

DAFTAR ISI

halaman	
RINGKASAN	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB	
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	2
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Rumusan Masalah.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian	4
1.7. Diagram Alir Penelitian.....	4
II. TINJAUAN UMUM	6
2.1. Letak Kesampaian Daerah.....	6
2.2. KeadaanGeologi.....	6
2.3. Hidrologi dan Klimatologi.....	13
2.4. Penggalian.....	13
2.5. Tahapan Penggalian dan Pemasangan Penyangga	15
2.6. <i>Pressuremeter Test</i>	21
III. DASAR TEORI	22
3.1. Tanah	22
3.2. Klasifikasi Berdasarkan nilai UCS	30
3.3. Pengujian Laboratorium	31
3.4. Penetapan Penetrasi Tanah	31
3.5. Pengujian Beton Untuk Penyangga	32

3.6.	Metode Penggalian Terowongan.....	halaman
3.7.	<i>New Austrian Tunneling Method</i> (NATM)	
3.8.	Tegangan Disekitar Terowongan	37
3.9.	Deformasi Pada Kemajuan Terowongan	41
3.10	Sistem Penyangga	42
3.11	Kriteria Keruntuhan <i>Mohr-Coulomb</i>	51
3.12	Strength Factor	54
3.13	<i>Pressuremeter Test</i>	56
IV.	HASIL PENELITIAN	58
4.1.	Data
	Primer	58
4.2.	
	Penggalian	60
4.3.	Hasil
	Analisis Terowongan	62
V.	PEMBAHASAN	70
5.1.	Analisa Distribusi Tegangan Sigma 1 dan Sigma 3 pada Terowongan Dengan Penyangga dan Tanpa Penyangga.....	70
5.2.	Analisis <i>Total Displacement</i> Pada Terowongan.....	87
5.3.	Pengaruh Analisis <i>Strength Factor</i> pada Terowongan	98
VI.	KESIMPULAN DAN SARAN	105
6.1.	Kesimpulan.....	105
6.2.	Saran.....	106
	DAFTAR PUSTAKA	107
	LAMPIRAN	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Diagram Alir Penelitian	4
2.1. Peta Fisiografi.....	7
2.2. Peta Kesampaian Daerahi	8
2.3. Peta Geologi Lembar Bandung.....	9
2.4. Stratigrafi Jawa Barat.....	10
2.5. Metode NATM dengan <i>Sequence 3-Bench & 7-Step</i>	14
2.6. Diagram Alir Tahapan Sistem Penyangga	15
2.7. Sistem Penyanggaan Pada Terowongan Cisumdawu	15
2.8. Kegiatan <i>Marking</i>	16
2.9. Kegiatan Penggalian Pada <i>Face</i>	16
2.10. Kegiatan <i>Mucking</i>	17
2.11. Pemasangan H-Beam	17
2.12. Pemasangan Wiremesh	18
2.13. Kegiatan <i>Shotcrete</i>	18
2.14. <i>Forepolling Grouting</i> Pada Bagian <i>Upper</i>	19
2.15. Kegiatan <i>Invert Reinforcement</i>	19
2.16. Kegiatan Pengecoran Dinding	20
2.17. Kegiatan <i>Monitoring</i>	20
2.18. Alat <i>Pressuremeter Test</i>	21
3.1. (a) Penampang Struktur Tanah Dalam Sistem Tiga Tingkat, (b) Contoh Tanah.....	23
3.2. Poket Penetrometer.....	32
3.3. Sketsa Gambar Tipe/Bentuk Kehancuran Pada Benda Uji	33
3.4. Alat Mekanis Backhoe	33

3.5.	Penyanggaan Efektif Apabila Diaplikasikan Secara Menyeluruh...	35
3.6.	Penyanggaan Harus Terdiri Dari Lapisan Tipis Yang Fleksibel.....	36
3.7.	Penyangga Harus Disukung Dengan Penggunaan <i>Wire Meshes</i> , <i>Steel Arches</i> Dan <i>Anchor</i>	37
3.8.	Ilustrasi Tegangan Utama yang Terinduksi Pada Elemen Batuan....	39
3.9.	(a) Kondisi Tegangan Pada Kondisi Awal (b) Kondisi Akibat Transfer Tegangan.....	39
3.10.	Teori redistribusi tegangan sekitar lubang bukaan	40
3.11.	Sayatan vertikal model <i>finite element</i> terhadap keruntuhan dan deformasi batuan disekitar kemajuan terowongan	41
3.12.	Pola deformasi pada massa batuan disekitar kemajuan terowongan	42
3.13.	Prinsip Penyanggaan	42
3.14.	<i>Toussaint-Heintz-mann yielding arch</i> : (a) <i>cross section</i> ; (b) <i>clamp joint</i> ; (c) <i>alternative joint</i> ; (d) <i>arch configuration before and after yielding</i> ; (e) <i>idealised load-radial displacement response</i>	44
3.15.	<i>Steel Fibres and Steel Fibre Reinforcement Shotcrete</i> (SFRS)	44
3.16.	Perbedaan antara penerapan aplikasi <i>shotcrete</i> dengan (a) <i>wire mesh</i> dan (b) <i>steel fiber</i>	45
3.17.	Jenis <i>steel fiber</i> yang digunakan pada <i>shotcrete</i>	46
3.18.	Susunan <i>spilling dowel</i> pada kemajuan <i>face</i> terowongan.....	47
3.19.	Stabilisasi zona terganggu pada kondisi tanah <i>squeezing</i>	47
3.20.	Pembebanan pada lapisan terowongan pada <i>compensation grouting</i>	48
3.21.	Skema <i>forepoling</i>	48
3.22.	<i>Perforex Forepoling</i>	50
3.23.	Ilustrasi <i>improvement layer</i> yang diperoleh dari IC-Consulente .	50
3.24.	Kurva Mohr-Coulomb	52
3.25.	Penentuan Faktor Keamanan	52
3.26.	<i>Strength Factor</i>	54
3.27.	Penentuan nilai <i>strength factor</i> yang dianggap aman	54
3.28.	Ilustrasi Tegangan Tiga Dimensi dalam bentuk Kubus.....	57
3.29.	Prinsip dasar dalam penggunaan <i>pressuremeter</i>	57
4.1.	Diagram lingkaran hasil kuat tekan pocket penetrometer dengan	

jumlah data 180	59
4.2. Diagram lingkaran hasil kuat tekan pocket penetrometer dengan Jumlah data 540	59
4.3. <i>3 Bench & 7 Step</i>	59
4.4. Urutan Penggalian Terowongan Cisumdawu	61
4.5. Prospektif <i>Longitudinal</i> Penggalian Terowongan Cisumdawu.....	62
4.6. Tahapan Pemodelan Terowongan Pada Program RS 2 2019	63
4.7. Geometri Terowongan Kanan Cisumdawu Secara <i>Longitudinal Section</i>	64
4.8. Permodelan Numerik Terowongann Kanan Cisumdawu Secara <i>Longitudinal Section</i>	66
4.9. <i>Improvement Layer</i> Untuk Terowongan Cisumdawu.....	67
4.10. Hasil Permodelan Numerik Untuk Total <i>Diplasement</i>	68
4.11. Hasil Permodelan Numerik Untuk <i>Strenght Factor</i>	69
5.1. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 1 Pada Jarak Penggalian 3 M.....	71
5.2. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 1 Pada Jarak Penggalian 6 M.....	72
5.3. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 1 Pada Jarak Penggalian 9 M.....	73
5.4. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 1 Pada Jarak Penggalian 12 M.....	74
5.5. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 1 Jarak Penggalian 15 M.....	75
5.6. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 1 Jarak Penggalian 18 M.....	76
5.7. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 1 Jarak Penggalian 21 M.....	77
5.8. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 1 Jarak Penggalian 24 M.....	78
5.9. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 3 Jarak Penggalian 3 M.....	79
5.10. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 3 Jarak Penggalian 6 M.....	80
5.11. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 3 Jarak Penggalian 9 M.....	81

5.12. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 3 Jarak Penggalian 12 M.....	82
5.13. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 3 Jarak Penggalian 15 M.....	83
5.14. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 3 Jarak Penggalian 18 M.....	84
5.15. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 3 Jarak Penggalian 21 M.....	85
5.16. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap Sigma 3 Jarak Penggalian 24 M.....	86
5.17. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Total Displacement</i> Pada Jarak Penggalian 3 M Tanpa Penyangga Dan Dengan Penyangga.....	88
5.18. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Total Displacement</i> Pada Jarak Penggalian 6 M Tanpa Penyangga Dan Dengan Penyangga.....	89
5.19. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Total Displacement</i> Pada Jarak Penggalian 9 M Tanpa Penyangga Dan Dengan Penyangga.....	90
5.20. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Total Displacement</i> Pada Jarak Penggalian 12 M Tanpa Penyangga Dan Dengan Penyangga.....	91
5.21. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Total Displacement</i> Pada Jarak Penggalian 15 M Tanpa Penyangga Dan Dengan Penyangga.....	92
5.22. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Total Displacement</i> Pada Jarak Penggalian 18 M Tanpa Penyangga Dan Dengan Penyangga.....	93
5.23. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Total Displacement</i> Pada Jarak Penggalian 21 M Tanpa Penyangga Dan Dengan Penyangga.....	94
5.24. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Total Displacement</i> Pada Jarak Penggalian 24 M Tanpa Penyangga Dan Dengan Penyangga.....	95
5.25. Grafik Hubungan Kemajuan Penggalian Terowongan Dengan <i>Total</i> <i>Displacement</i> Pada Kondisi Diberi Penyangga.....	96
5.26. Grafik Hubungan Kemajuan Penggalian Terowongan Dengan <i>Total</i> <i>Displacement</i> Pada Kondisi Tanpa Penyangga.....	97
5.27. Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Strength Factor</i> Pada Jarak Penggalian 3 M.....	98

5.28	Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Strength Factor</i> Pada Jarak Penggalian 6 M.....	99
5.29	Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Strength Factor</i> Pada Jarak Penggalian 9 M.....	100
5.30	Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Strength Factor</i> Pada Jarak Penggalian 12 M.....	101
5.31	Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Strength Factor</i> Pada Jarak Penggalian 15 M.....	102
5.32	Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Strength Factor</i> Pada Jarak Penggalian 18 M.....	103
5.33	Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Strength Factor</i> Pada Jarak Penggalian 21 M.....	104
5.34	Hubungan Jarak Dari Muka Penggalian Terhadap <i>Strength Factor</i> Pada Jarak Penggalian 24 M.....	105
5.35	Hasil Analisis <i>Strenght Factor</i> Pada Lingkaran <i>Mohr</i>	106

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Ukuran butir	24
3.2. Istilah-istilah yang digunakan dalam mekanika tanah	25
3.3. Deskripsi kualitas tanah berbutir	29
3.4. Angka pori, kadar air dan berat isi tanah kering	29
3.5. Estimasi kuat tekan uniaksial batuan di lapangan	30
3.6. Evaluasi dari kategori butiran tanah halus	31
4.1. Nilai input properties material tanah	65
4.2. Input permodelan numerik	66
4.3. Nilai input properties sistem penyangga	66
4.5. Nilai input <i>improvement layer</i> untuk <i>forepolling grouting</i>	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A PETA GEOLOGI LEMBAR BANDUNG.....	111
B DATA CURAH HUJAN.....	113
C GEOMETRI TEROWONGAN CISUMDAWU.....	114
D PETA TOPOGRAFI.....	115
E HASIL <i>BOR LOG</i> PADA TEROWONGAN CISUMDAWU.....	117
F HASIL PENGUJIAN TRIAXIAL TANAH.....	130
G HASIL PENGUJIAN PENYANGGA <i>SHOTCRETE</i>	136
H HASIL PENGUJIAN GROUT.....	142
I HASIL PENGUJIAN <i>WIRE MESH</i>	147
J HASIL PENGUJIAN PENYANGGA <i>H-BEAM</i>	148
K HASIL PENGUKURAN <i>PRESSUREMETER TEST</i>	149
L MONITORING TEROWONGAN.....	159