

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	1
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Bendungan ( <i>Dam</i> ).....	4
2.2 Data Proyek.....	5
2.2.1 Data Umum.....	5
2.2.2 Data Teknis.....	6
2.3 Pekerjaan Pondasi.....	8
2.3.1 Umum.....	8
2.3.2 Tahapan Pekerjaan Pondasi.....	8

2.3.3 Pekerjaan <i>Grouting</i> .....	11
2.4 Pekerjaan Penimbunan Tubuh Bendungan.....	12
2.4.1 Pekerjaan <i>Core Zone</i> (Zona 1).....	12
2.4.2 Pekerjaan Filter 2A dan 2B.....	18
2.4.3 Pekerjaan Filter 3A dan 3B.....	21
2.4.4 Pekerjaan Rip-rap.....	24
2.5 Kategori Pondasi Bendungan.....	25
2.6 Pondasi Bendungan Jatigede.....	26
2.6.1 Permeabilitas Pondasi Bendungan Jatigede.....	26
2.6.2 Permeabilitas Pondasi Hulu dan Hilir Bendungan Jatigede...	27
2.7 <i>Grouting</i> Pondasi.....	27
2.7.1 <i>Grouting</i> dan Drainase Galeri.....	27
2.7.2 Jenis <i>Grouting</i> Pada Bendungan.....	28
2.7.3 Uji Nilai Lugeon dan Permeabilitas.....	30
2.8 Rembesan Pada Pondasi.....	32
2.9 Mencari Rumus Koefisien Nilai Lugeon.....	35
2.10 Evaluasi Efektifitas Pekerjaan <i>Grouting</i> .....	37
2.11 Efisiensi <i>Grout</i> Tirai.....	38
2.12 Faktor Gempa.....	39
2.12.1 Peta-peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Risiko.....	39
2.13 Stabilitas Tubuh Bendungan Urugan.....	44
2.14 Kriteria Faktor Keamanan Minimum.....	49
2.15 <i>Piping</i> Dalam Tanah Karena Aliran Sekitar Turap.....	52
2.16 Program Plaxis 8.2 dan SEEP/W (Geostudio 2004).....	55

2.16.1	Parameter Program Plaxis 8.2.....	56
2.16.2	Parameter Program SEEP/W.....	60
2.17	Distribusi Beban dan Waktu Penurunan Bendungan.....	61
<b>BAB II</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>62</b>
3.1	Lokasi Penelitian.....	62
3.2	Desain Penelitian.....	63
3.3	Identifikasi Variabel.....	66
3.4	Studi Literatur.....	66
3.5	Pengumpulan Data.....	66
3.6	Analisis Data.....	67
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>70</b>
4.1	Pondasi Bendungan Jatigede.....	70
4.2	Bilai Lugeon (Lu) dan Nilai Permeabilitas (k).....	70
4.3	Material Tubuh Bendungan Jatigede.....	79
4.4	Data Bor Pondasi Bendungan Jatigede.....	80
4.5	Pemodelan Pada Program Plaxis 8.2.....	87
4.6	Pemodelan Pada Program SEEP/W.....	109
4.7	Kemungkinan Bahaya <i>Piping</i> .....	120
4.8	Pembahasan Hasil Penelitian.....	123
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>131</b>
5.1	Kesimpulan.....	131
5.2	Saran.....	133
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>134</b>

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hubungan Nilai Lugeon dan Keperluan Grouting.....	30
Tabel 2.2	Faktor Pembagi Berdasarkan Diameter Lubang Dengan Panjang Lubang Uji 2 m.....	36
Tabel 2.3	Faktor Pembagi Berdasarkan Diameter Lubang Dengan Panjang Lubang Uji 3 m.....	36
Tabel 2.4	Faktor Pembagi Berdasarkan Diameter Lubang Dengan Panjang Lubang Uji 5 m.....	36
Tabel 2.5	Efektifitas <i>Grouting</i> dan Pengaruhnya.....	38
Tabel 2.6	Koefisien Situs $F_{PGA}$ .....	43
Tabel 2.7	Persyaratan Faktor Keamanan Minimum Untuk Stabilitas Bendungan Tipe Urugan.....	51
Tabel 2.8	<i>Typical Potential Self Weight Settlement</i> (Goodger and Leach, 1990).....	52
Tabel 2.9	Harga-harga koefisien $C_B$ dan keamanan gradien hidrolis.....	54
Tabel 2.10	Harga-harga koefisien $C_L$ dan keamanan gradien hidrolis.....	55
Tabel 2.11	Modulus Elastisitas.....	57
Tabel 2.12	<i>Poisson Ratio</i> Untuk Berbagai Jenis Tanah.....	57
Tabel 2.13	Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Berat Isi, Sudut Geser Dalam, dan Kepadatan Relatif Pada Tanah non-Kohesif.....	59
Tabel 2.14	Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Berat Isi, <i>Unconfined Compressive Strength</i> (UCS), dan Kepadatan Relatif Pada Tanah Kohesif.....	59

Tabel 2.15 <i>Estimated Physico-mechanical Property of Each</i>	
<i>Rock Class</i> .....	60
Tabel 4.1 Faktor Pembagi Berdasarkan Diameter Lubang Dengan	
Panjang Lubang Uji 2,00 m.....	70
Tabel 4.2 Jumlah Lubang Pekerjaan <i>Grouting</i> Pada Tiap Blok.....	71
Tabel 4.3 Perhitungan Koefisien Permeabilitas tahap <i>Pilot Hole</i> .....	72
Tabel 4.4 Hubungan Nilai Lugeon dan Keperluan <i>Grouting</i> .....	76
Tabel 4.5 Nilai Lugeon (Lu) rata-rata dan Nilai permeabilitas (k)	
rata-rata.....	78
Tabel 4.6 Nilai Lugeon Tiap Tahapan Terhadap Rentang Nilai	
Lugeon(Lu) Keperluan <i>Grouting</i> .....	79
Tabel 4.7 Standar Desain Material Tubuh Bendungan Jatigede.....	80
Tabel 4.8 Standar Desain Keat Geser Material Tubuh Bendungan	
Jatigede.....	80
Tabel 4.9 Material Tubuh Bendungan ( <i>General set</i> ) Untuk <i>Input</i>	
Program Plaxis 8.2.....	83
Tabel 4.10 Material Tubuh Bendungan ( <i>Parrameters set</i> ) Untuk <i>Input</i>	
Program Plaxis 8.2.....	83
Tabel 4.11 Stratifikasi dan Parameter Batuan BOR NO: RB.01.....	84
Tabel 4.12 Stratifikasi dan Parameter Batuan BOR NO: RB.02.....	84
Tabel 4.13 Stratifikasi dan Parameter Batuan BOR NO: RB.03.....	85
Tabel 4.14 Material Pondasi Bendungan ( <i>General set</i> ) Untuk <i>Input</i>	
Program Plaxis 8.2.....	86
Tabel 4.15 Material Pondasi Bendungan ( <i>Parameters set</i> ) Untuk <i>Input</i>	

Program Plaxis 8.2.....	86
Tabel 4.16 Nilai Deformasi Tiap Tahapan Penimbunan.....	105
Tabel 4.17 Nilai Deformasi Tiap Kondisi Muka Air Waduk.....	106
Tabel 4.18 Faktor Keamanan Analisa Program Plaxis 8.2.....	108
Tabel 4.19 Rembesan Tubuh dan Pondasi Sesuai Tahapan Pekerjaan <i>Grouting</i> Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2.....	109
Tabel 4.20 Material Tubuh Bendungan Untuk <i>Input</i> Program SEEP/W.....	111
Tabel 4.21 Material Pondasi Bendungan Untuk <i>Input</i> Program SEEP/W.....	111
Tabel 4.22 Rembesan Tubuh dan Pondasi Sesuai Tahapan Pekerjaan <i>Grouting</i> Dengan Menggunakan Program SEEP/W.....	118
Tabel 4.23 Nilai Deformasi Tiap Tahapan Penimbunan.....	123
Tabel 4.24 Nilai Deformasi Tiap Kondisi (MAW) Muka Air Waduk.....	124
Tabel 4.25 Syarat Ijin Penurunan Bendungan Jatigede.....	124
Tabel 4.26 Faktor Keamanan Analisa Program Plaxis 8.2.....	125
Tabel 4.27 Rembesan Tubuh dan Pondasi Sesuai Tahapan Pekerjaan <i>Grouting</i> Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2.....	126
Tabel 4.28 Rembesan Tubuh dan Pondasi Sesuai Tahapan Pekerjaan <i>Grouting</i> Dengan Menggunakan Program SEEP/W.....	126
Tabel 4.29 Syarat Aman Rembesan Tubuh dan Pondasi Bendungan.....	127
Tabel 4.30 Efektifitas Pekerjaan <i>Grouting</i> dan Pengaruhnya.....	127
Tabel 4.31 Efektifitas Terhadap Kemampuan Mengurangi Debit Rembesan Akibat <i>Grouting</i> .....	128

Tabel 4.32 Efektifitas Terhadap Kemampuan Mengurangi Debit	
Rembesan Akibat <i>Grouting</i> .....	128
Tabel 4.33 Perhitungan Penurunan (meter) vs Waktu (bulan).....	130
Tabel 5.1 Faktor Keamanan Analisa Program Plaxis 8.2.....	131

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Lokasi Bendungan Jatigede.....	5
Gambar 2.2	Potongan bendungan pada Sta 1+100.....	12
Gambar 2.3	Diagram Alir Prosedur Pekerjaan <i>Slurry Clay</i> .....	14
Gambar 2.4	Diagram Alir Prosedur Pekerjaan <i>Contact Clay</i> .....	15
Gambar 2.5	Diagram Alir Prosedur Pekerjaan Penimbunan <i>Core Zone</i> .....	17
Gambar 2.6	Diagram Alir Prosedur Pekerjaan Penimbunan Material filter 2A dan 2B.....	19
Gambar 2.7	Diagram Alir Alur proses di <i>Crusher 1</i> .....	20
Gambar 2.8	Diagram Alir Prosedur Pekerjaan Penimbunan Material filter 3A dan 3B.....	23
Gambar 2.9	$S_s$ , Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko- Tertarget( $MCE_R$ ), Kelas Situs <i>SB</i> .....	41
Gambar 2.10	$S_1$ , Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko- Tertarget( $MCE_R$ ), Kelas Situs <i>SB</i> .....	41
Gambar 2.11	PGA, Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Rata-rata Geometrik ( $MCE_G$ ), Kelas Situs <i>SB</i> .....	42
Gambar 2.12	$CR_s$ , Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respons Spektral 0,2 Detik.....	42
Gambar 2.13	$CR_1$ , Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respons Spektral 1 Detik.....	43
Gambar 2.14	Keruntuhan Akibat <i>Piping</i> Pada Sederet Turap.....	53



Gambar 2.15	<i>Approximation Correlations Between Undrained Shear Strength and Standard Penetration Test N-Values</i> (After Terzaghi and Peck, 1967 and Sower, 1979).....	58
Gambar 2.16	Hubungan antara $N_{cor}$ dengan $\phi$ (phi) oleh Hanaka & Uchida, 1996.....	59
Gambar 2.17	Faktor Pengaruh Fungsi $r/z$ .....	61
Gambar 3.1	Peta Lokasi Bendungan Jatigede.....	62
Gambar 3.2	Alur Rencana Penelitian.....	63
Gambar 3.3	Diagram Alir Program Plaxis 8.2.....	64
Gambar 3.4	Diagram Alir Program SEEP/W.....	65
Gambar 4.1	Lokasi Pekerjaan <i>Grouting Block</i> GL-24.....	71
Gambar 4.2	Nilai Lugeon (Lu) <i>Pilot Hole</i> vs Kedalaman (m).....	73
Gambar 4.3	Nilai Lugeon (Lu) <i>Primary Hole</i> vs Kedalaman (m).....	73
Gambar 4.4	Nilai Lugeon (Lu) <i>Secondary Hole</i> vs Kedalaman (m).....	74
Gambar 4.5	Nilai Lugeon (Lu) <i>Tertiary Hole</i> vs Kedalaman (m).....	74
Gambar 4.6	Nilai Lugeon (Lu) <i>Quarternary Hole</i> vs Kedalaman (m).....	75
Gambar 4.7	Nilai Lugeon (Lu) <i>Check Hole</i> vs Kedalaman (m).....	75
Gambar 4.8	Nilai Lugeon (Lu) Gabungan vs Kedalaman (m).....	77
Gambar 4.9	Kotak Dialog <i>Create/Open project</i> .....	87
Gambar 4.10	PGA, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Rata-rata Geometrik ( $MCE_G$ ), Kelas Situs SB.....	88
Gambar 4.11	Akselerasi Percepatan Gempa Wilayah Sumedang, Jawa Barat, Indonesia.....	88
Gambar 4.12	Lembar <i>Tab General Setting</i> .....	89

Gambar 4.13	Lembar <i>Tab Dimensions</i> Pada Kotak Dialog	
	<i>General Setting</i> .....	89
Gambar 4.14	Geometri Bendungan Jatigede.....	90
Gambar 4.15	Kotak Dialog <i>Material Set</i> .....	90
Gambar 4.16	Lembar <i>Tab General</i> Pada Kotak Dialog	
	<i>Material Set Core Zone 1</i> .....	91
Gambar 4.17	Lembar <i>Tab Parameters</i> Pada Kotak Dialog	
	<i>Material Set Core Zone 1</i> .....	91
Gambar 4.18	Lembar <i>Tab Interfaces</i> Pada Kotak Dialog	
	<i>Material Set Core Zone 1</i> .....	92
Gambar 4.19	<i>Soil &amp; Interfaces</i> Pada Kotak Dialog	
	<i>Material Set</i> .....	93
Gambar 4.20	<i>Dragging Material</i> ke Dalam Geometri	
	Bendungan.....	93
Gambar 4.21	Geometri Bendungan Jatigede Setelah Terisi	
	Material.....	94
Gambar 4.22	<i>Generate Mesh</i> Bendungan Jatigede.....	94
Gambar 4.23	<i>Initial Condition</i> Bendungan Jatigede.....	95
Gambar 4.24	Muka Air Bendungan Kondisi Awal.....	95
Gambar 4.25	<i>Generate Water Pressure</i> Kondisi Awal.....	95
Gambar 4.26	<i>Phase</i> Timbunan Yang Dinon-aktifkan.....	96
Gambar 4.27	Tegangan Efektif Tanah Pada Kondisi Awal.....	96
Gambar 4.28	Lembar <i>Tab General</i> Pada Proses Kalkulasi	
	Timbunan 1.....	97

Gambar 4.29	Lembar <i>Tab Parameters</i> Pada Proses Kalkulasi Timbunan 1.....	97
Gambar 4.30	Geometri Dari <i>Define</i> Kondisi Awal.....	98
Gambar 4.31	Pengaktifan Material Timbunan 1.....	98
Gambar 4.32	Pengaktifan Material Timbunan 2.....	99
Gambar 4.33	Pengaktifan Material Timbunan 3.....	99
Gambar 4.34	Pengaktifan Material Timbunan 4.....	100
Gambar 4.35	Pengaktifan Material Timbunan 5.....	100
Gambar 4.36	Pengaktifan Material Timbunan 6.....	101
Gambar 4.37	Pengaktifan Material Timbunan 7.....	101
Gambar 4.38	Pengaktifan Material Timbunan 8.....	102
Gambar 4.39	Pengaktifan Material Timbunan 9.....	102
Gambar 4.40	Pengaktifan Material Timbunan 10.....	103
Gambar 4.41	Pengaktifan Material Timbunan 11.....	103
Gambar 4.42	Pengaktifan Material Timbunan 12.....	104
Gambar 4.43	Kalkulasi Layer 1 sampai 12 Timbunan Bendungan.....	104
Gambar 4.44	Kalkulasi Muka Air Waduk.....	105
Gambar 4.45	<i>Calculation type phase</i> FK Timbunan.....	106
Gambar 4.46	Kalkulasi FK (faktor keamanan) Akibat Penimbunan, Muka Air Waduk Elevasi +202, Muka Air Waduk Elevasi +242, Muka Air Waduk Elevasi +260, Muka Air Waduk Elevasi +262, Akibat Gempa, Muka Air Waduk Elevasi +204.....	107
Gambar 4.47	<i>Cross Section</i> Pada Tubuh dan Pondasi Bendungan.....	109

Gambar 4.48	Geometri Bendungan Sebelum Terdapat Pekerjaan <i>Grouting</i> .....	110
Gambar 4.49	Pengaturan <i>Axes</i> Pada Bidang Gambar.....	110
Gambar 4.50	Pengaturan <i>Axes Size</i> Pada Bidang Gambar.....	110
Gambar 4.51	Geometri Bendungan Dengan <i>Axes</i> .....	111
Gambar 4.52	<i>Material Properties</i> Tubuh dan Pondasi Bendungan.....	112
Gambar 4.53	<i>KeyIn Region</i> .....	112
Gambar 4.54	Geometri Bendungan yang Sudah Diisi Material.....	113
Gambar 4.55	Geometri Bendungan yang Sudah Diisi Material dan <i>Mesh</i> .....	113
Gambar 4.56	<i>Draw Boundary Conditions</i> .....	113
Gambar 4.57	Penentuan Datum Pada Hulu dan Hilir Bendungan.....	114
Gambar 4.58	<i>Flux Sections</i> pada Tubuh dan Pondasi Bendungan.....	114
Gambar 4.59	<i>Verify Data</i> .....	115
Gambar 4.60	Kalkulasi Data.....	115
Gambar 4.61	Kalkulasi Data yang Berhasil.....	116
Gambar 4.62	Kalkulasi Data yang Berhasil.....	116
Gambar 4.63	<i>Total Head</i> dan Besar Rembesan.....	117
Gambar 4.64	Besar Rembesan yang Melalui Tubuh dan Pondasi Bendungan Sebesar $8.1856 \times 10^{-4}$ m/detik.....	117
Gambar 4.65	Geometri Bendungan Setelah Terdapat Pekerjaan <i>Grouting</i> .....	118
Gambar 4.66	<i>Flux Sections</i> pada Tubuh dan Pondasi Bendungan.....	118
Gambar 4.67	Jaring-jaring Aliran ( <i>flow nets</i> ) Pada Pondasi Tanpa	

	<i>Grouting</i> (debit = $8.1856 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det}$ ).....	119
Gambar 4.68	Jaring-jaring Aliran ( <i>flow nets</i> ) Pada Pondasi Dengan <i>Grouting</i> .....	119
Gambar 4.69	Bendungan Tanpa Material <i>Cut-off</i> .....	120
Gambar 4.70	Bendungan Dengan Material <i>Cut-off</i> .....	121
Gambar 4.71	Grafik Penurunan (meter) vs Waktu (bulan).....	130

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

LAMPIRAN F

LAMPIRAN G

LAMPIRAN H

LAMPIRAN I