

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Batasan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Keaslian Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Propertis Material.....	5
2.1.1 Tanah .....	5
2.1.2 Batuan .....	8
2.2 Gerakan Tanah .....	10
2.3 Faktor Penyebab Gerakan Tanah .....	12
2.3.1 Kuat Geser Tanah .....	12
2.3.2 Kemiringan Permukaan Lereng.....	13
2.3.3 Tekanan Air Pori .....	13
2.3.4 Kondisi Pembebanan .....	14
2.3.5 Kondisi Geologi Lereng .....	17
2.4 Analisis Stabilitas Lereng .....	17
2.4.1 Metode Keseimbangan Batas .....	17
2.4.2 <i>Software</i> GeoStudio.....	18
2.4.3 Model Material .....	18
2.5 Faktor Keamanan Lereng.....	19
BAB 3 LANDASAN TEORI.....	20
3.1 Metode Resistivitas Konfigurasi Schlumberger .....	20
3.1.1 Hukum Ohm dan Resistivitas .....	20
3.1.2 Faktor Geometri Konfigurasi Schlumberger .....	21
3.2 Stratigrafi Terukur ( <i>Jacob's staff method</i> ).....	22
3.3 Model <i>Elasto Plastic</i> (Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb).....	24
3.4 Kriteria keruntuhan Hoek-Brown (Edisi 2002) .....	26
3.5 Analisis Stabilitas Lereng dengan <i>Limit Equilibrium Method</i> .....	31
3.3.1 Metode Fellenius .....	31

3.3.2	Metode Bishop.....	32
3.3.3	Metode Janbu.....	33
3.3.4	Metode Morgenstern-Price .....	34
<b>BAB 4</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>36</b>
4.1	Lokasi Penelitian.....	36
4.2	Peralatan Penelitian.....	36
4.3	Bahan Penelitian .....	39
4.4	Pelaksanaan Penelitian.....	39
4.4.1	Studi Literatur .....	41
4.4.2	Investigasi Lapangan .....	41
4.4.3	Pengumpulan Data.....	43
4.4.4	Analisis Data dan Pemodelan Numeris .....	43
4.4.5	Validasi .....	44
4.4.6	Simulasi Model Rekomendasi Penanganan.....	44
<b>BAB 5</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
5.1	Analisis Data Sekunder.....	46
5.2	Hasil Pengujian Tanah dan Batuan .....	48
5.3	Hasil Penyelidikan Topografi .....	49
5.4	Hasil Penyelidikan Struktur dan Profil Lapisan Lereng .....	51
5.4.1	Analisis Pengujian Geolistrik .....	51
5.4.2	Analisis Penyelidikan <i>Measured Stratigraphic</i> .....	60
5.4.3	Rangkuman Analisis.....	61
5.5	Pemodelan Stabilitas Lereng.....	63
5.5.1	Asumsi Model.....	63
5.5.2	Pemodelan Geometri .....	64
5.5.3	<i>Input</i> Parameter.....	67
5.5.4	Analisis Faktor Aman .....	70
5.5.5	Pembahasan Hasil Perhitungan .....	86
5.6	Pembahasan Hasil Penelitian .....	87
5.6.1	Rekomendasi Penanganan .....	88
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>90</b>
6.1	Kesimpulan .....	90
6.2	Saran .....	90
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>92</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>95</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi gerakan tanah (a) rayapan ( <i>creep</i> ), (b) gelinciran ( <i>slide</i> ), (c) sebaran ( <i>spread</i> ), (d) aliran ( <i>flow</i> ), (e) runtuhan ( <i>fall</i> )..	11
Gambar 2.2	Peta Zonasi Gempa di Indonesia (SNI 1726:2012).....	16
Gambar 3.1	Pengukuran beda potensial $v$ dengan dua elektroda arus A dan B dan dua elektroda potensial M dan N .....	20
Gambar 3.2	Pengukuran ketebalan lapisan pada permukaan tanah datar .....	22
Gambar 3.3	Perilaku pada tanah <i>elasto-plastic</i> .....	24
Gambar 3.4	<i>Flow Rule</i> menentukan arah <i>non-assosiatif</i> dari regangan plastis ..	25
Gambar 3.5	Sistem <i>Geological Strength Index</i> untuk batuan .....	27
Gambar 3.6	Faktor kerusakan batuan oleh Hoek-Brown (Hoek, 2002) .....	28
Gambar 3.7	Hubungan antara Hoek-Brown dan Mohr-Coulomb.....	29
Gambar 3.8	Gaya yang bekerja tiap irisan metode <i>limit equilibrium</i> .....	31
Gambar 4.1	Peta lokasi penelitian.....	36
Gambar 4.2	Satu set alat geolistrik OYO Mc Ohm Mark II.....	37
Gambar 4.3	Alat uji geser langsung .....	38
Gambar 4.4	Alat bantu pengujian: timbangan dan cawan .....	39
Gambar 4.5	Bagan alir pelaksanaan penelitian .....	41
Gambar 4.6	Peta titik investigasi lapangan .....	42
Gambar 5.1	Hasil pengeboran di pelataran parkir lereng sebelah utara .....	47
Gambar 5.2	Peta topografi lokasi penelitian dengan titik pengujian Geolistrik .	50
Gambar 5.3	Geometri lereng potongan A-A.....	50
Gambar 5.4	Hasil resistivitas pengujian titik GL 3.....	53
Gambar 5.5	Hasil resistivitas pengujian titik GL 2.....	56
Gambar 5.6	Hasil resistivitas pengujian Geolistrik titik satu.....	58
Gambar 5.7	Potongan B-B dan lapisan lereng penyusun menurut pengujian Geolistrik .....	59
Gambar 5.8	Kolom stratigrafi kompleks Istana Ratu Boko .....	60
Gambar 5.9	Geometri dan lapisan lereng keseluruhan .....	62
Gambar 5.10	Bentuk geometri dan lapisan penyusun lereng potongan A-A.....	65
Gambar 5.12	Bidang gelincir kritis dan angka aman kondisi eksisting untuk lereng keseluruhan .....	70
Gambar 5.13	Bidang gelincir dan angka aman kondisi eksisting untuk lereng bagian atas .....	71
Gambar 5.14	Bidang gelincir dan angka aman kondisi eksisting untuk lereng bagian tengah .....	72
Gambar 5.15	Bidang gelincir dan angka aman kondisi eksisting untuk lereng bagian bawah .....	73
Gambar 5.16	Bidang gelincir kritis dan angka aman dengan beban dinamis untuk lereng keseluruhan .....	74
Gambar 5.17	Bidang gelincir dengan beban dinamis untuk lereng bagian atas ...	75
Gambar 5.18	Bidang gelincir dengan beban dinamis untuk lereng bagian tengah.....	75
Gambar 5.19	Bidang gelincir dan angka aman dengan beban dinamis untuk lereng bagian bawah .....	76

Gambar 5.20 Bidang gelincir kritis dengan penambahan beban statis lereng keseluruhan.....	77
Gambar 5.21 Bidang gelincir kritis dengan perubahan kadar air.....	78
Gambar 5.22 Bidang gelincir dan angka aman kondisi dengan perubahan kadar air untuk lereng bagian atas .....	79
Gambar 5.23 Bidang gelincir dan angka aman kondisi dengan perubahan kadar air untuk lereng bagian tengah.....	80
Gambar 5.24 Bidang gelincir dan angka aman kondisi dengan perubahan kadar air untuk lereng bagian bawah.....	81
Gambar 5.25 Bidang gelincir kritis dan angka aman dengan kondisi penambahan beban serta perubahan kadar air untuk lereng keseluruhan.....	82
Gambar 5.26 Bidang gelincir dan angka aman dengan kondisi penambahan beban serta perubahan kadar air untuk lereng bagian atas .....	83
Gambar 5.27 Bidang gelincir dan angka aman kondisi penambahan serta perubahan kadar air untuk lereng bagian tengah .....	84
Gambar 5.28 Bidang gelincir dan angka aman dengan kondisi penambahan beban serta perubahan kadar air untuk lereng bagian bawah .....	85
Gambar 5.29 Rekomendasi penanganan .....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi tanah sistem <i>unified</i> (Hardiyatmo, 2010).....	6
Tabel 2.2	Korelasi nilai N-SPT (Bowles, 1997) .....	8
Tabel 2.3	Hasil pengujian nilai propertis batuan di Piyungan, D.I. Yogyakarta (Cahyono, 2006) .....	9
Tabel 2.4	Tipikal kuat geser dari <i>intact rock</i> (Look, 2007) .....	10
Tabel 2.5	Kriteria Faktor Aman Hoek (Hoek, 2002) .....	19
Tabel 2.6	Kriteria Faktor Aman Bowles (Bowles, 1997) .....	19
Tabel 5.1	Data sekunder nilai propertis tanah dan batuan .....	46
Tabel 5.2	Data sekunder nilai propertis tanah dan batuan hasil korelasi dengan Look (2007).....	48
Tabel 5.3	Rangkuman data hasil pengujian laboratorium uji <i>hand boring</i> .....	49
Tabel 5.4	Data koordinat GPS titik pengujian Geolistrik .....	49
Tabel 5.5	Hasil pengujian titik GL 3.....	52
Tabel 5.6	Korelasi jenis material data pengeboran dengan nilai resistivitas titik Geolistrik 3.....	53
Tabel 5.7	Hasil pengujian titik GL 2.....	55
Tabel 5.8	Jenis dan kedalaman lapisan menurut nilai resistivitas pada titik Geolistrik 2 .....	56
Tabel 5.9	Hasil pengujian titik GL 1.....	57
Tabel 5.10	Jenis dan kedalaman lapisan menurut nilai resistivitas pada titik Geolistrik 1 .....	58
Tabel 5.11	Jenis dan kedalaman lapisan pada potongan B-B menurut pengujian Geolistrik .....	59
Tabel 5.12	Jenis dan kedalaman lapisan pada potongan B-B menurut penyelidikan <i>Measured Stratigraphic</i> .....	61
Tabel 5.13	Jenis material dan kedalaman lapisan pada potongan B-B keseluruhan.....	62
Tabel 5.14	Data <i>input</i> parameter tanah dan batuan.....	69
Tabel 5.15	Faktor aman kondisi eksisting untuk lereng keseluruhan .....	71
Tabel 5.16	Faktor aman kondisi eksisting untuk lereng bagian atas.....	72
Tabel 5.17	Faktor aman kondisi eksisting untuk lereng bagian tengah .....	72
Tabel 5.18	Faktor aman kondisi eksisting untuk lereng bagian bawah .....	73
Tabel 5.19	Faktor aman dengan beban dinamis untuk lereng keseluruhan .....	74
Tabel 5.20	Faktor aman kondisi eksisting untuk lereng bagian atas.....	75
Tabel 5.21	Faktor aman dengan beban dinamis untuk lereng bagian tengah .....	76
Tabel 5.22	Faktor aman dengan beban dinamis untuk lereng bagian bawah.....	76
Tabel 5.23	Faktor aman dengan perubahan kadar air untuk lereng keseluruhan .	79
Tabel 5.24	Faktor aman dengan perubahan kadar air untuk lereng bagian atas ..	80
Tabel 5.25	Faktor aman dengan perubahan kadar air untuk lereng bagian tengah.....	80
Tabel 5.26	Faktor aman dengan perubahan kadar air untuk lereng bagian bawah.....	81
Tabel 5.27	Faktor aman dengan kondisi penambahan beban serta perubahan kadar air untuk lereng keseluruhan.....	82

Tabel 5.28	Faktor aman dengan kondisi penambahan beban serta perubahan kadar air untuk lereng bagian atas .....	83
Tabel 5.29	Faktor aman dengan kondisi penambahan beban serta perubahan kadar air untuk lereng bagian tengah.....	84
Tabel 5.30	Faktor aman dengan kondisi penambahan beban statis dan dinamis serta perubahan kadar air untuk lereng bagian bawah.....	85
Tabel 5.31	Rangkuman hasil pemodelan dengan <i>GeoStudio 2004 Slope/W Analysis</i> .....	86
Tabel 5.32	Geometri tebing dari <i>soil removal works</i> .....	88

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	Kuat Geser Tanah .....	12
Persamaan 2.2	Tekanan Air Pori.....	13
Persamaan 3.1	Beda Potensial (Hukum Ohm).....	20
Persamaan 3.2	Beda potensial yang terukur pada kedua titik MN .....	21
Persamaan 3.3	Faktor Geometri .....	22
Persamaan 3.4	Pengukuran ketebalan lapisan.....	23
Persamaan 3.5	Regangan Total Model Elasto Plastic Mohr-Coulomb) .....	24
Persamaan 3.6	Regangan elastis .....	24
Persamaan 3.7	Deformasi plastis .....	25
Persamaan 3.8	Magnitude regangan plastis .....	25
Persamaan 3.9	Titik leleh kriteria Mohr-Coulomb model elasto-plastic .....	25
Persamaan 3.10	Sudut dilantasi ( $\psi$ ) kriteria Mohr-Coulomb.....	26
Persamaan 3.11	Tegangan efektif maksimum kriteria Hoek dan Brown.....	26
Persamaan 3.12	Konstanta m Hoek-Brown untuk masa batuan .....	27
Persamaan 3.13	Konstanta s Hoek-Brown untuk batuan .....	27
Persamaan 3.14	Konstanta a Hoek-Brown untuk batuan.....	27
Persamaan 3.15	Tegangan normal oleh Balmer.....	29
Persamaan 3.16	Tegangan geser oleh Balmer.....	29
Persamaan 3.17	Perbandingan tegangan efektif maksimum dan minimum .....	29
Persamaan 3.18	Sudut gesek internal kriteria Mohr-Coulomb .....	30
Persamaan 3.19	Kohesi kriteria Mohr-Coulomb .....	30
Persamaan 3.20	Tegangan normal minimum.....	30
Persamaan 3.21	Nilai maksimum tegangan efektif minimum terowongan .....	30
Persamaan 3.22	Nilai maksimum tegangan efektif minimum lereng .....	30
Persamaan 3.23	Kekuatan masa batuan global .....	30
Persamaan 3.24	Tegangan geser kriteria Mohr-Coulomb.....	30
Persamaan 3.25	Tegangan efektif maksimum kriteria Mohr-Coulomb.....	30
Persamaan 3.26	Perhitungan gaya dalam.....	32
Persamaan 3.27	Perhitungan faktor aman metode Fellenius .....	32
Persamaan 3.28	Perhitungan faktor aman metode Bishop.....	33
Persamaan 3.29	Perhitungan faktor aman metode Janbu.....	34
Persamaan 3.30	Perhitungan faktor aman metode Janbu disederhanakan .....	34
Persamaan 3.31	Gaya antar irisan tanah/batu .....	35
Persamaan 3.32	Iterasi kedua untuk perhitungan gaya antar irisan tanah/batu.....	35
Persamaan 3.33	Perhitungan faktor aman metode Morgenstern-Price .....	35
Persamaan 3.34	Pengecekan nilai SF Morgenstern-Price.....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemodelan Struktur Bangunan dengan SAP2000 .....	95
Lampiran 2 Titik Pengeboran <i>Core Drilling</i> .....	96
Lampiran 3 Tampak Tiga Dimensi Lereng Lokasi Penelitian .....	97
Lampiran 4 Peta Geologi .....	98
Lampiran 5 Referensi kolom stratigrafi Formasi Semilir .....	99
Lampiran 6 Analisis manual dengan metode <i>Limit Equilibrium</i> .....	100
Lampiran 7 Foto pengujian .....	108