DAFTAR ISI

ABSTRAK i

ABSTRACT ii

KATA PENGANTAR iii

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR TABEL xix

BAB I PENDAHULUAN I-1

1.1 Latar Belakang I-1

1.2 Maksud dan Tujuan Studi I-2

1.3 Pembatasan Masalah I-2

1.4 Sistematika Pembahasan Masalah I-2

BAB II STUDI LITERATUR II-1

2.1 Tanah Lunak II-1

2.1.1 Lempung lunak II-1

2.1.2 Sifat-sifat mineral lempung II-2

2.2 Pengertian Sheet pile II-9

2.2.1 Jenis sheet pile berdasarkan bahan II-9

2.2.2 Jenis sheet pile berdasarkan tipe konstruksinya II-12

2.3 Dasar-Dasar Analisis Sheet Pile II-16

2.3.1 Tekanan tanah lateral II-16

2.3.2 Tekanan tanah awal (kondisi diam) II-17

2.3.3 Tekanan tanah aktif II-18
2.3.4 Pengaruh beban luar terhadap gaya lateral II-21
2.3.5 Tekanan tanah pasif II-22
2.3.6 Pengaruh muka air tanah terhadap gaya lateral II-24
2.4 Penentuan Parameter Tanah II-25
2.4.1 Pengujian laboratorium mekanika tanah II-25
2.4.1.1 Indeks properti II-25
2.4.1.2 Uji Triaxial CU dan UU II-26
2.4.1.3 Uji Atterberg Limits II-29
2.4.1.4 Pengujian Konsolidasi II-31
2.4.1.5 Pengujian tanah di lapangan II-32
2.4.1.6 Cone Penetrometer Test (CPT) II-32
2.4.1.7 Standard Penetration Tes (SPT) II-35
2.5 Pemodelan tanah II-37
2.5.1 Mohr-Coulomb II-37
2.5.2 Soft Soil Model II-41
2.5.3 Hardening Soil II-42
2.6 Konsep Kondisi Kritis II-44
2.6.1 Tegangan Total II-44
2.6.2 Tegangan Efektif II-46
2.7 Analisis metode A, B, C Skempton II-47
2.8 Studi-studi terdahulu II-48
2.8.1 Studi perbandingan model tanah Mohr-Coulomb dan Hardening Soil pada kasus unloading dengan metode elemen hingga II-48

2.8.2 Effect rarely analyzed soil parameter for FEM analysis of embedded retaining structures II-53
2.8.3 Exaluation of clay constitutive models for analysis of deep excavation under undrained conditions II-56

BAB III METODE PENELITIAN III-1
3.1 Umum III-1
3.2 Studi Literatur III-2
3.3 Pengumpulan data tanah III-2
3.4 Penentuan parameter tanah disain III-2
3.5 Analisis stabilitas sheet pile dengan menggunakan Stawal III-2
3.6 Memilih kondisi kritis dari hasil analisis stabilitas sheet pile menggunakan Stawal III-2
3.7 Analisis stabilitas sheet pile menggunakan Plaxis III-3
3.8 Simulasi 1 perbandingan Mohr-Coulomb dengan menggunakan metode A, B, C III-3
3.9 Simulasi 2 perbandingan Mohr-Coulomb dan Soft Soil pada kondisi tegangan total (total stress) III-3
3.10 Simulasi 3 perbandingan Mohr-Coulomb, Soft Soil dan Hardening Soil pada kondisi tegangan efektif (efektif stress) III-3
3.11 Memilih kondisi kritis dari hasil analisis stabilitas sheet pile menggunakan Plaxis III-3

BAB IV METODE PERHITUNGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE IV-1
4.1 Umum IV-1
4.2 Program Komputer Stawal IV-1

4.2.1 Pendahuluan IV-1
4.2.2 Input data IV-3
4.2.3 Perhitungan dalam Stawal IV-8
4.2.4 Output data IV-9
4.3 Program Komputer Plaxis IV-10
4.3.1 Pendahuluan IV-10
4.3.2 Input Data IV-11
4.3.3 Mesh Generation IV-20
4.3.4 Initial Condition IV-20
4.3.5 Perhitungan dalam Plaxis IV-21
4.3.6 Output data IV-22
BAB V ANALISIS DATA V-1
5.1 Umum V-1
5.2 Stratifikasi Tanah V-1
5.3 Penentuan Parameter Tanah Disain V-2
5.3.1 Parameter berat isi jenuh (γsat) V-2
5.3.2 Parameter koefisien permeabilitas tanah (k) V-3
5.3.3 Parameter kekuatan tanah V-4
5.3.4 Parameter angka pori (e_0) V-6
5.3.5 Parameter kompresibilitas tanah V-6
5.4 Analisis Stabilitas Sheet Pile V-9
5.4.1 Analisis stabilitas sheet pile dengan menggunakan Stawal V-9
5.4.2 Analisis stabilitas sheet pile menggunakan Plaxis V-12
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN VI-1

6.1 Kesimpulan VI-1

6.2 Saran VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Peta penyebaran tanah lunak di Indonesia II-1

Gambar II. 2 Mineral lempung yang mudah mengikat air II-2

Gambar II. 3 Struktur mineral kaolinit II-3

Gambar II. 4 Struktur mineral monmorilonit II-3

Gambar II. 5 Struktur mineral ilit II-4

Gambar II. 6 Foto mikroskop lempung Smektit-Klorit (S-C) dengan beberapa Kolinit (K) dipojok kanan bawah dan Fragmen (Fr). Lokasi : Riau (Foto oleh Wikanda & Harmes, Puslitbang Geologi).....II-5

Gambar II. 7 Foto mikroskop Kaolinit (K) dan sejumlah kecil Smektit (S) pada kanan atas. Lokasi : Kalimantan Selatan.(Foto oleh Wikanda & Harmes, Puslitbang Geologi).....II-5

Gambar II. 8 Vermiculit (V) lempung Kaolinit. Lokasi : Riau. (Foto oleh Wikanda & Harmes, Puslitbang Geologi).....II-6

Gambar II. 9 Smektit-Ilit (S-i) lempung agak rapat. Lokasi : Sumatra Selatan. (Foto oleh Wikanda & Harmes, Puslitbang Geologi) II-6

Gambar II. 10 Turap berbahan kayu.....II-10

Gambar II. 11 Turap berbahan beton.....II-11

Gambar II. 12 Sheet pile berbahan baja.....II-12

Gambar II. 13 Hubungan antar turap; a. jempol-telunjuk, b. bola-keranjang II-12

Gambar II. 14 Langkah-langkah konstruksi struktur urugan (Sumber : Principles of Foundation Engineering 5E, Braja. M. Das) II-13

Gambar II. 15 Langkah-langkah konstruksi untuk struktur galian (Sumber : Principles of Foundation Engineering 5E, Braja. M. Das) II-14

Gambar II. 16 Sheet pile kantilever pada tanah pasir II-15

Gambar II. 17 Sheet pile berjangkar.....II-16

Gambar II. 18 Tekanan lateral saat diam.....II-17

Gambar II. 19 Tekanan tanah aktif II-18

Gambar II. 20 Diagram gaya tekanan tanah aktif pada pasir II-19

Gambar II. 21 Diagram gaya lateral pada tanah kohesif II-20

Gambar II. 22 Diagram gaya lateral dengan adanya beban merata II-21

Gambar II. 23 Tekanan tanah lateral pasif.....II-22

Gambar II. 24 Diagram gaya lateral pasif pada tanah non kohesi.....II-23

Gambar II. 25 Diagram gaya lateral pasif pada tanah berkohesi.....II-23

Gambar II. 26 Diagram gaya dengan muka air.....II-24

Gambar II. 27 Ring gamma untuk uji berat isi dan kadar air II-26

Gambar II. 28 Piknometer untuk pengujian berat jenis tanah II-26

Gambar II. 29 Garis keruntuhan Mohr-Coulomb pada uji CD (Shear strength of soil, Chi-Ping Lin) II-27

Gambar II. 30 Garis keruntuhan Mohr-Coulomb pada uji CU (Shear strength of soil, Chi-Ping Lin) II-28

Gambar II. 31 Garis keruntuhan Mohr-Coulomb pada uji UU (Shear strength of soil, Chi-Ping Lin) II-29

Gambar II. 32 Alat uji Triaxial II-29

Gambar II. 33 Alat Cassagrande untuk pengujian Liquid Limit II-30

Gambar II. 34 Pengujian Plastic Limit II-30

Gambar II. 35 Korelasi antara nilai Cu, E dan PI (Termaat, Vermer dan Vergeer, 1985).....II-31

Gambar II. 36 Foto konus.....II-32

Gambar II. 37 Pengujian Sondir II-33

Gambar II. 38 Korelasi grafik CPT Robertson dengan OCR II-34

Gambar II. 39 Korelasi Grafik CPT Robertson dengan nilai γ/γw.....II-34

Gambar II. 40 Korelasi nilai N-SPT dengan su (after K. Terzaghi).....II-36

Gambar II. 41 Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb II-38

Gambar II. 42 Heksagonal tegangan pokok Mohr-Coulomb (Geotechnical Aspect of The Bangkok MRT Blue Line Project, Chanaton Surarak B. Sc, M.Eng.) II-38

Gambar II. 43 Grafik perfectly elatic plastic model Mohr-Coulomb.....II-38

Gambar II. 44 Definisi E50 .....II-39

Gambar II. 45 Tekanan, indeks swelling dan tekanan pra-konsolidasi II-41

Gambar II. 46 Soft soil model dalam ruang p'-q Sumber : Geotechnical Aspect of The Bangkok MRT Blue Line Project, 2011. Chanaton Surarak B. Sc, M.Eng.....II-42

Gambar II. 47 Hubungan hiperbolik tegangan dan regangan pada beban primer untuk standar test triaxial kondisi drained (Schanz et al. 1999) II-44

Gambar II. 48 Tes yang dilakukan untuk stabilitas jangka pendek (Slope stabillity and Stabilization Method, Thomas S Lee, 1996).....II-45

Gambar II. 49 Kasus timbunan merupakan pendekatan kondisi tegangan total. (Panduan Geoteknik 4, Deparemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah).....II-46

Gambar II. 50 Kekuatan geser pada kondisi undrained menggunakan metode A (Deep Excavation Failure Can Be Prevented, Gouw, Tjie-Liong) II-47

Gambar II. 51 Cross section galian basemen pada Plaxis II-48

Gambar II. 53 Perbandingan deformasi horizontal dengan hasil monitoring di lapangan (kiri); perbandingan analisa balik dengan hasil monitoring di lapangan(kanan) II-51

Gambar II. 54 Deformasi dibelakang galian.....II-51

Gambar II. 55 Hasil bending momen II-52

Gambar II. 56 Deformasi hasil analisis dengan macam-macam nilai poisson ratio II-54

Gambar II. 57 Bending momen hasil analisis dengan macam-macam nilai poisson ratio II-54

Gambar II. 58 Deformasi hasil analisis dengan macam-macam nilai E unloading reloading.....II-55

Gambar II. 59 Bending momen hasil analisis dengan macam-macam nilai E unloading reloading.....II-55

Gambar II. 60 Deformasi hasil analisis dengan macam-macam nilai OCR II-55

Gambar II. 61 Bending momen hasil analisis dengan macam-macam OCR II-56

Gambar II. 62 Cross section pada galian dengan perkuatan sheet pile dan angkur.....II-57

Gambar II. 63 Penentuan parameter w dan e.....II-57

Gambar II. 64 Penentuan parameter Cc dan Cs.....II-57

Gambar II. 65 Penentuan nilai OCR dan Su.....II-58

Gambar II. 66 Perbandingan hasil analisis MCC dengan hasil monitoring di lapangan II-58

Gambar II. 67 Perbandingan hasil analisis HS dengan hasil monitoring di lapangan II-58

Gambar II. 68 Perbandingan hasil analisis HS Small Strain dengan hasil monitoring di lapangan II-59

Gambar II. 69 Perbandingan hasil analisis Mohr-Coulomb dengan hasil monitoring di lapangan II-59

Gambar III. 1 Diagram Alir III-1

Gambar IV. 1 Diagram alir menghitung stabilitas sheet pile menggunakan Stawal.....IV-2

Gambar IV. 2 Program komputer Stawal.....IV-2

Gambar IV. 3 Memulai permasalahan baru IV-3

Gambar IV. 4 Seting satuan yang akan digunakan IV-3

Gambar IV. 5 Sub menu analysis option IV-4

Gambar IV. 6 Input material properties IV-4

Gambar IV. 7 Input material layer IV-7

Gambar IV. 8 Input groundwater IV-7

Gambar IV. 9 Input surcharge IV-8
Gambar IV. 10 Grapical input IV-8
Gambar IV. 11 Memulai analisis IV-9
Gambar IV. 12 Tabel output IV-9
Gambar IV. 13 Hasil perhitungan Stawal IV-10
Gambar IV. 14 Diagram alir menghitung stabilitas sheet pile menggunakan Plaxis IV-11
Gambar IV. 15 General Setting (Project) IV-12
Gambar IV. 16 General Setting (Dimension) IV-13
Gambar IV. 17 Input gambar IV-14
Gambar IV. 18 Set material IV-16
Gambar IV. 19 Input material pada lapisan tanah IV-16
Gambar IV. 20 Input parameter tanah IV-17
Gambar IV. 21 Input interface IV-19
Gambar IV. 22 Input material sheet pile IV-19
Gambar IV. 23 Melakukan kalkulasi IV-21
Gambar IV. 24 Deformasi hasil perhitungan Plaxis IV-22
Gambar IV. 25 Deformasi pada sheet pile IV-23
Gambar IV. 26 Bending moment pada sheet pile IV-23
Gambar IV. 27 Penurunan tanah dibelakang sheet pile IV-24
Gambar V. 1 Statifikasi tanah V-2
Gambar V. 2 Parameter berat isi jenuh tanah (γ_{sat}) V-2
Gambar V. 3 Parameter koefisien permeabilitas tanah (k) V-3
Gambar V. 4 Parameter c’ dari hasil pengujian Triaxial CU V-4
Gambar V. 5 Parameter cu dari hasil pengujian triaxial UU dan korelasi metode shansep V-5
Gambar V. 6 Parameter ϕ’ dari hasil pengujian CU V-5

Gambar V. 7 Parameter angka pori (e0) V-6

Gambar V. 8 Parameter index kompresi tanah (Cc) V-7

Gambar V. 9 Parameter recompression index tanah (Cr) V-7

Gambar V. 10 Hasil analisis Stawal menggunakan parameter efektif..... V-10

Gambar V. 11 Hasil analisis Stawal menggunakan parameter total V-11

Gambar V. 12 Deformasi tanah pada pemodelan Mohr-Coulomb metode A V-13

Gambar V. 13 Deformasi horizontal sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode A..... V-13

Gambar V. 14 Bending momen sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode A V-13

Gambar V. 15 Penurunan tanah di belakang galian yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode A..... V-14

Gambar V. 16 Deformasi tanah yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode B V-14

Gambar V. 17 Deformasi horizontal sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode B V-15

Gambar V. 18 Bending momen sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode B V-15

Gambar V. 19 Penurunan tanah di belakang galian yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode B V-15

Gambar V. 20 Deformasi tanah yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode C V-16

Gambar V. 21 Deformasi horizontal sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode C V-17

Gambar V. 22 Bending momen sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode C V-17

Gambar V. 23 Penurunan tanah di belakang galian yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode C V-17

Gambar V. 24 Perbandingan deformasi horizontal yang terjadi dengan menggunakan pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode A, B, C V-18

Gambar V. 25 Perbandingan bending momen yang terjadi dengan menggunakan pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode A, B, C V-18

Gambar V. 26 Perbandingan penurunan tanah di belakang galian yang terjadi dengan menggunakan pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode A, B, C V-19

Gambar V. 27 Deformasi tanah yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode B V-20

Gambar V. 28 Deformasi horizontal sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode B V-20

Gambar V. 29 Bending momen sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode B V-20

Gambar V. 30 Penurunan tanah di belakang galian yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode B V-21

Gambar V. 31 Deformasi tanah yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode C V-21

Gambar V. 32 Deformasi horizontal sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode C V-22

Gambar V. 33 Bending momen sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode C V-22

Gambar V. 34 Penurunan tanah di belakang galian yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode C V-22

Gambar V. 35 Deformasi tanah pada pemodelan tanah Soft Soil kondisi tegangan total V-23

Gambar V. 36 Deformasi horizontal sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Soft Soil kondisi tegangan total V-23

Gambar V. 37 Bending momen sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Soft Soil kondisi tegangan total V-24

Gambar V. 38 Penurunan tanah di belakang galian yang dihasilkan pada pemodelan tanah Soft Soil kondisi tegangan total V-24

Gambar V. 39 Perbandingan deformasi horizontal yang terjadi dengan menggunakan pemodelan tanah Mohr-Coulomb dan Soft Soil kondisi tegangan total V-24

Gambar V. 40 Perbandingan bending momen yang terjadi dengan menggunakan pemodelan tanah Mohr-Coulomb dan Soft Soil kondisi tegangan total V-25

Gambar V. 41 Perbandingan penurunan tanah di belakang galian yang terjadi dengan menggunakan pemodelan tanah Mohr-Coulomb dan Soft Soil kondisi tegangan total V-25

Gambar V. 42 Deformasi tanah pada pemodelan Mohr-Coulomb kondisi tegangan efektif V-26

Gambar V. 43 Deformasi horizontal sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb kondisi tegangan efektif V-27

Gambar V. 44 Bending momen sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb kondisi tegangan efektif V-27

Gambar V. 45 Penurunan tanah di belakang galian yang dihasilkan pada pemodelan tanah Mohr-Coulomb kondisi tegangan efektif V-27

Gambar V. 46 Deformasi tanah pada pemodelan tanah Soft Soil kondisi tegangan efektif V-28

Gambar V. 47 Deformasi horizontal sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Soft Soil kondisi tegangan efektif V-28

Gambar V. 48 Bending momen sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Soft Soil kondisi tegangan efektif V-29

Gambar V. 49 Penurunan tanah di belakang galian yang dihasilkan pada pemodelan tanah Soft Soil kondisi tegangan efektif V-29

Gambar V. 50 Deformasi tanah pemodelan tanah Hardening Soil kondisi tegangan efektif V-30

Gambar V. 51 Deformasi horizontal sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Hardening Soil kondisi tegangan efektif V-30

Gambar V. 52 Bending momen sheet pile yang dihasilkan pada pemodelan tanah Hardening Soil kondisi tegangan efektif V-30

Gambar V. 53 Penurunan tanah di belakang galian yang dihasilkan pada pemodelan tanah Hardening Soil kondisi tegangan efektif..... V-31

Gambar V. 54 Perbandingan deformasi horizontal yang terjadi dengan menggunakan pemodelan tanah Mohr-Coulomb, Soft Soil, dan Hardening Soil pada kondisi tegangan efektif V-31

Gambar V. 55 Perbandingan bending monen yang terjadi dengan menggunakan pemodelan tanah Mohr-Coulomb, Soft Soil, dan Hardening Soil pada kondisi tegangan efektif V-32

Gambar V. 56 Perbandingan penurunan tanah di belakang galian yang terjadi dengan menggunakan pemodelan tanah Mohr-Coulomb, Soft Soil dan Hardening Soil pada kondisi tegangan efektif V-32

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Kuat geser lempung lunak (Buku Panduan Geoteknik 1).....II-2

Tabel II. 2 Indikator kuat geser tak terdrainase tanah lempung lunak.....II-2

Tabel II. 3 Berat jenis mineral-mineral lempung (Lambe & Whitman 1969) II-4

Tabel II. 4 Plastisitas mineral lempung (Attwel, 1970; Lambe & Whitman, 1960) II-7

Tabel II. 5 Permeabilitas relatif mineral lempung utama II-7

Tabel II. 6 Tingkat keaktfan lempung.....II-8

Tabel II. 7 Tingkat keaktifan berbagai jenis mineral lempung.....II-8

Tabel II. 8 Hubungan antara nilai Indeks plastisitas dengan ϕ'.....II-30

Tabel II. 9 Tabel korelasi nilai OCR dengan Su.....II-32

Tabel II. 10 Hubungan kekompakan tanah, nilai N-SPT, qc sondir dan ϕ untuk pasir (Piling Handbook, Arcelor).....II-36

Tabel II. 11 Nilai korelasi kepadatan tanah, N-SPT, γ dan ϕ (Foundation and soil mechanic, Muni Budhu) II-36

Tabel II. 12 Korelasi antara kepadatan tanah, N-SPT, γ, ϕ dan qu (Bowles 1991) II-37

Tabel II. 13 Parameter Mohr-Coloumb model II-39

Tabel II. 14 Parameter Soft soil model.....II-41

Tabel II. 15 Parameter Hardening soil model.....II-43

Tabel II. 16 Parameter tanah pemodelan Mohr-Coulomb II-49

Tabel II. 17 Parameter tanah pemodelan Hardening Soil.....II-49

Tabel II. 18 Parameter material untuk pemodelan.....II-50

Tabel II. 19 Parameter analisa balik II-50

Tabel II. 20 Karakteristik tanah II-53

Tabel II. 21 Parameter poisson ratio.....II-53

Tabel II. 22 Parameter E unloading reloading II-53

Tabel II. 23 Parameter OCR II-54

Tabel II. 25 Studi-studi terdahulu mengenai konstruksi galian dan pemodelan tanah.....II-60

Tabel IV. 1 Satuan dimensi dalam Plaxis.....IV-13

Tabel V. 1 Nilai koefisien permeabilitas menurut jenis tanahnya V-3

Tabel V. 2 Parameter pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode A..... V-8

Tabel V. 3 Parameter pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode B..... V-8

Tabel V. 4 Parameter pemodelan tanah Mohr-Coulomb metode C..... V-8

Tabel V. 5 Parameter pemodelan tanah Soft-Soil kondisi kondisi tegangan efektif V-8

Tabel V. 6 Parameter pemodelan tanah Soft-Soil kondisi tegangan total..... V-8

Tabel V. 7 Parameter pemodelan tanah Hardening Soil kondisi tegangan efektif V-9

Tabel V. 8 Spesifikasi sheet pile beton V-9

Tabel V. 9 Parameter material sheet pile beton V-9