_q^* | : Rasio Tekanan Air Pori Terhadap Tahanan Total Konus |
| C_α | : Indeks Kompresi Sekunder |
| C_c | : Indeks Kompresi Primer |
| c_h | : Koefisien Konsolidasi Horizontal |
| C_r | : Indeks Rekompresi |
| c_v | : Koefisien Konsolidasi Vertikal |
| $c_v^*_{100}$ | : Koefisien Konsolidasi Vertikal Berdasarkan Tegangan Referensi 100 kPa |
| E_{50} | : Modulus <i>Secant</i> Elastisitas Tanah |
| e_0 | : Angka Pori |
| f_s | : Gesekan Selimut |
| G_s | : Berat Jenis |
| k_v | : Koefisien Permeabilitas Vertikal |
| L_i | : Ignition Loss |
| M | : Modulus Terkekang |
| M_v | : Koefisien Kompresibilitas Volume |
| pc' | : Tegangan Pra-konsolidasi |
| q_c | : Tahanan Ujung Konus |
| q_t | : Tahanan Total Ujung Konus |
| q_{net} | : Tahanan Netto Konus ($q_t - \sigma_v$) |
| R_f | : <i>Friction Ratio</i> |
| S_u | : Kuat Geser Tanah Tak Teralir (<i>undrained</i>) |

- u_0 : Tekanan Hidrostatik
 u_2 : Tekanan Air Pori dari Uji CPTu
 Δu : Tekanan
 w : Kadar Air Tanah
 σ_p' : Tegangan pra-konsolidasi
 σ_v : Tegangan Vertikal Total
 σ_v' : Tegangan Vertikal Efektif
 ϕ : Sudut Geser Dalam
 γ : Berat Isi Tanah

Singkatan

ASTM : *American Standard Testing and Materials*

CPTu : *Cone Penetration Test with Piezocone for Pore Water Pressure Measurement*

HOC : *Heavily Overconsolidated*

K_0 CUC: *K_0 consolidated undrained triaxial compression tests*

LI : *Liquidity Index* (Indeks Kecairan)

LL : *Liquid Limit* (Batas Cair)

LOC : *Slightly Overconsolidated*

NC : *Normally Consolidated*

OC : *Overconsolidated*

OCR : *Overconsolidation ratio*

PI / IP : *Plasticity Index* (Indeks Plastisitas)

PL : *Plastic Limit* (Batas Plastis)

SBT : *Soil Behavior Type*

SL : *Shrinkage Limit* (Batas Susut)

VST : *Vane Shear Test*

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Proses Transportasi dan Pembentukan Tanah (Puslitbang Prasarana dan Transportasi, 2001)..... | 7 |
| Gambar 2.2 | Peta Sebaran Tanah Lunak di Indonesia (Kementerian ESDM, 2019) | 9 |
| Gambar 2.3 | Peta Sebaran Tanah Lunak di Pulau Laut, Kalimantan Selatan (Kementerian ESDM, 2019) | 10 |
| Gambar 2.4 | Peta Geologi Area Penelitian (Anggraito, 2011)..... | 11 |
| Gambar 2.5 | Sungai Rico dan Teluk Balikpapan Sebagai Lokasi Penelitian Tanah Alluvial Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur (Sumarlin, 2011) | 13 |
| Gambar 2.6 | Sungai Porong di Sidoarjo Sebagai Bagian dari Endapan Delta Brantas (Soleman, 2012)..... | 14 |
| Gambar 2.7 | Deskripsi Geologi Sidoarjo Sebagai Lokasi Penelitian Tanah Alluvial Porong-Sidoarjo (USGS, dikutip dari Soleman, 2012)..... | 14 |
| Gambar 2.8 | Lokasi-lokasi Studi Karakterisasi Tanah Alluvial Semarang Pada Peta Geologi Daerah Semarang (Puslitbang Geologi, 1992; dikutip dari Yakin, 2003) | 16 |
| Gambar 2.9 | Peta Geologi Jakarta dan Kepulauan Seribu (Turkadi <i>et al.</i> , 1992) dan Denah Lokasi Penelitian (Setionegoro, 2013)..... | 18 |
| Gambar 2.10 | Parameter S_u/σ_v' Tanah Lempung Marina, Lempung <i>Lacustrine</i> , dan Lempung Glisial Hasil Temuan Bjerrum dan Skempton (1957) dan Kenney (1976) (dikutip dari Bentley dan Carter, 2016)..... | 20 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| Gambar 2.11 | Korelasi E_u/S_u Terhadap OCR dan PI Untuk Tanah Terkonsolidasi Normal dan Berlebih (Duncan dan Buchignani, 1976)..... | 21 |
| Gambar 2.12 | Korelasi Modulus E dari Uji Pressuremeter dengan Kohesi <i>Undrained</i> dari Uji CK0UTC pada Tanah Lempung Marina Singapura (Nonaka <i>et al.</i> , 2014) | 22 |
| Gambar 2.13 | Macam Kurva Konsolidasi Untuk Mendapatkan Parameter Konsolidasi (Budhu, 2010)..... | 23 |
| Gambar 2.14 | Diagram Proses Konsolidasi pada Uji Oedometer (Briaud, 2013) | 25 |
| Gambar 2.15 | Penentuan Tegangan Pra-konsolidasi Dengan Metode Casagrande (Briaud, 2013)..... | 25 |
| Gambar 2.16 | Penentuan c_v Menggunakan Metode <i>Log Fitting Time</i> Berdasarkan t_{50} (Cassagrande, 1938; dikutip dari Briaud, 2013)..... | 27 |
| Gambar 2.17 | Penentuan c_v Menggunakan Metode <i>Square Root Time</i> Berdasarkan t_{90} (Cassagrande, 1938; dikutip dari Briaud, 2013)..... | 27 |
| Gambar 2.18 | Kurva Kompresi Akibat Sedimentasi Tanah Kelempungan Terkonsolidasi Normal (Skempton, 1970)..... | 31 |
| Gambar 2.19 | Konsolidasi Satu Dimensi pada Berbagai Macam Tanah <i>Reconstituted Clays</i> (Burland, 1990)..... | 33 |
| Gambar 2.20 | <i>Intrinsic Compression Line</i> (Burland, 1990) | 33 |
| Gambar 2.21 | Hubungan N_{kt} vs. OCR Tanah Jakarta dan Kepulauan Seribu (Setionegoro, 2013)..... | 38 |
| Gambar 2.22 | Kecocokan Kuat Geser <i>Remoulded Uji Vane Shear</i> Dengan Profil Gesekan Selimut <i>Piezcone Area</i> Alor Pongsu, Malaysia (Dobie, 2014) .. | 39 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 2.23 | Korelasi Bq vs. OCR (Setionegoro, 2013 dan Rahardjo <i>et al</i> , 2015) | 40 |
| Gambar 2.24 | Korelasi Bq vs. OCR pada Tanah Lempung Marina Malaysia (Dobie, 2014) | 41 |
| Gambar 2.25 | Korelasi Bq* vs. Bq Lumpur Sidoarjo (Setiawan, 2017)..... | 42 |
| Gambar 2.26 | Tipikal Kurva Uji Disipasi CPTu untuk Tanah (a) <i>Normally Consolidated</i> dan (b) <i>Overconsolidated</i> (Sully <i>et al.</i> , 1999, dikutip dari Balachowski, 2006) | 44 |
| Gambar 2.27 | Hasil Plot 1/t Uji Disipasi CPTu untuk <i>Consolidating Soil</i> (Lim <i>et al.</i> , 2009) | 45 |
| Gambar 2.28 | Ekstrapolasi Uji Disipasi Dengan Metode 1/t Pada Spesimen Uji <i>Calibration Chamber</i> di Laboratorium (Lim <i>et al.</i> , 2006)..... | 46 |
| Gambar 2.29 | Profil LI dan OCR Tanah <i>Dredged Clay</i> dan Lempung Natural Pesisir Pantai Korea Selatan (Lim <i>et al.</i> , 2009) | 47 |
| Gambar 2.30 | Profil Status Konsolidasi <i>Dredged Clay</i> dan Lempung Natural Pesisir Pantai Korea Selatan Hasil Ekstrapolasi 1/t Uji Disipasi (Lim <i>et al.</i> , 2009) | 47 |
| Gambar 2.31 | Perbandingan Aplikasi Metode 1/t dengan 1/ \sqrt{t} (Flemings <i>et al</i> , 2008) | 49 |
| Gambar 2.32 | Analisis Derajat Konsolidasi Berdasarkan Tahanan Ujung CPTu (q_c) (Schmertmann, 1978)..... | 51 |
| Gambar 2.33 | Kurva <i>Isochrone</i> Sebagai Hubungan Antara z/H_{dr} dengan U_z Dengan Variasi T_v (Das, 2014) | 51 |
| Gambar 2.34 | Profil q_t Aktual Terhadap Target q_t (Santoso, 2016)..... | 52 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 2.35 | Contoh <i>Isochrone</i> Hasil Analisis <i>Effective Stress Concept</i> (Santoso, 2016) | 53 |
| Gambar 2.36 | Kurva Uji Disipasi pada <i>Consolidating Soil</i> Akibat Beban Timbunan (Santoso, 2016 dan Rongsadi, 2017)..... | 54 |
| Gambar 2.37 | Kesesuaian Plot Derajat Konsolidasi Hasil Uji Disipasi Terhadap <i>Isochrone</i> Hasil Analisis <i>Effective Stress Method</i> pada <i>Consolidating Soil</i> Akibat Vakum (Rongsadi, 2017) | 55 |
| Gambar 2.38 | Profil $\Delta u/\sigma_{vo}'$ Terhadap Kedalaman Akibat Pemancangan Tiang dan Penetrasi CPTu (Studi Kasus di Surabaya) (Arafianto dan Raharjo, 2020) ... | 57 |
| Gambar 2.39 | Profil $\Delta u/\sigma_{vo}'$ Terhadap Kedalaman Berdasarkan Uji CPTu Akibat Pemancangan Tiang (Studi Kasus di Surabaya) (Rahardjo <i>et al.</i> , 2014 dan Arafianto dan Rahardjo ¹ , 2020)..... | 58 |
| Gambar 3.1 | Pulau Laut, Kalimantan Selatan Sebagai Lokasi Penelitian (NSE, 2018) | 63 |
| Gambar 3.2 | Detail Lokasi Penelitian | 64 |
| Gambar 3.3 | Gambaran Lokasi Penelitian..... | 64 |
| Gambar 3.4 | Diagram Alir Penelitian..... | 65 |
| Gambar 3.5 | Ilustrasi <i>Piezocoone</i> (Lunne <i>et al</i> , 1997)..... | 68 |
| Gambar 3.6 | Identifikasi Tanah Uji CPTu Menurut Diagram Robertson <i>et al</i> (1986) | 70 |
| Gambar 4.1 | Deskripsi Geologi Lokasi Penelitian..... | 77 |
| Gambar 4.2 | Tampak Arah Utara Titik Pengujian In-Situ | 79 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Gambar 4.3 | Tampak Arah Selatan Titik Pengujian In-Situ | 79 |
| Gambar 4.4 | Perbandingan Pelapisan Tanah Uji CPTu-1 dan GT-01 | 83 |
| Gambar 4.5 | Perbandingan Pelapisan Tanah PZ-10 dan BH-02 | 85 |
| Gambar 4.6 | Peta Zonasi Uji In-Situ..... | 88 |
| Gambar 4.7 | Detail Pengujian In-situ dan Arah Potongan Geoteknik pada Zona 1 | 90 |
| Gambar 4.8 | Profil CPTu Zona 1 | 90 |
| Gambar 4.9 | Perkiraan Potongan Geoteknik Zona 1 | 91 |
| Gambar 4.10 | Detail Pengujian In-situ dan Arah Potongan Geoteknik pada Zona 2 | 93 |
| Gambar 4.11 | Profil CPTu Zona 2 | 94 |
| Gambar 4.12 | Perkiraan Potongan Geoteknik Zona 2..... | 95 |
| Gambar 4.13 | Detail Pengujian In-situ dan Arah Potongan Geoteknik pada Zona 3 | 97 |
| Gambar 4.14 | Profil CPTu Zona 3 | 97 |
| Gambar 4.15 | Perkiraan Potongan Geoteknik Zona 3 | 98 |
| Gambar 4.16 | Detail Pengujian In-situ dan Arah Potongan Geoteknik pada Zona 4 | 100 |
| Gambar 4.17 | Profil CPTu Zona 4 | 101 |
| Gambar 4.18 | Perkiraan Potongan Geoteknik Zona 4..... | 102 |
| Gambar 4.19 | Detail Pengujian In-situ dan Arah Potongan Geoteknik pada Zona 5 | 104 |
| Gambar 4.20 | Profil CPTu Zona 5 | 105 |
| Gambar 4.21 | Perkiraan Potongan Geoteknik Zona 5 | 106 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Gambar 4.22 | Detail Pengujian In-situ dan Arah Potongan Geoteknik pada Zona 6 | 108 |
| Gambar 4.23 | Profil CPTu Zona 6..... | 109 |
| Gambar 4.24 | Perkiraan Potongan Geoteknik Zona 6 | 110 |
| Gambar 4.25 | Detail Pengujian In-situ dan Arah Potongan Geoteknik pada Zona 7 | 111 |
| Gambar 4.26 | Profi CPTu Zona 7..... | 113 |
| Gambar 4.27 | Perkiraan Potongan Geoteknik Zona 7 | 114 |
| Gambar 4.28 | Profil (a) Berat Isi Tanah Basah, (b) Berat Isi Kering, dan (c) Berat Isi Jenuh Tanah Sepanjang Kedalaman Hasil Uji Laboratorium | 116 |
| Gambar 4.29 | Profil Berat Jenis Tanah (G_s) Terhadap Kedalaman..... | 117 |
| Gambar 4.30 | Profil Kadar Air Tanah (w), Batas Cair (LL), Batas Plastis Tanah (PL), dan Indeks Kecairan (LI) Tanah Terhadap Kedalaman | 118 |
| Gambar 4.31 | Klasifikasi Tanah Lokasi Studi Berdasarkan USCS..... | 119 |
| Gambar 4.32 | Plot Angka Pori dan Tegangan Vertikal Efektif In-situ dengan Fungsi Batas Cair dan Indeks Plastisitas Sebagai Status Tanah Penelitian Dalam Kondisi In-situ (Lambe dan Whitman, 1969) | 120 |
| Gambar 4.33 | Hubungan Antara Rasio Kuat Geser Tak Teralir Terhadap Tegangan Vertikal Efektif dengan Indeks Plastisitas Tanah Terkonsolidasi Normal (Holtz dan Kovacs, 1981; dikutip oleh Bentley dan Carter, 2016) | 121 |
| Gambar 4.34 | Profil Indeks Kompresi (C_c) Terhadap Kedalaman..... | 122 |
| Gambar 4.35 | Profil Angka Pori (e_0) dan $C_c/1+e_0$ Terhadap Kedalaman..... | 123 |
| Gambar 4.36 | Profil Koefisien Perubahan Volume (m_v) Sepanjang Kedalaman | 124 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Gambar 4.37 | Kurva Penurunan vs. Log Waktu Hasil Uji Oedometer Sampel 1 BH-01 Kedalaman 8.00-8.50 m Dengan Beban 100 kPa | 125 |
| Gambar 4.38 | Grafik Penentuan t_{90} Hasil Uji Oedometer Sampel 1 BH-01 Kedalaman 8.00-8.50 m Dengan Beban 100 kPa..... | 126 |
| Gambar 4.39 | Kurva Penurunan vs. Waktu Uji Oedometer Sampel 1 (BH-01 Kedalaman 8.00-8.50 m) Pembebanan 100 kPa Dengan Variasi Nilai C_v Dari Metode Taylor dan <i>Back Analysis</i> Secara Manual | 127 |
| Gambar 4.40 | Kurva Penurunan vs. Log Waktu Hasil Uji Oedometer Sampel 2 (BH-02 Kedalaman 4.50-5.00 m) Dengan Beban 100 kPa..... | 128 |
| Gambar 4.41 | Grafik Penentuan t_{90} Hasil Uji Oedometer Sampel 2 (BH-02 Kedalaman 4.50-5.00 m) Dengan Beban 100 kPa | 129 |
| Gambar 4.42 | Kurva Penurunan vs. Waktu Uji Oedometer Sampel 2 (BH-02 Kedalaman 4.50-5.00 m) Pembebanan 100 kPa Dengan Variasi Nilai C_v Dari Metode Taylor dan <i>Back Analysis</i> Secara Manual | 130 |
| Gambar 4.43 | Minimnya Visualisasi Kurva Penurunan vs. Log Waktu Hasil Uji Oedometer Sampel 3 BH-02 Kedalaman 23.00-23.50 m Dengan Beban 100 kPa | 131 |
| Gambar 4.44 | Penentuan Waktu dan Besar Penurunan Konsolidasi Primer Sampel 3 BH-02 Kedalaman 23.00-23.50 m Dengan Beban 100 kPa | 131 |
| Gambar 4.45 | Grafik Penentuan t_{90} Hasil Uji Oedometer Sampel 3 BH-02 Kedalaman 23.00-23.50 m Dengan Beban 100 kPa..... | 132 |
| Gambar 4.46 | Kurva Penurunan vs. Waktu Uji Oedometer Sampel 3 (BH-02 Kedalaman 23.00-23.50 m) Pembebanan 100 kPa Dengan Variasi Nilai C_v Dari Metode Taylor dan <i>Back Analysis</i> Secara Manual | 133 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Gambar 4.47 | Kurva Penurunan vs. Log Waktu Hasil Uji Oedometer Sampel 4 (BH-04 Kedalaman 5.00-5.50 m) Dengan Beban 100 kPa..... | 134 |
| Gambar 4.48 | Grafik Penentuan t_{90} Hasil Uji Oedometer Sampel 4(BH-04 Kedalaman 5.00-5.50 m) Dengan Beban 100 kPa..... | 135 |
| Gambar 4.49 | Kurva Penurunan vs. Waktu Uji Oedometer Sampel 4 (BH-04 Kedalaman 5.00-5.50 m) Pembebanan 100 kPa Dengan Variasi Nilai C_v Dari Metode Taylor dan <i>Back Analysis</i> Secara Manual | 136 |
| Gambar 4.50 | Kurva Penurunan vs. Log Waktu Hasil Uji Oedometer Sampel 5 (BH-04 Kedalaman 10.00-10.50 m) Dengan Beban 100 kPa | 137 |
| Gambar 4.51 | Grafik Penentuan t_{90} Hasil Uji Oedometer Sampel 5 (BH-04 Kedalaman 10.00-10.50 m) Dengan Beban 100 kPa..... | 138 |
| Gambar 4.52 | Kurva Penurunan vs. Waktu Uji Oedometer Sampel 5 (BH-04 Kedalaman 10.00-10.50 m) Pembebanan 100 kPa Dengan Variasi Nilai C_v Dari Metode Taylor dan <i>Back Analysis</i> Secara Manual | 139 |
| Gambar 4.53 | Contoh Anomali Kurva e-log p Hasil Uji Konsolidasi..... | 141 |
| Gambar 4.54 | Kurva Kompresi e vs log p Uji Oedometer Untuk Berbagai Nilai <i>Liquid Limit</i> | 142 |
| Gambar 4.55 | Plot Virgin Compression Line Setiap Kurva Dengan Kriteria LL Pada Kurva Intrinsic Compression Line | 143 |
| Gambar 4.56 | Kesesuaian Tegangan Pra-konsolidasi Hasil Uji Oedometer dan Korelasi <i>Intrinsic Compression Line</i> | 144 |
| Gambar 4.57 | Perbandingan Profil Tegangan Pra-konsolidasi Hasil Uji Oedometer dan Korelasi <i>Intrinsic Compression Line</i> | 145 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Gambar 4.58 | Perbandingan Profil OCR Hasil Uji Oedometer dan Korelasi <i>Intrinsic Compression Line</i> | 146 |
| Gambar 4.59 | Bq^* vs Bq Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan..... | 147 |
| Gambar 4.60 | Korelasi Bq^* vs OCR | 148 |
| Gambar 4.61 | Contoh Kesesuaian Profil OCR Hasil Uji Laboratorium dan Hasil Korelasi Uji CPTu Terhadap Kedalaman | 148 |
| Gambar 4.62 | Profil Kuat Geser <i>Undrained</i> (S_u) Sepanjang Kedalaman..... | 149 |
| Gambar 4.63 | Plot $q_t - \sigma_v$ terhadap S_u Triaksial..... | 151 |
| Gambar 4.64 | Contoh Kesesuaian Profil S_u Uji Triaksial dan Hasil Korelasi Uji CPTu Terhadap Kedalaman | 152 |
| Gambar 4.65 | Korelasi N_{kt} vs Bq^* Tanah <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan..... | 153 |
| Gambar 4.66 | Contoh Penentuan Derajat Konsolidasi Sepanjang Kedalaman pada PZ-02 Dengan Metode <i>Effective Stress Concept</i> | 155 |
| Gambar 4.67 | Contoh Penentuan Derajat Konsolidasi Hasil Interpretasi Uji Disipasi Dengan Metode $1/t^{0.5}$ Pada PZ-02..... | 155 |
| Gambar 4.68 | Contoh Kesesuaian Profil Derajat Konsolidasi Hasil Metode <i>Effective Stress Concept</i> Dengan Uji Disipasi Pada PZ-02 | 156 |
| Gambar 4.69 | Hubungan Antara E_{50} Dengan S_u Uji | 157 |
| Gambar 4.70 | Hubungan Antara M dengan $q_t - \sigma_v$ dan q_c Untuk Menentukan Nilai α | 158 |
| Gambar 4.71 | Karakterisasi Kuat Geser <i>Undrained</i> , Derajat Konsolidasi, Serta <i>Overconsolidation Ratio</i> Zona 1 Berdasarkan Uji CPTu dan Uji Laboratorium | 160 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Gambar 4.72 | Karakterisasi Kuat Geser <i>Undrained</i> , Derajat Konsolidasi, Serta <i>Overconsolidation Ratio</i> Zona 2 Berdasarkan Uji CPTu dan Uji Laboratorium | 162 |
| Gambar 4.73 | Karakterisasi Kuat Geser <i>Undrained</i> , Derajat Konsolidasi, Serta <i>Overconsolidation Ratio</i> Zona 3 Berdasarkan Uji CPTu dan Uji Laboratorium | 164 |
| Gambar 4.74 | Karakterisasi Kuat Geser <i>Undrained</i> , Derajat Konsolidasi, Serta <i>Overconsolidation Ratio</i> Zona 4 Berdasarkan Uji CPTu dan Uji Laboratorium | 166 |
| Gambar 4.75 | Karakterisasi Kuat Geser <i>Undrained</i> , Derajat Konsolidasi, Serta <i>Overconsolidation Ratio</i> Zona 5 Berdasarkan Uji CPTu dan Uji Laboratorium | 169 |
| Gambar 4.76 | Karakterisasi Kuat Geser <i>Undrained</i> , Derajat Konsolidasi, Serta <i>Overconsolidation Ratio</i> Zona 6 Berdasarkan Uji CPTu dan Uji Laboratorium | 171 |
| Gambar 4.77 | Karakterisasi Kuat Geser <i>Undrained</i> , Derajat Konsolidasi, Serta <i>Overconsolidation Ratio</i> Zona 7 Berdasarkan Uji CPTu dan Uji Laboratorium | 174 |
| Gambar 4.78 | Korelasi C_c vs. LL <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan | 175 |
| Gambar 4.79 | Korelasi C_c vs. w <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan | 177 |
| Gambar 4.80 | Korelasi C_c vs. e_0 <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan | 178 |
| Gambar 4.81 | Korelasi $C_c/(1+e_0)$ vs. w <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan | 179 |
| Gambar 4.82 | Korelasi e_0 vs. w <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan | 180 |
| Gambar 4.83 | Korelasi C_c vs. PI <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan | 181 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Gambar 4.84 | Korelasi C_c vs. PI <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan..... | 182 |
| Gambar 4.85 | Korelasi S_u vs. LI <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan..... | 184 |
| Gambar 4.86 | Hubungan Antara $\Delta u/\sigma_v'$ dan Bq^* <i>Marine Clay</i> Kotabaru, Pulau Laut, Kalimantan Selatan..... | 186 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Parameter Tanah Lempung Endapan Rawa dan Pantai di Jawa Barat dan Jawa Tengah Hasil Penelitian Anggraito, 2011 | 12 |
| Tabel 2.2 | Parameter Tanah Lempung Alluvial di Sungai Rico, Teluk Balikpapan (Sumarlin, 2011) | 13 |
| Tabel 2.3 | Parameter Tanah Lempung Alluvial di Porong-Sidoarjo (Soleman, 2012) | 15 |
| Tabel 2.4 | Parameter Tanah Lempung Alluvial di Semarang (Yakin, 2003)... | 17 |
| Tabel 2.1 | Parameter <i>Marine Clay</i> di Pantai Indah Kapuk 2 (Roben, 2019) ... | 18 |
| Tabel 2.2 | Klasifikasi Tanah Berdasarkan Indeks Kompresi C_c (Bell, 2007).. | 28 |
| Tabel 2.3 | Klasifikasi Tanah Berdasarkan Koefisien Kompresibilitas Volume (m_v) (Bentley dan Carter, 2013) | 28 |
| Tabel 2.4 | Korelasi C_c vs. LL Studi Terdahulu | 30 |
| Tabel 2.5 | Rentang Nilai α (Sanglerat, 1972)..... | 36 |
| Tabel 2.6 | $\Delta u/\sigma_{vo}'$ Berdasarkan Hasil Uji Disipasi Akibat Pemancangan Tiang (Studi Kasus di Surabaya) (Arafianto dan Rahardjo, 2020) | 58 |
| Tabel 2.7 | Kesimpulan Batasan Parameter Fisis Tanah <i>Marine Clay</i> Hasil Studi Literatur | 59 |
| Tabel 2.8 | Kesimpulan Batasan Parameter Mekanis Tanah <i>Marine Clay</i> Hasil Studi Literatur..... | 59 |
| Tabel 2.9 | Kesimpulan Batasan Parameter Konsolidasi Tanah <i>Marine Clay</i> Hasil Studi Literatur | 60 |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| Tabel 4.1. | Nomor dan Kedalaman Sampel Uji Laboratorium Bor “GT” (PT. Nur Straits Engineering (NSE), 2018)..... | 80 |
| Tabel 4.2. | Penomoran Uji In-situ (PT. Nur Straits Engineering (NSE), 2018) | 80 |
| Tabel 4.3. | Nomor dan Kedalaman Sampel Uji Laboratorium Bor “BH” (Data GEC, 2021) | 81 |
| Tabel 4.4. | Penomoran Uji In-situ (Data GEC, 2021)..... | 81 |
| Tabel 4.5. | Rekapitulasi Uji In-situ, Estimasi Tebal Tanah Lunak dan Kedalaman Tanah Keras Berdasarkan Zonasi Lapangan..... | 87 |
| Tabel 4.6. | Perolehan Nilai c_v*_{100} Dari Metode Taylor dan <i>Back Analysis</i> | 139 |
| Tabel 4.7. | S_u saat <i>Plastic Limit</i> dan <i>Liquid Limit</i> Hasil Studi Ini dan Penelitian Terdahulu | 184 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|-------------|---|-----|
| LAMPIRAN 1. | HASIL UJI BOR (NSE, 2018)..... | 199 |
| LAMPIRAN 2. | HASIL UJI BOR (GEC, 2021) | 219 |
| LAMPIRAN 3. | HASIL UJI CPT _u (NSE, 2018)..... | 229 |
| LAMPIRAN 4. | HASIL UJI CPT _u (GEC, 2021) | 237 |
| LAMPIRAN 5. | HASIL UJI CPT (NSE, 2018)..... | 273 |
| LAMPIRAN 6. | HASIL ANALISIS UJI DISIPASI..... | 281 |
| LAMPIRAN 7. | ANALISIS TEGANGAN PRA-KONSOLIDASI DARI UJI OEDOMETER BERDASARKAN METODE CASAGRANDE | 323 |
| LAMPIRAN 8. | HASIL UJI TRIAKSIAL <i>CONSOLIDATED UNDRAINED</i> . 337 | |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah utama tanah lempung lunak tetap tidak lepas dari kompresibilitas maupun kuat geser. Hal ini dikarenakan tanah lempung lunak akan memproduksi tekanan air pori eksese yang sulit terdisipasi akibat rendahnya permeabilitas tanah jenis ini sehingga tanah mengalami penurunan yang besar dalam jangka waktu yang lama (konsolidasi). Tidak hanya itu, terkadang dijumpai kondisi tanah lempung lunak yang masih berkonsolidasi dan terdapat tekanan air pori eksese yang masih tersisa (Rahardjo *et al.*, 2016). Umumnya jenis tanah ini dikenal sebagai *underconsolidating / underconsolidated / consolidating soil*. Kombinasi antara kuat geser tanah lunak yang rendah, kondisi *underconsolidating*, serta tingkat kompresibilitas dan plastisitas yang tinggi umum ditemui pada tanah lempung lunak endapan laut. Endapan ini dikenal sebagai lempung marina atau *marine clay* (Rahardjo, 1996; Dobie, 2014). Isu-isu ini tentunya akan sangat berbahaya terhadap pekerjaan geoteknik bila dilaksanakan pada tanah dalam kondisi ini (Setionegoro, 2013).

Kendati demikian, pada kasus ini, pekerjaan pembangunan tambang batu bara memerlukan akses mobilisasi melalui area yang diduga didominasi tanah lempung lunak marina, tepatnya di Pulau Laut, Kalimantan Selatan. Proses konsolidasi pun diperkirakan masih dialami tanah dasar tersebut. Bo *et al.* (2015) menyatakan bahwa pemahaman terkait perilaku kompresi tanah yang direpresentasikan oleh hubungan tegangan-regangan tanah sangatlah penting dalam kajian geoteknik. Lebih lanjut, hubungan tegangan regangan tanah dan karakteristik

tanah dapat bervariasi antar lokasi. Hal ini juga tentunya berlaku pada tanah lempung endapan laut (Dobie, 2014), semisal pada tanah *marine clay* Jepang yang diteliti oleh Tanaka (1994) dimana perilaku tanah tersebut berbeda dengan tanah Eropa dan Amerika Utara hasil sedimentasi es. Rahardjo *et al.* (2008) memberikan isu tambahan terkait interpretasi parameter *underconsolidated soils* yang belum banyak dikaji ketimbang tanah *normally* dan *overconsolidated* (NC dan OC). Oleh karena itu, penyelidikan tanah pada area Pulau Laut, Kalimantan Selatan pun sangat diperlukan sebagai acuan desain geoteknik serta data karakterisasi tanah *marine clay* Pulau Laut, Kalimantan Selatan secara spesifik. Parameter-parameter yang diperoleh dapat digunakan sebagai referensi kajian geoteknik untuk pembangunan-pembangunan di area Kalimantan Selatan.

Mengingat masifnya pengaruh yang ditimbulkan oleh jenis tanah tersebut maka metode investigasi yang tepat sangat dibutuhkan. Pada kasus tanah bermasalah, penyelidikan secara kontinu perlu dipertimbangkan agar stratifikasi tanah terilustrasikan secara detail tanpa melewatkan lapisan-lapisan tanah tersebut. Aspek ini dapat diakomodasi oleh pengujian lapangan atau dikenal sebagai uji in-situ. Pemilihan serta interpretasi uji in-situ yang sesuai sangat penting agar lapisan tanah terdeteksi dan terdiferensiasi dari lapisan tanah mineral lainnya secara akurat. Berkaitan dengan tanah lunak, uji in-situ diharapkan dapat mendeteksi derajat konsolidasi dan besar tekanan air pori eksese yang masih terkandung. Uji *piezocone* (CPTu) dipercaya dapat memberikan gambaran bawah tanah yang kontinu dan komprehensif sesuai kondisi in-situ (Mlynarek *et al.*, 2014). Hal ini pun diverifikasi oleh Lunne, Robertson, dan Powell (1997) serta Robertson (2012) dimana uji tersebut dapat diaplikasikan dengan sangat baik pada tanah lunak, organik, dan

gambut. Dengan bantuan uji bor dan uji laboratorium diharapkan dapat dikompilasi persebaran, kedalaman, ketebalan, dan properti fisis dan mekanis lapisan lempung lunak pada area yang dimaksud sebagai kriteria utama dalam aspek teknis.

1.2 Inti Permasalahan

Pada area pulau Laut, Kalimantan Selatan, dijumpai lapisan tanah lempung lunak *marine clay* yang diduga masih berkonsolidasi. Jenis tanah ini telah dikenal sebagai salah satu tanah problematik. Dalam menyelidiki tanah problematik umumnya uji laboratorium menjadi salah satu acuan. Tetapi, proses pengambilan sampel tanah lempung lunak terbilang cukup sulit oleh karena sifat tanah lempung lunak marina yang memiliki struktur lepas dan kadar air yang tinggi (Wu *et al.*, 2018). Selain itu, pada *consolidating soil*, terdapat kemungkinan tekanan air pori eksese residual akan terdisipasi akibat perubahan tegangan in-situ saat hendak melakukan uji (*stress release*) (Setionegoro, 2013). Oleh karena itu, selain uji laboratorium dibutuhkan tambahan alternatif penyelidikan lainnya yang lebih dapat diandalkan yakni uji in-situ. Investigasi in-situ yang kontinu serta dilengkapi dengan data uji laboratorium diperlukan untuk menjadi data karakterisasi tanah secara spesifik pada area tersebut.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud utama penelitian ini adalah untuk melakukan karakterisasi tanah *marine clay* Pulau Laut, Kalimantan Selatan dengan mengandalkan uji bor, CPTu, dan laboratorium. Untuk mencapai maksud utama tersebut maka dijabarkan tujuan-tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Melakukan zonasi dan memperoleh pelapisan tanah untuk masing-masing zona berdasarkan uji in-situ.
2. Membentuk profil parameter fisis dan mekanis serta mengembangkan korelasi empiris berdasarkan uji laboratorium.
3. Melakukan interpretasi uji in-situ dan uji laboratorium untuk menentukan parameter dan indikasi konsolidasi tanah lempung lunak *marine clay* di Pulau Laut, Kalimantan Selatan.

1.4 Hipotesis

Dengan mengacu pada studi literatur, baik dari *state of the art reports* maupun dari penelitian-penelitian sebelumnya, berikut beberapa hipotesis yang mendasari penelitian:

1. Pada Pulau Laut, Kalimantan Selatan dijumpai eksistensi lapisan tanah lempung lunak marina (*marine clay*) yang masih berkonsolidasi.
2. Kombinasi uji in-situ berupa uji CPTu dan uji bor yang dilengkapi dengan uji laboratorium secara umum dapat diandalkan untuk mengidentifikasi dan menganalisis parameter geoteknik tanah lempung lunak marina.
3. Karakterisasi tanah lempung Kalimantan Selatan dapat dilakukan secara spesifik dan korelasi-korelasi empirik untuk tambahan referensi interpretasi parameter geoteknik tanah lempung dapat dikembangkan melalui pengolahan parameter-parameter hasil pengujian tanah lempung di Pulau Laut, Kalimantan Selatan.

1.5 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian untuk mencapai tujuan penelitian terdiri atas:

1. Wilayah penelitian adalah Pulau Laut, Provinsi Kalimantan Selatan.
2. Pengumpulan data sekunder dari kajian literatur terkait tanah lunak terkhusus endapan laut sebagai tanah bermasalah, uji CPTu pada tanah lunak, karakterisasi tanah lunak di Kalimantan, permasalahan kompresi dan parameter teknis tanah lempung lunak serta perilaku *underconsolidating* tanah lempung lunak. Lebih lanjut akan dibentuk tabel rentang nilai parameter tanah lempung lunak dari hasil studi literatur.
3. Pengumpulan data sekunder berupa data hasil uji lapangan dan uji laboratorium tahun 2018.
4. Perolehan data primer melalui pengujian bor dan CPTu di lapangan serta uji laboratorium pada tahun 2021.
5. Perbandingan hasil data primer terhadap data sekunder yang telah dikumpulkan berupa karakteristik umum tanah lunak marina baik di seluruh belahan dunia maupun terkhusus di area Kalimantan. Perbandingan tersebut dikembangkan menjadi korelasi empirik untuk mempelajari hubungan antar parameter geoteknik tanah *marine clay* di Kalimantan Selatan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini mencakup:

BAB 1 PENDAHULUAN terdiri dari latar belakang permasalahan, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 STUDI LITERATUR berisi pemaparan literatur dan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian, terutama terkait uji in-situ dan laboratorium pada tanah lempung lunak marina serta karakteristik umumnya.

BAB 3 METODE PENELITIAN membahas tentang metode kerja yang digunakan dalam penelitian. Metode kerja yang akan dijelaskan dalam bab ini yaitu klasifikasi tanah dan penelitian jenis, sifat fisis, dan sifat teknis tanah baik melalui uji in-situ dan uji laboratorium.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN membahas tentang hasil uji lapangan dan uji laboratorium, interpretasi kedua hasil uji yang meliputi identifikasi dan verifikasi, klasifikasi, karakteristik dan parameter teknis tanah lempung lunak Pulau Laut, Kalimantan Selatan yang akan dibentuk menjadi karakterisasi lapangan, komparasi antara hasil penelitian tanah lempung lunak marina terdahulu dengan penelitian saat ini, serta kajian hubungan antar masing-masing perolehan uji untuk memperoleh korelasi empirik.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil investigasi beserta saran yang diperuntukkan untuk penelitian lebih lanjut.