

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENURUNAN (*SETTLEMENT*) DI PERMUKAAN TANAH
AKIBAT KONSTRUKSI *SHIELD TUNNEL* PADA BERBAGAI MODEL
TANAH DENGAN PROGRAM PLAXIS 2D
(STUDI KASUS : PEMBANGUNAN *SUBWAY SHIELD TUNNEL* PROYEK
JAKARTA MRT RUAS SUDIRMAN – THAMRIN).**

Diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S-1)



Disusun oleh :

Nama : Hendyko Dwi Prastowo

Nim : 41109010064

**UNIVERSITAS MERCU BUANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
TERAKREDITASI BERDASARKAN BADAN AKREDITASI NASIONAL
PERGURUAN TINGGI NOMOR : 012/BAN-PT/AK-VII/S1/VII/2003
2013**



**LEMBAR PENGESAHAN SIDANG
SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK PERENCANAAN
DAN DESAIN
UNIVERSITAS MERCU BUANA**



Semester : Genap

Tahun Akademik : 2012/2013

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Perencanaan dan Desain, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Judul Tugas Akhir : Analisis Penurunan (*Settlement*) di Permukaan Tanah Akibat Konstruksi *Shield Tunnel* Pada Berbagai Model Tanah dengan Program Plaxis 2D (Studi Kasus : Pembangunan *Subway Shield Tunnel* Proyek Jakarta MRT Ruas Sudirman – Thamrin)

Disusun oleh :

Nama : Hendyko Dwi Prastowo
NIM : 41109010064
Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil

Telah diperiksa dan dinyatakan LULUS pada sidang sarjana tanggal 24 Agustus 2013.

Pembimbing I

Dr. Ir. Pintor Tua Simatupang, M.Eng

Pembimbing II

Ir. Desiana Vidayanti, MT

Jakarta, 24 Agustus 2013
Mengetahui,

Ketua Penguji

Ir. Zainal Abidin Shahab, MT

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Mawardi Amin, MT

	LEMBAR PERNYATAAN SIDANG SARJANA PRODI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK PERENCANAAN DAN DESAIN UNIVERSITAS MERCU BUANA	
---	--	---

Yang bertanda tangan di bawah ini:

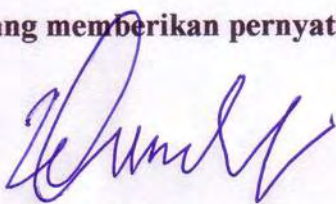
Nama : Hendyko Dwi Prastowo
 Nomor Induk Mahasiswa : 41109010064
 Program Studi : Teknik Sipil
 Fakultas : Teknik Perencanaan dan Desain

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat dipertanggung jawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 24 Agustus 2013

Yang memberikan pernyataan



Hendyko Dwi Prastowo

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bukankah Kami telah melapangkan untukmu dadamu ?

Dan Kami telah menghilangkan darimu bebanmu,

Yang memberatkan pinggangmu ?

Dan Kami tinggikan bagimu sebuah (nama) mu

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,

sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan),

Kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.

Dan hanya kepada Tuhan-mulah hendaknya kamu berharap.

(Al-Insyiraah (Kelapangan) 94 : 1-8)

Penulis persembahkan untuk orang – orang

Yang selalu menyayangi penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

*“Ya Allah, kepada-Mu aku mengadukan kelemahanku,
kurangnya kesanggupanku,
dan ketidakberdayaan diriku berhadapan
dengan manusia.*

*Wahai Dzat Yang Maha Pengasih
lagi Maha Penyayang,*

*Engkaulah pelindung bagi si lemah,
dan Engkau jualah pelindungku!*

Kepada siapakah diriku hendak Engkau serahkan?

*Jika Engkau tidak murka kepadaku,
maka semua itu tak kuhiraukan,*

karena sungguh besar nikmat yang telah Engkau limpahkan kepadaku.

Aku berlindung pada sinar cahaya wajah-Mu,

yang menerangi kegelapan dan mendatangkan kebajikan di dunia dan di akhirat,

dari murka-Mu yang hendak Engkau

turunkan kepadaku.

*Hanya Engkaulah yang berhak menegur dan mempersalahkan diriku hingga Engkau
berkenan.*

Sungguh tiada daya dan kekuatan apapun

selain atas perkenan-Mu.”

KATA PENGANTAR

“Alhamdulillahirobbil’aalamiin”, tidak ada yang paling menepati janjinya daripada Allah. Segala puji hanya milik Allah; penguasa alam semesta yang mampu menggenggam langit dan bumi, yang mengetahui setiap perasaan umatnya yang tersembunyi, sehingga hanya dengan ijin-Nya proses penyusunan laporan Tugas Akhir dalam rangka melengkapi salah satu syarat guna mencapai jenjang strata 1 (S-1) Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Perencanaan dan Desain, Universitas Mercu Buana dapat terselesaikan.

Sesuai dengan janji-Nya bahwa Allah akan meninggikan beberapa derajat orang yang berilmu dibandingkan dengan orang yang awam. Penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah salah satu ikhtiar penulis dalam mencari ilmu Allah yang begitu luas. Perjalanan penyusunan Tugas Akhir yang telah penulis lalui merupakan suatu pengalaman yang sangat berarti. Kesulitan yang penulis temui dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak sebanding dengan nikmat yang telah Allah berikan.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah baik hati dengan tulus ikhlas membantu dan meluangkan waktu bagi penulis baik dari segi moril, maupun materil, langsung maupun tidak langsung sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

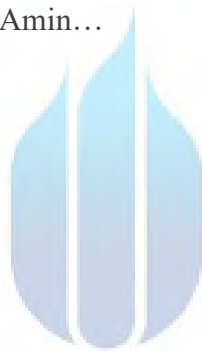
Terima kasih yang sebesar – besarnya penyusun ucapkan terutama kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak dan Mama yang doanya senantiasa mengiringi langkah Hendyko, memberikan kasih sayang, support, dorongan moril, serta dukungan fasilitas kepada penulis.

2. Bapak Dr. Ir. Pintor Tua Simatupang, M.Eng dan Ir. Desiana Vidayanti, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Desiana Vidayanti, MT selaku pembimbing akademik penulis yang telah banyak membantu dalam masalah akademik maupun hal-hal di luar akademik.
4. Bapak Ir. Mawardi Amin, MT. selaku ketua Program Studi Teknik Sipil dan coordinator tugas akhir yang telah membantu penulis di Program Studi Teknik Sipil selama ini.
5. Bapak Acep Hidayat, ST, MT. selaku sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang telah membantu penulis di Program Studi Teknik Sipil selama ini.
6. Bapak Ibu Dosen yang telah mendidik dan memberi bekal ilmu kepada penulis selama mengikuti studi pada Fakultas Teknik Perencanaan dan Desain Universitas Mercu Buana.
7. Seluruh staf Tata Usaha FTPD-UMB, khususnya Pak Sukadi yang telah banyak membantu penulis.
8. Untuk adek Tri Hartini yang tiada henti menyemangati penulis. Adek pasti bisa menjadi yang terbaik di masa yang akan datang dan cepat sukses. Amiin ya robbal alamiin.
9. Buat teman-teman seperjuangan Teknik Sipil 2009 dan seluruh angkatan Teknik Sipil FTPD UMB..
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu.

Banyak hal yang telah dilakukan oleh penulis untuk menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini, namun dengan segala keterbatasan ilmu dan keterampilan yang dimiliki hendaknya dapat dimaklumi jika nantinya ditemukan banyak kekurangan di sana-sini. Ibarat pepatah “Tak ada gading yang tak retak”. Karena itu segala kritik dan saran akan sangat berarti guna memperbaikinya di masa yang akan datang.

Akhir kata, penyusunan laporan Tugas Akhir ini ibarat setetes ilmu yang jatuh ke samudera ilmu pengetahuan yang luas. Kecil memang, namun paling tidak memiliki arti bagi pembacanya. Amin...



Jakarta, 24 Agustus 2013

Penulis

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

ABSTRAK.....	i
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	I - 1
1.1. Latar Belakang.....	I - 1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian	I - 2
1.3. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	I - 3
1.4. Manfaat Penelitian	I - 4
1.5. Sistematika Penulisan	I - 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II - 1
2.1. Penyelidikan Tanah	II - 1
2.1.1 Pekerjaan Sondir	II - 2
2.1.2 Pengeboran.....	II - 2
2.2. Pengujian Laboratorium	II - 3
2.2.1 <i>Index Properties</i> Tanah.....	II - 4
2.2.2 <i>Engineering Properties</i> Tanah.....	II - 8

2.3. Klasifikasi Tanah	II – 10
2.3.1. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO	II – 11
2.3.2. Klasifikasi Tanah Sistem USCS	II – 12
2.4. Pengertian Terowongan	II – 16
2.5. Klasifikasi Terowongan	II – 16
2.6. Metode Konstruksi Terowongan	II – 21
2.6.1. Tinjauan Geoteknik.....	II – 21
2.6.2. Aspek Geologi Teknik	II – 22
2.6.3. Konsep Umum Teknologi Pembangunan	II – 23
2.6.4. Kondisi Tanah dan Batuan.....	II – 25
2.6.5. Terowongan pada Massa Batuan	II – 25
2.6.6. Terowongan pada Tanah.....	II – 26
2.6.7. Metode <i>Full Face</i>	II – 30
2.6.8. Metode <i>Heading and Bench</i>	II – 31
2.6.9. Metode <i>Drift</i>	II – 31
2.6.10. Metode <i>Pilot Tunnel</i>	II – 34
2.6.11. Metode Sumuran <i>Vertical</i>	II – 35
2.7. Metode Pelaksanaan Terowongan pada Tanah Lunak	II – 35
2.8. Metode Selubung Terowongan (<i>Shield Tunnel</i>)	II – 36
2.8.1. <i>Slurry Faced</i> TBM.....	II – 38
2.8.2. <i>Earth Pressure Balanced</i> TBM	II – 38
2.9 Pengembangan Teknologi Selubung Terowongan	II – 39
2.10 <i>Tunnel Boring Machine</i>	II – 40
2.10.1. Komponen <i>pada</i> TBM modern.....	II – 41

2.11	Unsur- Unsur Perancangan Terowongan.....	II – 42
2.11.1.	Tegangan pada <i>Lining</i>	II – 31
2.11.2.	<i>Lining</i> yang Fleksibel.....	II – 34
2.11.3.	<i>Lining</i> yang Kaku.....	II – 35
2.11.4.	Konstruksi <i>Lining</i>	II – 34
2.12	Respon Tanah Pada Pelaksanaan Terowongan.....	II – 45
2.12.1.	Perubahan Tegangan.....	II – 45
2.12.2.	Perubahan Hidrolik.....	II – 46
2.12.3.	Perubahan Sifat Material	II – 46
2.13	Penurunan dan Pergerakan Lateral Akibat Shield Tunnel.....	II – 47
2.14	Masalah pada Konstruksi Terowongan dan Perbaikannya	II – 49
2.15	<i>Finite Element Method</i>	II – 53
2.16	Langkah Dasar Dalam Metode Elemen Hingga	II – 55
2.17	Program Plaxis.....	II – 56
2.18	Pemodelan Material Tanah Pada Program Plaxis.....	II – 57
2.18.1.	Model Linier Elastis.....	II – 57
2.18.2.	<i>Model Mohr – Coulomb</i>	II – 58
2.18.3.	<i>Model Soft Soil</i>	II – 58
2.18.4.	<i>Model Hardening Soil</i>	II – 59
2.18.5.	<i>Model Soft Soil Creep</i>	II – 60
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	III – 1
3.1	Objek Penelitian.....	III – 1
3.2.	Lokasi Proyek	III – 1

3.3. Metode Pengumpulan Data.....	III – 2
3.3.1. Pekerjaan Penyelidikan Tanah.....	III – 4
3.3.2. Kondisi Tanah di Sepanjang Rute Proyek	III – 4
3.3.3. Data Teknis Material Terowongan	III – 6
3.4 Metode Analisis Data.....	III – 18
3.4.1. Diagram Alir Penelitian	III – 18
3.4.2. Diagram Alir Analisis Pada Program Plaxis....	III – 19
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL ANALISIS	IV – 1
4.1. Geometri dan Satuan.....	IV – 3
4.2. Kondisi Batas	IV – 5
4.3. Beban di Permukaan Tanah	IV – 5
4.4. Sifat Material Terowongan	IV – 6
4.5. Pemodelan Material Tanah	IV – 7
4.5.1. <i>Model Mohr – Coulomb Undrained</i>	IV – 7
4.5.2. <i>Model Mohr – Coulomb Drained</i>	IV – 10
4.5.3. <i>Model Soft Soil Undrained</i>	IV – 13
4.5.4. <i>Model Soft Soil Drained</i>	IV – 16
4.5.5. <i>Model Soft Soil Creep Undrained</i>	IV – 19
4.5.6. <i>Model Soft Soil Creep Drained</i>	IV – 22
4.5.7. <i>Model Hardening Soil Drained</i>	IV – 25
4.5.8. <i>Model Hardening Soil Undrained</i>	IV – 28
4.6. Penyusunan Jaring Elemen	IV – 30
4.7. <i>Initial Condition</i>	IV – 31
4.7.1. Perhitungan Tekanan Air	IV – 31

4.7.2. Kondisi Geometri Awal Proyek	IV – 32
4.7.3. Perhitungan Tegangan Awal.....	IV – 33
4.8. Perhitungan (<i>Calculation</i>)	IV – 35
4.9. Hasil Analisis Penurunan dengan Program Plaxis	IV – 40
4.10. Hasil Analisis Penurunan dengan Metode Manual.....	IV – 44
4.11. Interpretasi Hasil Analisis.....	IV – 45
4.12. Profil Penurunan di Jalan Sudirman - Thamrin	IV – 46
V KESIMPULAN DAN SARAN	V – 1
5.1. Kesimpulan	V – 1
5.2. Saran	V – 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Korelasi sudut geser efektif terhadap kepadatan relatif dan unit berat (<i>Kullhawy dan Mayne, 1990</i>)	II-5
Gambar 2.2	Batas Konsistensi Tanah (<i>Terzaghi et al, 1996</i>)	II-6
Gambar 2.3a	Klasifikasi Tanah Sistem UNIFIED (<i>Hary Christady, 2002</i>)	II-14
Gambar 2.3b	Klasifikasi Tanah Sistem UNIFIED (<i>Hary Christady, 2002</i>)	II-15
Gambar 2.4	Terowongan subway (<i>Paulus Rahardjo, 2002</i>)	II-18
Gambar 2.5	Metoda “heading” dan ”bench” (www.google.com)	II-31
Gambar 2.6	Metoda drift	II-31
Gambar 2.7	Metoda top drift	II-32
Gambar 2.8	Metoda Centre drift	II-32
Gambar 2.9	Metoda Bottom drift	II-33
Gambar 2.10	Metoda side drift	II-34
Gambar 2.11	<i>Earth Pressure Balance TBM</i>	II-38
Gambar 2.12	<i>Shield Tunnel</i> (www.google.com)	II-52
Gambar 2.13a	<i>Tunnel Boring Machine</i> (www.google.com)	II-53
Gambar 2.13b	<i>Tunnel Boring Machine</i> (www.google.com)	II-54
Gambar 2.14	Meshing pada plate. (<i>Sumber: A First Course in Finite Elements. Jacob Fish & Ted Belytschko</i>)	II-54
Gambar 3.1	Peta Lokasi Rencana Rute Jakarta MRT (<i>Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010</i>)	III-1
Gambar 3.2	Precast Concrete Segment Terowongan (<i>Sumber: Jakarta Metro Engineering Consultant</i>)	III -6

Gambar 3.3	Peta Lokasi Titik Pengeboran Sepanjang Jalan Sudirman – Thamrin / Borehole U – 160 (<i>Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010</i>)	III -7
Gambar 3.4	Potongan Melintang Profil Geologi Terowongan Pada Sta 12 + 860 di lokasi borehole U – 160 (<i>Sumber: Jakarta Metro Engineering Consultant</i>)	III-8
Gambar 3.5a	Boring Profil Pada Titik U – 160 Sta 12 + 900 Jakarta MRT (<i>Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010</i>)	III-9
Gambar 3.5b	Boring Profil Pada Titik U – 160 Sta 12 + 900 Jakarta MRT (<i>Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010</i>)	III-10
Gambar 3.6	Potongan Melintang Profil Lapisan Tanah Pada Sta 12 + 100 – Sta 13 + 650 Profil (<i>Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010</i>)	III-11
Gambar 3.7	Grafik Hasil Uji Triaksial CU Bor U – 160 Kedalaman 15.0 m (<i>Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010</i>)	III-14
Gambar 3.8	Grafik Hasil Uji Triaksial CU Bor U – 160 Kedalaman 3.0 m (<i>Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010</i>)	III-15
Gambar 3.9	Diagram Alir Penelitian	III-18
Gambar 3.10	Diagram Alir Pengerjaan Pada Program Plaxis	III-19

Gambar 4.1	Geometri Melintang Proyek Rencana <i>Shield Tunnel</i> dan Statigrafi Lapisan Tanahnya	IV-2
Gambar 4.2	Input General Settings	IV-3
Gambar 4.3	<i>Tunnel Designer</i>	IV-4
Gambar 4.4	<i>Distributed load system A on Surface</i>	IV-5
Gambar 4.5	Hasil penggambaran sementara geometri proyek terowongan	IV-6
Gambar 4.6	Input Sifat- sifat material dinding terowongan pada <i>plate properties</i>	IV-6
Gambar 4.7	Input Nilai Material Properties Model <i>Mohr Coulomb</i> <i>Undrained</i> Pada General	IV-8
Gambar 4.8	Input Nilai Material Properties Model <i>Mohr Coulomb</i> <i>Undrained</i> Pada Parameter	IV-8
Gambar 4.9	Input Nilai Material Properties Model <i>Mohr Coulomb</i> <i>Undrained</i> Pada <i>Interfaces</i>	IV-9
Gambar 4.10	Input Nilai Material Properties Model <i>Mohr Coulomb</i> <i>Drained</i> Pada General	IV-10
Gambar 4.11	Input Nilai Material Properties Model <i>Mohr Coulomb</i> <i>Drained</i> Pada Parameter	IV-11
Gambar 4.12	Input Nilai Material Properties Model <i>Mohr Coulomb</i> <i>Drained</i> Pada <i>Interfaces</i>	IV-11
Gambar 4.13	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Undrained</i> Pada General	IV-13

Gambar 4.14	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Undrained</i> Pada Parameter	IV-14
Gambar 4.15	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Undrained</i> Pada <i>Interfaces</i>	IV-14
Gambar 4.16	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Drained</i> Pada General	IV-16
Gambar 4.17	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Drained</i> Pada Parameter	IV-17
Gambar 4.18	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Drained</i> Pada <i>Interfaces</i>	IV-17
Gambar 4.19	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Creep Undrained</i> Pada General	IV-19
Gambar 4.20	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Creep Undrained</i> Pada Parameter	IV-20
Gambar 4.21	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Creep Undrained</i> Pada <i>Interfaces</i>	IV-20
Gambar 4.22	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Creep Drained</i> Pada General	IV-22
Gambar 4.23	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Creep Drained</i> Pada Parameter	IV-23
Gambar 4.24	Input Nilai Material Properties Model <i>Soft Soil</i> <i>Creep Drained</i> Pada <i>Interfaces</i>	IV-23
Gambar 4.25	Input Nilai Material Properties Model <i>Hardening Soil</i> <i>Drained</i> Pada General	IV-25

Gambar 4.26	Input Nilai Material Properties Model <i>Hardening Soil</i> <i>Drained</i> Pada Parameter	IV-26
Gambar 4.27	Input Nilai Material Properties Model <i>Hardening Soil</i> <i>Drained</i> Pada <i>Interfaces</i>	IV-26
Gambar 4.28	Input Nilai Material Properties Model <i>Hardening Soil</i> <i>Unrained</i> Pada General	IV-28
Gambar 4.29	Input Nilai Material Properties Model <i>Hardening Soil</i> <i>Undrained</i> Pada Parameter	IV-29
Gambar 4.30	Input Nilai Material Properties Model <i>Hardening Soil</i> <i>Unrained</i> Pada <i>Interfaces</i>	IV-29
Gambar 4.31	Hasil Penyusunan Jaring Elemen Hingga (<i>Generated Mesh</i>) pada Model Geometri	IV-31
Gambar 4.32	Letak Muka Air Tanah Pada Geometri Proyek	IV-32
Gambar 4.33	Tegangan Air Pori pada Kondisi Awal	IV-32
Gambar 4.34	Kondisi Awal Geometri Proyek	IV-32
Gambar 4.35	Prosedur Ko	IV-34
Gambar 4.36	Input Nilai OCR Pada Model <i>Soft Soil Creep</i>	IV-34
Gambar 4.37	Input Nilai OCR Pada Model <i>Hardening Soil</i>	IV-34
Gambar 4.38	Perhitungan Tegangan Vertikal Efektif Awal	IV-35
Gambar 4.39	<i>Phase 1</i> (Pengaktifan beban yang bekerja di Permukaan tanah)	IV-36
Gambar 4.40	<i>Phase 2</i> (Pengaktifan kedua dinding terowongan dan penonaktifan kedua klaster di dalam terowongan untuk simulasi penggalian tanah)	IV-37

Gambar 4.41 <i>Cluster dry</i> pada distribusi tekanan air pori klaster	IV-37
Gambar 4.42 <i>Phase 2</i> (Simulasi Proses <i>Dewatering</i> Akibat Konstruksi <i>Shied Tunnel</i>)	IV-38
Gambar 4.43 Tekanan air pori setelah proses <i>dewatering</i>	IV-38
Gambar 4.44 Input Nilai Kontraksi Sebesar 2%	IV-39
Gambar 4.45 <i>Phase 3</i> (Memodelkan Kehilangan Volume Tanah Akibat Konstruksi Terowongan)	IV-40
Gambar 4.46 Tahapan Perhitungan (<i>Calculation Phase</i>)	IV-40
Gambar 4.47 Tahapan Perhitungan Selesai (<i>Checklist</i> Pada Tiap <i>Phase</i>)	IV-41
Gambar 4.48 Penurunan (<i>Settlement</i>) Dipermukaan Tanah Pada Model Mohr Coulomb <i>Drained</i>	IV-41
Gambar 4.49 Penurunan (<i>Settlement</i>) Dipermukaan Tanah Pada Model Mohr Coulomb <i>Undrained</i>	IV-42
Gambar 4.50 Penurunan Permukaan Tanah Dalam Kondisi <i>Drained</i> Akibat Konstruksi <i>Shield Tunelling</i>	IV-43
Gambar 4.51 Penurunan Permukaan Tanah Dalam Kondisi <i>Undrained</i> Akibat Konstruksi <i>Shield Tunelling</i>	IV-43
Gambar 4.52 <i>Settlement As Effect of Shield Tunnelling on Road of Sudirman – Thamrin (Sta 12+900 at Setiabudi Cross Section)</i>	IV-48



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hubungan Antara Konsistensi Tanah dengan Tekanan Konus dan Undrained Cohesion (<i>Terzaghi et al, 1996</i>)	II-2
Tabel 2.2	Hubungan Antara N – SPT dan Properties Tanah (<i>Terzaghi et al, 1996</i>)	II-3
Tabel 2.3	Standard Pengujian Untuk Tanah Secara Umum (<i>Lazarte, 2003</i>)	II-4
Tabel 2.4	Hubungan Nilai Indeks Plastisitas dengan Jenis Tanah Menurut Atterberg (<i>Terzaghi et al, 1996</i>)	II-7
Tabel 2.5	Korelasi hasil sudut geser antara SPT dan CPT pada tanah tanpa kohesi (<i>Kulhawy and Maine, 1990</i>)	II-8
Tabel 2.6	Korelasi antara hasil SPT dan CPT dan kekuatan kondisi tak terdrainase tanah berbutir halus (<i>Sumber: Kulhawy dan Maine, 1990</i>)	II-9
Tabel 2.7	Parameter Elastis Tanah (<i>Meyerhoff, 1956</i>)	II-10
Tabel 2.8	Korelasi dengan parameter indeks dan sejarah <i>preconsolidation</i> untuk lempung. (<i>Sumber: Kulhawy dan Maine, 1990</i>)	II-10
Tabel 2.9a	Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (<i>Hary Christady, 2002</i>)	II-11
Tabel 2.9b	Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (<i>Hary Christady, 2002</i>)	II-12
Tabel 2.10	Klasifikasi Tanah untuk Terowongan (<i>Terzaghi, 1950</i>)	II-28

Tabel 3.1	Lokasi, Koordinat Titik Bor, Kuantitas Pengambilan Sampel dan Test Lapangan Proyek Jakarta MRT <i>(Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010)</i>	III-1
Tabel 3.2	Rangkuman Hasil Pengujian Laboratorium <i>(Index Properties)</i> Borehole U – 160 Pada Sta 12 + 900 <i>(Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010)</i>	III-12
Tabel 3.3	Rangkuman Hasil Pengujian Laboratorium <i>(Engineering Properties)</i> Borehole U – 160 Pada Sta 12 + 900 <i>(Sumber : MRT Jakarta Geotechnical Report, April 2010)</i>	III-13
Tabel 4.1	Input Parameter Lapisan 2 (MH 1), Lapisan 3 (MH 2) dan Lapisan 4 (ML) <i>Mohr Coulomb Undrained</i>	IV-9
Tabel 4.2	Input Parameter Lapisan 2 (MH 1), Lapisan 3 (MH 2) dan Lapisan 4 (ML) <i>Mohr Coulomb Drained</i>	IV-12
Tabel 4.3	Input Parameter Lapisan 2 (MH 1), Lapisan 3 (MH 2) dan Lapisan 4 (ML) <i>Soft Soil Undrained</i>	IV-15
Tabel 4.4	Input Parameter Lapisan 2 (MH 1), Lapisan 3 (MH 2) dan Lapisan 4 (ML) <i>Soft Soil Drained</i>	IV-18
Tabel 4.5	Input Parameter Lapisan 2 (MH 1), Lapisan 3 (MH 2) dan Lapisan 4 (ML) <i>Soft Soil Creep Undrained</i>	IV-21
Tabel 4.6	Input Parameter Lapisan 2 (MH 1), Lapisan 3 (MH 2) dan Lapisan 4 (ML) <i>Soft Soil Creep Drained</i>	IV-24
Tabel 4.7	Input Parameter Lapisan 2 (MH 1), Lapisan 3 (MH 2) dan Lapisan 4 (ML) <i>Hardening Soil Drained</i>	IV-27

Tabel 4.8	Input Parameter Lapisan 2 (MH 1), Lapisan 3 (MH 2) dan Lapisan 4 (ML) <i>Hardening Soil Undrained</i>	IV-30
Tabel 4.9	Perhitungan Nilai – Nilai OCR Dari Kedua Model Tanah	IV-33
Tabel 4.10	Penurunan Permukaan Tanah Dalam Kondisi <i>Drained</i> Akibat Konstruksi <i>Shield Tunneling</i> .	IV-42
Tabel 4.11	Penurunan Permukaan Tanah Dalam Kondisi <i>Undrained</i> Akibat Konstruksi <i>Shield Tunneling</i> .	IV-42
Tabel 4.12	Perhitungan Profil Penurunan di Potongan Melintang Jalan Sudirman – Thamrin dengan Metode Distribusi Gaussian (Sta 12 +900)	IV-47



DAFTAR NOTASI

γ_{sat}	= Kepadatan jenuh (KN/m^3)
γ_{unsat}	= Kepadatan kering (KN/m^3)
C	= Kohesi (KN/m^2)
Φ	= Sudut geser dalam ($^\circ$)
Ψ	= Sudut dilatansi ($^\circ$)
EA	= Kekakuan normal (KN/m^2)
EI	= Kekakuan lentur (KN/m^2)
ν	= Angka Poisson
d	= Tebal pelat (m)
w	= Berat material (KN)
E	= Modulus Young (KN/m^2)
C_c	= Koefisien kompresi
C_r	= Koefisien rekompresi
λ^*	= Indeks kompresi termodifikasi
k^*	= Indeks muai termodifikasi
μ^*	= Indeks rangkai termodifikasi
$E_{\text{reff } 50}$	= Modulus kekakuan pada 50% garis elastisitas uji triaksial (KN/m^2)
$E_{\text{reff ur}}$	= Modulus kekakuan pada kondisi <i>unloading-reloading</i> (KN/m^2)
E_{oed}	= Modulus kekakuan pada uji oedometer (KN/m^2)
POP	= Tegangan Prakonsolidasi (KN/m^2)
OCR	= Overconsolidation Ratio
K_o	= Koefisien tekanan lateral tanah pada saat diam

S_{max} = Penurunan maksimum pada titik pusat terowongan (m)

y = Jarak horizontal diukur dari titik pusat (m)

i = Jarak horizontal yang diukur dari titik pusat terowongan ke inflection point (m)

V_L = Kehilangan volume akibat penggalian terowongan (%)

D = diameter terowongan (m)

Z_o = Kedalaman pusat terowongan dari permukaan terowongan (m)

K = Parameter empirik untuk lempung 0.5 dan untuk pasir dan kerikil 0.35 (Mair dan Taylor, 1997)

