

**KAJIAN PERBAIKAN PONDASI KOMBINASI *PLASTIC CONCRETE*
CUT OFF WALL DAN GROUTING PADA PEMBANGUNAN
BENDUNGAN TUGU KABUPATEN TRENGGALEK**

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENGETAHUAN DASAR TEKNIK SDA

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**YAHYA EKO MARYANTO SETIAWAN
NIM. 145060401111015**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN
KAJIAN PERBAIKAN PONDASI KOMBINASI *PLASTIC CONCRETE*
***CUT OFF WALL* DAN GROUTING PADA PEMBANGUNAN**
BENDUNGAN TUGU KABUPATEN TRENGGALEK
SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENGETAHUAN DASAR
TEKNIK SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



YAHYA EKO MARYANTO SETIAWAN
NIM. 145060401111015

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 25 Maret 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan



Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001

Dosen Pembimbing

Dr. Runi Asmaranto, ST., MT
NIP. 19710830 200012 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN

Jl. Mayjend. Haryono no. 167, Malang, 65145, Indonesia

Telp & Fax. : +62-341-562454

<http://pengairan.ub.ac.id>

E-mail : pengairan@ub.ac.id

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya, di dalam Naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK/Strata-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

(Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI No. 17 Tahun 2010, Pasal 12 dan Pasal 13)

Malang,
Mahasiswa



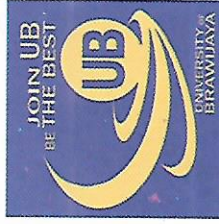
Nama : Yahya Eko Maryanto Setiawan

NIM : 145060401111015

Jurusan: TEKNIK PENGAIRAN



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 30 /UN10.F07.14.11/TU/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

YAHYA EKO MARYANTO SETIAWAN

Dengan Judul Skripsi :

**KAJIAN PERBAIKAN PONDASI KOMBINASI PLASTIC CONCRETE CUT OFF WALL DAN
GROUTING PADA PEMBANGUNAN BENDUNGAN TUGU KABUPATEN TRENGGALEK**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 5 APRIL 2018

Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Ketua Program Studi S1 Teknik Pengairan



Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS
NIP. 19610131 198609 2 001

Dr. Very Dermawan, ST.,MT
NIP. 19730217 199903 1001

*Untuk Ayah, Ibu,
Adek-Adek Tercinta
Dan Teman – Teman
Teknik Pengairan 2014*

RINGKASAN

Yahya Eko Maryanto Setiawan, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Maret 2018, Kajian Perbaikan Pondasi Kombinasi *Plastic Concrete Cut Off Wall* dan Grouting Pada Pembangunan Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek. Dosen Pembimbing: Dr. Runi Asmaranto, ST., MT.

Bendungan Tugu merupakan bendungan tipe urugan zonal inti tegak dengan fungsi utama sebagai pengendali banjir, pemenuhan air irigasi, air baku dan PLTMH. Dengan fungsi yang sangat penting, maka perlu ditinjau kondisi pondasi Bendungan Tugu untuk menjamin keamanan konstruksi bendungan. Tinjauan pada pondasi Bendungan Tugu meliputi kondisi geologi pondasi, tegangan vertikal pondasi, keperluan perbaikan pondasi, debit rembesan, keamanan terhadap gejala buluh (*piping*) dan sembulan (*boiling*) dan deformasi bendungan.

Dari hasil investigasi geologi pada pondasi Bendungan Tugu dijumpai kedalaman endapan alluvial kollovial dasar sungai mencapai 5 – 36 m (dari dasar sungai) dan didapatkan bahwa nilai rata – rata *Rock Quality Designation* (RQD) sandaran kanan didominasi kualitas batuan *very poor* (54,17 %) dan *poor* (25 %), dasar sungai didominasi *very poor* (21,64 %) dan *poor* (22,39 %), sedangkan pada sandaran kiri juga didominasi *very poor* (23,08 %) dan *poor* (24,62 %). Untuk mengetahui besar nilai lugeon dan keperluan perbaikan pondasi, maka dilakukan *Water Pressure Test* (WPT) dengan hasil pada sandaran kanan terdapat 100 % nilai $Lu > 3$ dari total data WPT dengan Lu maksimum 208,35, pada dasar sungai terdapat 72,22 % nilai $Lu > 3$ dari total data WPT dengan Lu maksimum 85,31, dan pada sandaran kiri terdapat 89,47 % nilai $Lu > 3$ dari total data WPT dengan Lu maksimum 248,34. Tegangan yang terjadi akibat beban timbunan sebesar $\sigma_{z \max_{as \text{ main dam}}} = 2074,069 \text{ kN/m}^2 < q_u \text{ CL-CH}$ (1000-5000 kN/m^2), maka disimpulkan bahwa pondasi bendungan memenuhi sebagai tumpuan, Dengan pertimbangan kondisi geologi pondasi (RQD dan WPT) serta endapan kollovial yang terlalu dalam, maka untuk memperbaiki kondisi geologi pondasi secara efektif dan efisien dibutuhkan perbaikan pondasi dengan kombinasi *plastic concrete cut off wall* dan grouting.

Plastic concrete cut off wall direncanakan dengan kedalaman maksimal 18 m sesuai dengan kedalaman lapisan kollovial setelah galian pondasi. Komposisi material dan spesifikasi *plastic concrete* direncanakan mengacu pada ICOLD (1985). Dari hasil pengujian material *plastic concrete* Bendungan Tugu didapatkan spesifikasi *plastic concrete* memiliki kuat tekan 1,81 Mpa, *slump* 210 mm, elastisitas 271,6 Mpa dan permeabilitas $8,2 \times 10^{-10} \text{ m/s}$. Selain itu, pada pondasi Bendungan Tugu juga direncanakan *curtain*, *sub curtain* dan konsolidasi grouting. Pola, tekanan dan material grouting direncanakan dengan mempertimbangkan hasil *trial grouting*.

Analisa debit rembesan dan deformasi bendungan dilakukan dengan menggunakan program Geostudio SEEP/W dan SIGMA/W 2007. Analisa yang dilakukan menunjukkan hasil (a) debit rembesan kondisi sebelum perbaikan pondasi $2,97 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} > 1 \% Q$ rerata sungai dan setelah perbaikan pondasi $8,66 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} < 1 \% Q$ rerata sungai sehingga didapatkan efektivitas perbaikan pondasi 97,09 %, (b) kecepatan rembesan < kecepatan kritis, (c) faktor keamanan $5,6 > 4$, (d) deformasi maksimum 1,09 m pada timbunan inti dalam kurun waktu 358,31 tahun, deformasi X 1,3 cm dan deformasi Y 6,7 cm sehingga tidak mengganggu stabilitas dinding halang.

Kata kunci: Geologi, Perbaikan Pondasi, *Plastic Concrete Cut Off Wall*, Grouting, dan Keamanan Bendungan.

SUMMARY

Yahya Eko Maryanto Setiawan, Water Resources Engineering Department, Faculty of Engineering, Brawijaya University, March 2018, - *Study on the Improvement of Foundation Using Plastic Concrete Cut Off Wall and Grouting Combination of Tugu Dam in Kabupaten Trenggalek*. Academic Supervisor: Dr. Runi Asmaranto, ST., MT.

Tugu Dam is an upright core zonal urugan dam type with main functions as flood control, irrigation water supply, raw water and MHP. With a very important function, it is necessary to review the condition of the Tugu Dam foundation to ensure the safety of the dam construction. Overview of Tugu Dam foundations include foundation geological conditions, foundation vertical stresses, foundation improvements, seepage discharge, safety against piping and boiling and dam deformation.

From the result of geological investigation on foundation of Tugu Dam found the depth of sediment alluvial deposit of river bottom reach 5 - 36 m (from bottom of river) and it is found that Rock Quality Designation (RQD) average of right backrest is very poor (54,17%) and poor (25%), the basin of the river is dominated by very poor (21.64%) and poor (22.39%), while on the left side is dominated by very poor (23.08%) and poor (24.62%) . To know the value of lugeon and foundation improvement, Water Pressure Test (WPT) with the result on the right rest is 100% Lu value > 3 of total data of WPT with maximum Lu 208,35, on bottom of river there is 72,22% value Lu > 3 of total data of WPT with maximum Lu 85,31, and on left side there is 89,47% value Lu > 3 of total data of WPT with maximum Lu 248,34. The stress that occurs due to the embankment load of $[\sigma z \max]$ _as main dam = 2074,069 kN / m² <qu CL-CH (1000-5000 kN / m²), it is concluded that the foundation of the dam meets as the pedestal, RQD and WPT) and too deep kollovial deposits, to improve the foundation's geologic conditions effectively and efficiently requires the improvement of the foundation with a combination of plastic concrete cut off wall and grouting.

Plastic concrete cut off wall is planned with a maximum depth of 18 m in accordance with the depth of kollovial layer after excavation foundation. Material composition and plastic concrete specifications are planned to refer to ICOLD (1985). From the result of testing of plastic concrete material of Tugu Dam obtained plastic concrete specification have compressive strength 1,81 Mpa, slump 210 mm, elasticity 271,6 Mpa and permeability $8,2 \times 10^{-10}$ m / s. In addition, at the foundation of Tugu Dam also planned curtain, sub curtain and consolidation grouting. Patterns, pressures and grouting materials are planned taking into account the results of the grouting trial.

Analysis of seepage discharge and deformation of the dam is done by using Geostudio SEEP / W and SIGMA / W 2007 program. The analysis shows the result of (a) seepage discharge prior to foundation improvement 2.97×10^{-2} m³ / s > 1% Q river and after foundation improvement 8.66×10^{-4} m³ / s < 1% Q average river so that the effectiveness of foundation improvement 97,09%, (b) rate of seepage <critical velocity, (c) safety factor 5,6 > 4, (d) deformation maximum 1.09 m in core deposits within 358.31 years, X 1.3 cm deformation and Y deformation of 6.7 cm so as not to disrupt the stability of the wall of the hose.

Keywords: Geology, Foundation Improvement, Plastic Concrete Cut Off Wall, Grouting, and Safety Dam.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Skripsi yang berjudul “Kajian Perbaikan Pondasi Kombinasi *Plastic Concrete Cut Off Wall* dan Grouting pada Pembangunan Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek” ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Dalam penyelesaian skripsi ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala pertolongan-Nya.
2. Keluarga besar dan para kerabat penulis atas dukungan moril dan materil yang besar.
3. Bapak Eddi (*Team leader* Mettana), Bapak Supriyono (*Asistant Team Leader* Mettana), Bapak Juari (Ahli Grouting Mettana), Bapak Dedy (*Asistant Ahli Geologi* Mettana), Bapak Yudha, dan Bapak Ganar atas dukungan data skripsi, motivasi, pengetahuan penerapan dilapanan, serta doanya.
4. Ibu Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Pengairan atas bimbingannya dalam pengesahan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pengairan atas bimbingannya dalam pengesahan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Very Dermawan, ST., MT. selaku Ketua Prodi Teknik Pengairan atas bimbingannya dalam pengesahan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Runi Asmaranto, ST., MT. selaku pembimbing yang telah dengan sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Bapak Dr. Eng. Andre Primantyo H, ST., MT., Ibu Dr. Eng. Evi Nur Cahya, ST., MT., dan Ibu Dian Candrasasi, ST., MT. selaku penguji I, II dan III yang telah memeberi saran dan kritik penulis dalam penyempurnaan skripsi ini.
9. Teman - teman Himpunan Mahasiswa Pengairan Periode 2016-2017 yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
10. Teman - teman Badan Eksekutif Mahasiswa Teknik Periode 2017-2018 yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.

11. Keluarga Besar Mahasiswa Pengairan yang telah memberikan dukungan secara moral dalam proses penyusunan skripsi ini.
12. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Pengairan 2014 yang selalu menemani serta moril motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
13. Rekan – rekan kost Jl. Papa Kuning no. 21 yang selalu menemani, memberikan dukungan serta moril motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
14. Dan semua pihak yang namanya tidak mungkin disebut satu-persatu yang telah membantu penulis secara moril dan materil.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna sehingga kritik dan saran sangatlah penulis harapkan.

Akhir kata, semoga penyusunan laporan skripsi ini dapat memberikan ilmu yang bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
DAFTAR ISTILAH	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Tujuan	4
1.6. Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Investigasi Geologi.....	7
2.3. Klasifikasi Tanah	8
2.3.1. Sistem Klasifikasi USDA	9
2.3.2. Sistem Klasifikasi AASHTO	10
2.3.3. Sistem Klasifikasi Unified	11
2.4. Kekuatan Geser Tanah	12
2.5. Penurunan Tanah.....	14
2.6. Pondasi Bendungan.....	16
2.6.1. Jenis - Jenis Pondasi Bendungan	16
2.6.2. Bentuk Kegagalan Pondasi Bendungan	17
2.7. Perbaikan Pondasi	21
2.7.1. Jenis – Jenis Perbaikan Pondasi	23
2.7.2. Pelaksanaan Perbaikan Pondasi	25
2.7.3. Penutupan Lubang Pengujian dan Lubang Bor	28

2.8. Dinding Halang.....	30
2.8.1. Tujuan Pemakaian Dinding Halang.....	31
2.8.2. Jenis – Jenis Dinding Halang.....	31
2.8.3. Paritan Slurry Bentonite-Tanah	33
2.8.3.1. Desain Campuran Slurry	35
2.8.3.2. Karakteristik Slurry	36
2.8.3.3. Stabilitas Paritan.....	36
2.8.3.4. Campuran Material Pengisi.....	36
2.8.4. Dinding Halang Beton (<i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i>)	37
2.8.4.1. Campuran Beton.....	38
2.8.4.2. Pengujian Sebelum Pelaksanaan	40
2.8.4.3. Hubungan dengan Konstruksi Eksisting	40
2.8.5. Dinding Halang Slurry Semen - Betonit.....	41
2.8.5.1. Campuran Slurry Bentonit-Semen	42
2.8.5.2. Stabilitas Paritan Selama Pelaksanaan	43
2.8.5.3. Hubungan dengan Zona Inti.....	43
2.8.6. Dinding Halang Jenis Lain	43
2.8.6.1. Dinding Tiang	44
2.8.6.2. Dinding Halang Tipis	46
2.9. Grouting	49
2.9.1. Tujuan Grouting.....	49
2.9.2. Jenis - Jenis Grouting.....	50
2.9.2.1. Grouting Tirai (<i>Curtain Grouting</i>)	51
2.9.2.2. Grouting Konsolidasi (<i>Consolidation Grouting</i>).....	51
2.9.2.3. Grouting Selimut (<i>Blanket Grouting</i>).....	52
2.9.2.4. Grouting Pengisi Rongga (<i>Filling Grouting</i>)	52
2.9.2.5. Grouting Pengisi Lubang Bor	52
2.9.2.6. Grouting Sambungan (<i>Contact Grouting, Joint Grouting</i>)	52
2.9.2.7. Grouting Tanah	52
2.9.3. Investigasi Geoteknik untuk Grouting.....	54
2.9.4. Pola Grouting.....	55
2.9.4.1. Grouting Tirai.....	55
2.9.4.2. Grouting Konsolidasi	57
2.9.5. Tekanan Grouting	58

2.9.6. Material Grouting.....	59
2.9.7. Pelaksanaan Grouting Berkaitan Pola Lubang	60
2.10. Uji Nilai Lugeon dan Permeabilitas (<i>Water Pressure Test</i>).....	61
2.10.1. Metode Lugeon <i>Test</i>	62
2.10.2. Metode Permeabilitas <i>Test</i>	63
2.11. Perhitungan Permeabilitas dan Lugeon <i>Test</i>	64
2.11.1. Cara Penentuan Permeabilitas.....	64
2.11.2. Cara Menghitung Lugeon Value (Lu).....	64
2.11.3. Pengecekan Angka Lugeon setelah Grouting	65
2.12. Rembesan Pada Tubuh dan Pondasi Bendungan	66
2.12.1. Kontrol Rembesan pada Timbunan Bendungan	69
2.12.2. Kontrol Rembesan pada Pondasi Bendungan	70
2.13. Analisa Stabilitas.....	72
2.13.1. Analisa Daya Dukung Pondasi	72
2.13.2. Stabilitas Parit Dinding Halang Terhadap Longsor	75
2.13.3. Analisa Rembesan Dengan Geostudio SEEP/W 2007.....	75
2.13.4. Analisa Deformasi Bendungan dengan Geostudio SIGMA/W 2007 ..	88
2.14. Analisis Regresi	98
2.15. Pembetonan dan Penulangan (<i>Concrete Slab</i>)	100
2.15.1. Kuat Tekan Beton (f_c) dan Kuat Tarik Baja (f_y)	100
2.15.2. Pembebanan pada Konstruksi	100
2.15.3. Tinggi atau Tebal Total Beton Bertulang (h).....	102
2.15.4. Tebal Efektif	102
2.15.5. Perencanaan Tulangan	103
2.15.6. Luas Tulangan Perlu (As Total).....	104
2.15.7. Tulangan Pokok dan Tulangan Pembagi	105
2.16. Analisa Biaya Konstruksi.....	105
BAB III METODELOGI	107
3.1. Lokasi Studi	107
3.1.1. Kondisi Topografi	109
3.1.2. Geologi Regional	109
3.1.3. Kondisi Morfologi	110
3.1.4. Stratigrafi	111
3.1.5. Struktur Geologi.....	112

3.2. Pengumpulan Data – Data	112
3.3. Data Teknis Bendungan Tugu	115
3.4. Langkah – Langkah Pengerjaan.....	119
3.5. Langkah – Langkah Perencanaan Kedalaman dan Pola Perbaikan Pondasi	120
3.6. Langkah – Langkah Pengolahan Data dengan SEEP/W	121
3.7. Langkah – Langkah Pengolahan Data dengan SIGMA/W	121
BAB IV PEMBAHASAN	127
4.1. Hasil Investigasi Geologi Bendungan Tugu	127
4.1.1. Kondisi Geologi Tumpuan Kanan (<i>Right Bank</i>)	127
4.1.2. Kondisi Geologi Dasar Sungai (<i>Riverbed</i>)	129
4.1.3. Kondisi Geologi Tumpuan Kiri (<i>Left Bank</i>).....	134
4.2. <i>Water Pressure Test</i> / Uji Rembesan Pondasi Bendungan Tugu.....	136
4.2.1. <i>Water Pressure Test</i> Tumpuan Kanan (<i>Right Bank</i>)	137
4.2.2. <i>Water Pressure Test</i> Dasar Sungai (<i>Riverbed</i>)	138
4.2.3. <i>Water Pressure Test</i> Tumpuan Kiri (<i>Left Bank</i>).....	142
4.3. Parameter Material Timbunan dan Pondasi Bendungan Tugu	144
4.4. Analisa Rembesan Bendungan Tugu Sebelum Perbaikan Pondasi	148
4.5. Analisa Daya Dukung Pondasi Bendungan Tugu.....	151
4.6. <i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i> (Dinding Halang Beton Plastis).....	156
4.6.1. Kedalaman <i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i>	157
4.6.2. Material <i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i>	157
4.6.3. Kelebihan dan Kekurangan <i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i>	159
4.6.4. Analisa Stabilitas Lubang <i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i>	159
4.7. Perencanaan Grouting Pada Bendungan Tugu	161
4.7.1. Trial Grouting (<i>Grouting Test</i>)	161
4.7.1.1. Sandaran Kiri.....	162
4.7.1.2. Dasar Sungai	167
4.7.1.3. Sandaran Kanan.....	178
4.7.1.4. Penentuan Jarak dan Tekanan Grouting.....	179
4.7.1.5. Material Campuran Grouting	180
4.7.2. <i>Curtain</i> dan <i>Sub Curtain</i> Grouting	181
4.7.2.1. Kedalaman <i>Curtain</i> dan <i>Sub Curtain</i> Grouting.....	183
4.7.2.2. Pola <i>Curtain</i> dan <i>Sub Curtain</i> Grouting.....	185
4.7.3. Konsolidasi Grouting	186

4.7.3.1. Kedalaman Konsolidasi Grouting	189
4.7.3.2. Pola Konsolidasi Grouting	189
4.8. Analisa Rembesan Bendungan Tugu Setelah Perbaikan Pondasi.....	190
4.9. Evaluasi Hasil Analisa Rembesan.....	193
4.9.1. Efektivitas Grouting.....	193
4.9.2. Perhitungan Kecepatan Aliran Filtrasi	195
4.9.3. Perhitungan Faktor Keamanan Terhadap Piping	197
4.10. Analisa Deformasi Bendungan dengan SIGMA/W 2007	198
4.10.1. Analisis Deformasi.....	200
4.10.2. Deformasi Pada Area Dinding Halang	201
4.10.3. Kesimpulan Analisa Deformasi	202
4.11. Perencanaan Penulangan <i>Concrete Slab</i>	203
4.12. Metode Pelaksanaan Konstruksi Perbaikan Pondasi.....	208
4.12.1. Investigasi Geologi	208
4.12.2. <i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i> (Dinding Halang Beton Plastis)	209
4.12.2.1 Alat dan Bahan	210
4.12.2.2. Lokasi <i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i>	212
4.12.2.3. <i>Drilling, Casting</i> dan Pengeboran <i>Cut Off Wall</i>	212
4.12.3. Grouting	218
4.12.3.1. Lokasi Pekerjaan Grouting	219
4.12.3.2. Alat dan Bahan	220
4.12.3.3. Pekerjaan <i>Drilling</i> Grouting	221
4.12.3.4. Pelaksanaan Grouting	223
4.12.3.5. Konsolidasi Grouting.....	225
4.12.3.6. <i>Sub Curtain</i> Grouting	225
4.12.3.7. <i>Curtain</i> Grouting	226
4.12.3.8. <i>Pressure Tekan Balik (Return Pressure Grouting)</i>	227
4.12.4. <i>Concrete Slab</i>	229
4.13. Rencana Anggaran Biaya.....	232
4.13.1. Perhitungan Volume Pekerjaan.....	232
4.13.2. Analisa <i>Bill Of Quantity</i> (BOQ)	236
4.13.3. Analisa Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	237
BAB V PENUTUP	239
5.1. Kesimpulan	239

5.2. Saran	243
------------------	-----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Klasifikasi AASHTO	11
Tabel 2.2.	Klasifikasi Unified	12
Tabel 2.3.	Karakteristik Utama Dinding Halang (ICOLD, Bulletin 129,2005)	32
Tabel 2.4.	Karakteristik Material Untuk Dinding Diafragma (ICOLD, Bulletin 129, 2005).....	33
Tabel 2.5.	Batasan Gradasi Tipikal Untuk Material Urugan Kembali (<i>Back Fill</i>) Paritan <i>Slurry</i>	34
Tabel 2.6.	Rumus Umum Kedalaman dan Jarak Titik Grouting.....	51
Tabel 2.7.	Karakteristik Tekanan Grouting.....	59
Tabel 2.8.	Grouting <i>Take</i>	60
Tabel 2.9.	Hubungan nilai Lugeon dan keperluan grouting.....	62
Tabel 2.10.	Input Data Parameter <i>Hydraulic Conductivity</i>	76
Tabel 2.11.	Kemantapan Kurva Regresi	100
Tabel 2.12.	Tebal Minimum (h)	102
Tabel 2.13.	Tebal Minimum Penutup Beton pada Tulangan Terluar.....	103
Tabel 2.14.	Presentase Tulangan Minimum p_{min} yang Disyaratkan	104
Tabel 2.15.	Presentase Tulangan Maksimum p_{maks}	104
Tabel 3.1.	Stratigrafi Daerah Penyelidikan	111
Tabel 3.2.	Spesifikasi Data Primer.....	113
Tabel 3.3.	Spesifikasi Data Sekunder.....	114
Tabel 4.1.	Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> DD-9.....	128
Tabel 4.2.	Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> DD-12.....	128
Tabel 4.3.	Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> DD-7.....	130
Tabel 4.4.	Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> DD-8.....	130
Tabel 4.5.	Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> BTH-1 Kedalaman 85 m	132
Tabel 4.6.	Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> BT-3 Kedalaman 40 m.....	133
Tabel 4.7.	Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> GT.3-PH Kedalaman 48 m.....	133
Tabel 4.8.	Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> GT.4-PH Kedalaman 41 m.....	134
Tabel 4.9.	Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> DD-5 Kedalaman 60 m	135

Tabel 4.10. Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> DD-6 Kedalaman 40 m.....	135
Tabel 4.11. Nilai RQD <i>Drilling Hole</i> BT-14 Kedalaman 35 m	136
Tabel 4.12. Nilai Lugeon <i>Drilling Hole</i> DD-9 40 m & DD-12 60 m.....	137
Tabel 4.13. Nilai Lugeon <i>Drilling Hole</i> DD-7 60 m, DD-8 40 m, GT-1 45 m, BHT-1 85 m, GT-3 48 m dan GT-4 41m.....	138
Tabel 4.14. Nilai Lugeon <i>Drilling</i> pada <i>Pilot Hole</i> P-3, P-4, P-5, P-6, dan P-7	139
Tabel 4.15. Nilai Lugeon <i>Drilling Hole</i> DD-5, DD-6, BT-14, P-2, dan P-1.....	142
Tabel 4.16. Parameter Desain Material Timbunan dan Pondasi (1/2).....	146
Tabel 4.17. Parameter Desain Material Timbunan dan Pondasi (2/2).....	147
Tabel 4.18. Rekapitulasi Parameter Desain Material Timbunan dan Pondasi	148
Tabel 4.19. Input Data Parameter <i>Hydraulic Conductivity</i>	149
Tabel 4.20. Rekapitulasi Rembesan Sebelum Perbaikan Pondasi dengan SEEP/W 2007	151
Tabel 4.21. Perhitungan Tegangan Vertikal Pondasi Bendungan (Osterberg).....	153
Tabel 4.22. Lanjutan Perhitungan Tegangan Vertikal Pondasi Bendungan (Osterberg) .	153
Tabel 4.23. Estimasi Nilai Fisik dan Mekanik Berdasarkan Kelas Batuan.....	156
Tabel 4.24. Karakteristik Material Untuk Dinding Halang.....	158
Tabel 4.25. Komposisi <i>Plastic Concrete Cut Of Wall</i>	158
Tabel 4.26. Parameter Desain dan Hasil Pengujian <i>Plastic Concrete Cut Of Wall</i>	158
Tabel 4.27. Kondisi Stabilitas Lubang <i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i>	160
Tabel 4.28. Efektivitas Grouting dan Pengaruhnya.....	162
Tabel 4.29. Hasil Nilai Lugeon, Tekanan dan Injeksi Semen <i>Pilot Hole- P-1</i>	164
Tabel 4.30. Lanjutan Hasil Nilai Lugeon, Tekanan dan Injeksi Semen <i>Pilot Hole- P-1</i> .	164
Tabel 4.31. Hasil Nilai Lugeon, dan Efektivitas grouting <i>Pilot Hole- P-2</i>	166
Tabel 4.32. Hasil Nilai Lugeon, dan efektivitas grouting <i>Pilot Hole- P-3</i>	169
Tabel 4.33. Hasil Nilai Lugeon, dan efektivitas grouting <i>Pilot Hole- P-4</i>	171
Tabel 4.34. Hasil Nilai Lugeon, dan efektivitas grouting <i>Pilot Hole- P-5</i>	173
Tabel 4.35. Hasil Nilai Lugeon, dan efektivitas grouting <i>Pilot Hole- P-6</i>	175
Tabel 4.36. Hasil Nilai Lugeon, Tekanan dan Injeksi Semen <i>Pilot Hole- P-7</i>	177
Tabel 4.37. Lanjutan Hasil Nilai Lugeon, Tekanan dan Injeksi Semen <i>Pilot Hole- P-7</i> .	177
Tabel 4.38. Jarak Grouting Rencana	179
Tabel 4.39. Tekanan Grouting dan WPT <i>Pilot Hole</i>	180
Tabel 4.40. Campuran Material Grouting	180
Tabel 4.41. Aturan Perubahan Campuran Grouting	181

Tabel 4.42. Hubungan Nilai Lugeon dan Keperluan Grouting	183
Tabel 4.43. Kedalaman Lubang Grouting Tiap Station	184
Tabel 4.44. Hubungan Antara Nilai <i>Core Recovery</i> RQD	187
Tabel 4.45. Kondisi Kualitas dan Kekasaran Batuan <i>Left Bank</i>	187
Tabel 4.46. Kondisi Kualitas dan Kekasaran Batuan <i>Riverbad</i>	188
Tabel 4.47. Kondisi Kualitas dan Kekasaran Batuan <i>Right Bank</i>	188
Tabel 4.48. Rekapitulasi Analisa Rembesan dengan SEEP/W 2007	192
Tabel 4.49. Efektivitas dan Pengaruhnya Grouting	194
Tabel 4.50. Rekapitulasi Efektivitas Perbaikan Pondasi dengan Analisa SEEP/W	194
Tabel 4.51. Input Parameter untuk Analisa Deformasi Bendungan	199
Tabel 4.52. Tekanan Grouting dan WPT <i>Pilot Hole</i> dan Test Hole	222
Tabel 4.53. Tekanan <i>Sub Curtain</i> Grouting	225
Tabel 4.54. Tekanan <i>Curtain</i> Grouting	226
Tabel 4.55. Perhitungan Volume Pekerjaan <i>Plastic Concrete Cut Off Wall</i> (1/3)	233
Tabel 4.56. Perhitungan Volume Pekerjaan Grouting (1/3)	233
Tabel 4.57. Perhitungan Volume Pekerjaan Grouting (2/3)	234
Tabel 4.58. Perhitungan Volume Pekerjaan Grouting (3/3)	235
Tabel 4.59. Total Lubang Grouting	235
Tabel 4.60. Perhitungan Volume Pekerjaan <i>Concrete Slab</i>	236
Tabel 4.61. BOQ Perbaikan Pondasi Bendungan	236
Tabel 4.62. Rencana Anggaran Biaya Perbaikan Pondasi Bendungan Tugu	237

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Klasifikasi Berdasarkan Tektur oleh USDA	9
Gambar 2.2.	Kriteria Kegagalan Mohr dan Coloumb	13
Gambar 2.3.	Perubahan dalam Struktur Butiran	15
Gambar 2.4.	Penahan Kedap Vertikal Secara Menyeluruh (<i>Positive Cut Off</i>)	23
Gambar 2.5.	Penahan Kedap Partial dan Kombinasi Dengan Penahan Kedap Semi Lulus Air (<i>Partial Cut Off</i>)	23
Gambar 2.6.	Macam-Macam Pengendalian Rembesan Dibagian Hilir (<i>Negative Cut Off</i>)	24
Gambar 2.7.	Metode Perbaikan Tebing Sungai Pada Pondasi Bendungan.....	28
Gambar 2.8.	Penutupan Kembali Terowongan Pengujian	30
Gambar 2.9.	Uji Triaxial pada Beton Plastis.....	40
Gambar 2.10.	Gambar a) & b) Kelebihan Pengecoran Akibat Kelebihan Galian (<i>Overbreak</i>). Gambar c), d), e) : Sambungan Panel Dengan c) <i>Key Joint</i> Tunggal; d) <i>Key Joint</i> Ganda; e) Dengan Perapat Air.....	41
Gambar 2.11.	(a) Mesin Bor Tiang BAUER BG-14 (b) Tebal Perpotongan Tiang Bor ..	46
Gambar 2.12.	Bendungan Lech.....	47
Gambar 2.13.	Contoh Alat Pahat Pemecah Boulder Yang Berada Di Dalam Lubang Galian.....	48
Gambar 2.14.	Contoh Penggalian Dengan Metode Satu Tahap (<i>Single Stage</i>) dengan Clamshell Bucket; 1) Lintasan Galian Pertama (<i>Ist Pass/Bite</i>); 2) Lintasan Galian Kedua; 3) Lintasan Galian Terakhir	48
Gambar 2.15.	Contoh Penggalian Dengan Metode Dua Tahap (<i>Two Stages</i>) Menggunakan Bor Perkusi dan Clamshell; a) Tahap Pertama Penggalian <i>Pilot Hole</i> dengan Bor Perkusi; b) Tahap Kedua Penggalian Dengan Bucket Clamshell.....	49
Gambar 2.16.	Berbagai Fungsi Grouting Tanah dan Batuan	50
Gambar 2.17.	Contoh Pola Lubang Grouting di Bendungan Ukai, India	57
Gambar 2.18.	Urutan Grouting Bendungan Ukai, India	57
Gambar 2.19.	Pola Lubang Grouting	58

Gambar 2.20. Urutan Pelaksanaan Gouting	60
Gambar 2.21. Lubang Grouting Baris Tunggal Sepanjang Parit Halang	61
Gambar 2.22. Grouting Tirai 2 Baris dengan Metode <i>Split Spacing</i>	61
Gambar 2.23. Pola Kegagalan dan Garis Trayektori pada Tubuh Bendungan Urugan Akibat Rembesan	67
Gambar 2.24. Kontrol Rembesan Pada Bendungan Urugan	71
Gambar 2.25. Perhitungan Tegangan Dalam Tanah Pondasi.....	74
Gambar 2.26. Koefisien Tekanan Vertikal dalam <i>Semi-Indenfinite</i> Disebabkan Beban Bentuk Trapesium.....	74
Gambar 2.27. Analisa Stabilitas Parit.....	75
Gambar 2.28. <i>Option Full Lisence</i> di GeoStudio 2007	76
Gambar 2.29. <i>Option New</i> pada GeoStudio 2007	77
Gambar 2.30. <i>Option Setting</i> pada <i>Pop-up Keyin Analyses</i>	77
Gambar 2.31. <i>Option Set Page</i> untuk Pengaturan Lembar Kerja.....	78
Gambar 2.32. <i>Option Set Unit and Scale</i> untuk Pengaturan Skala Gambar	78
Gambar 2.33. <i>Option Grid</i> untuk Pengaturan <i>Grid</i> pada Lembar Kerja	78
Gambar 2.34. <i>Option Axes</i> untuk Membuat Sumbu X Dan Y	79
Gambar 2.35. Hasil dari Penggambaran Sumbu X Dan Y	79
Gambar 2.36. <i>Pop-up</i> untuk <i>Region</i>	79
Gambar 2.37. Hasil Penggambaran Pot. Melintang Tubuh Bendungan dengan <i>Region</i> ..	80
Gambar 2.38. <i>Command</i> untuk Vol. <i>Water Content</i>	80
Gambar 2.39. <i>Setting Material</i> pada Vol. <i>Water Content Functions</i>	80
Gambar 2.40. <i>Setting Material</i> pada Estimate Vol. <i>Water Content Functions</i>	81
Gambar 2.41. Grafik Hub. Vol. <i>Water Contents</i> dengan <i>Pore Water Pressure</i>	81
Gambar 2.42. <i>Setting Draw Materials</i> pada SEEP/W	82
Gambar 2.43. <i>Setting Keyin Materials</i> pada SEEP/W.....	82
Gambar 2.44. Hasil input data Material pada Gambar Melintang Tubuh Bendungan.....	83
Gambar 2.45. <i>Setting Draw Boundary Conditions</i> pada SEEP/W	83
Gambar 2.46. <i>Setting Keyin Boundary Conditions</i> pada SEEP/W	83
Gambar 2.47. <i>Setting Elevasi Muka Air</i> pada <i>Keyin Boundary Conditions</i>	84
Gambar 2.48. <i>Setting Potential SeePage Face</i> pada <i>Keyin Boundary Conditions</i>	84
Gambar 2.49. <i>Setting Zero Pressure</i> pada <i>Keyin Boundary Conditions</i>	84
Gambar 2.50. <i>Boundary Conditions</i> yang Diletakkan pada Gambar Melintang Bendungan.....	84

Gambar 2.51. <i>Pop-up Draw Point</i> pada SEEP/W	85
Gambar 2.52. <i>Setting Draw Point</i> pada Gambar Melintang Bendungan	85
Gambar 2.54. Hasil <i>Remove Boundary</i> pada Gambar Melintang Bendungan	86
Gambar 2.55. <i>Pop-up Draw Flux Section</i> pada SEEP/W	86
Gambar 2.56. Hasil Penggambaran <i>Flux Section</i> pada Gambar Melintang Bendungan...	86
Gambar 2.57. <i>Pop-up Trial Analyses</i> pada SEEP/W	87
Gambar 2.58. <i>Icon</i> pada <i>Toolbar</i> untuk Merubah Tampilan Sesuda Proses <i>Solve</i>	87
Gambar 2.59. Hasil dari Proses <i>Trial</i> pada Contoh Bendungan Zonal	87
Gambar 2.60. Profil Tangki dan Tanah Pondasi	88
Gambar 2.61. <i>Option Full Lisence</i> di GeoStudio 2007	89
Gambar 2.62. <i>Option New</i> pada Geostudio 2007	89
Gambar 2.63. <i>Option Setting</i> pada <i>Pop-up Keyin Analyses</i>	89
Gambar 2.64. <i>Option Set Page</i> untuk Pengaturan Lembar Kerja	90
Gambar 2.65. <i>Option Set Unit and Scale</i> untuk Pengaturan Skala Gambar.....	90
Gambar 2.66. <i>Option Grid</i> untuk Pengaturan <i>Grid</i> pada Lembar Kerja.....	91
Gambar 2.67. <i>Option Axes</i> untuk Membuat Sumbu X dan Y	91
Gambar 2.68. Hasil dari Penggambaran Sumbu X dan Y	91
Gambar 2.69. Hasil dari Penggambaran Profil Tanah dan Tangki	92
Gambar 2.70. <i>Pop-up</i> untuk <i>Region</i>	92
Gambar 2.71. Hasil Penggambaran Potongan Melintang Tanah dan Tangki dengan <i>Region</i>	92
Gambar 2.72. Tampilan <i>Draw Materials</i>	93
Gambar 2.73. <i>Setting Keyin Material</i> pada SIGMA/W	93
Gambar 2.74. Hasil Input Data Material pada Gambar Melintang Tipikal Tanah.....	94
Gambar 2.75. <i>Setting Draw Boundary Conditions</i> pada SIGMA/W	94
Gambar 2.76. <i>Setting Keyin Boundary Conditions</i> pada SEEP/W	95
Gambar 2.77. <i>Setting Tekanan Tanah</i> pada <i>Keyin Boundary Conditions</i>	95
Gambar 2.78. <i>Boundary Conditions</i> yang Diletakkan pada Gambar Melintang Bendungan	96
Gambar 2.79. <i>Pop-up Draw Point</i> pada SIGMA/W	96
Gambar 2.80. <i>Setting Draw Point</i> pada Gambar Melintang Tanah Dasar Tangki.....	96
Gambar 2.81. Hasil <i>Remove Boundary</i> pada Gambar Melintang Bendungan	97
Gambar 2.82. <i>Pop-up Trial Analyses</i> pada SIGMA/W	97
Gambar 2.83. <i>Icon</i> Pada <i>Toolbar</i> untuk Merubah Tampilan Sesudah Proses <i>Solve</i>	97

Gambar 2.84. Hasil dari Proses <i>Trial</i> pada Contoh Tangki yang Berada diatas Tanah ...	98
Gambar 3.1. Lokasi Proyek Bendungan Tugu Trenggalek	107
Gambar 3.2. Peta Lokasi Bendungan Tugu	108
Gambar 3.3. Area Genangan Bendungan Tugu Trenggalek	108
Gambar 3.4. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi	124
Gambar 3.5. Perencanaan Kedalaman dan Pola Perbaikan Pondasi	125
Gambar 3.6. Diagram Alir Analisa Rembesan Geostudio SEEP/W	126
Gambar 4.1. Pola Lugeon Hasil WPT Tumpuan Kanan (DD-9 & DD-12)	137
Gambar 4.2. Pola Lugeon Hasil WPT Dasar Sungai (DD-7, DD-8, GT-1, & BHT-1)....	139
Gambar 4.3. Pola Lugeon Hasil WPT P-3.....	140
Gambar 4.4. Pola Lugeon Hasil WPT P-4 dan P-6	140
Gambar 4.5. Pola Lugeon Hasil WPT P-5.....	141
Gambar 4.6. Pola Lugeon Hasil WPT P-7.....	141
Gambar 4.7. Pola Lugeon Hasil WPT Tumpuan Kiri Sungai DD-5 60 m, DD-6 40 m...	142
Gambar 4.8. Pola Lugeon Hasil WPT Tumpuan Kiri Sungai BT-14 35 m, P-2 45 m.....	143
Gambar 4.9. Pola Lugeon Hasil WPT Tumpuan Kiri Sungai P-1 45 m.....	143
Gambar 4.10. Model Potongan Bendungan untuk Analisa Stabilitas (Keamanan)	145
Gambar 4.11. Pemodelan Potongan Bendungan Untuk Analisa Seepage.....	148
Gambar 4.12. Rembesan di Tubuh Bendungan dan Pondasi Sebelum Perbaikan Pondasi pada MAB El. +243,56 m.....	150
Gambar 4.13. Rembesan di Tubuh Bendungan dan Pondasi Sebelum Perbaikan Pondasi pada MAN El. +239,05 m	150
Gambar 4.14. Rembesan di Tubuh Bendungan dan Pondasi Sebelum Perbaikan Pondasi pada MAR El. +202,05 m.....	150
Gambar 4.15. Koefisien Tekanan Vertikal dalam <i>Semi-Indenfinite</i> dengan Beban Bentuk Trapesium	155
Gambar 4.16. Gaya – Gaya Pada Stabilitas Lubang	160
Gambar 4.17. Pola Lubang <i>Trial</i> Grouting P-1, CHCU-1 & CHCU-2.....	163
Gambar 4.18. Hubungan Kedalaman dengan Nilai Lugeon Sebelum dan Sesudah Grouting P-1.....	164
Gambar 4.19. Pola Lubang <i>Trial</i> Grouting P-2, CHCU-3.....	166
Gambar 4.20. Hubungan Kedalaman dengan Nilai Lugeon Sebelum dan Sesudah Grouting P-2.....	167
Gambar 4.21. Pola Lubang <i>Trial</i> Grouting P-3, CHCU-4.....	168

Gambar 4.22. Hubungan Kedalaman dengan Nilai Lugeon Sebelum dan Sesudah Grouting P-3.....	169
Gambar 4.23. Pola Lubang <i>Trial</i> Grouting P-4, CHCU-5	170
Gambar 4.24. Hubungan Kedalaman dengan Nilai Lugeon Sebelum dan Sesudah Grouting P-4	171
Gambar 4.25. Pola Lubang <i>Trial</i> Grouting P-5, CHCU-6	172
Gambar 4.26. Hubungan Kedalaman dengan Nilai Lugeon Sebelum dan Sesudah Grouting P-5	173
Gambar 4.27. Pola Lubang <i>Trial</i> Grouting P-5, CHCU-6	174
Gambar 4.28. Hubungan Kedalaman dengan Nilai Lugeon Sebelum dan Sesudah Grouting P-6	175
Gambar 4.29. Pola lubang <i>Trial</i> Grouting P-7, CHCU-8.....	176
Gambar 4.30. Hubungan Kedalaman dengan Nilai Lugeon Sebelum dan Sesudah Grouting P-7.....	177
Gambar 4.31. Pola dan Jarak Lubang <i>Curtain</i> Grouting 2 Baris dengan Metode <i>Split</i> <i>Spacing</i> Sandaran Kiri dan Kanan.....	185
Gambar 4.32. Pola dan Jarak Lubang <i>Curtain</i> Grouting 2 Baris dengan Metode <i>Split Spacing</i> Dasar Sungai	185
Gambar 4.33. Pola dan Jarak Lubang <i>Sub curtain</i> Grouting 1 Baris dengan Metode <i>Split Spacing</i> Sandaran Kiri dan Kanan.....	186
Gambar 4.34. Pola dan Jarak Lubang <i>Sub curtain</i> Grouting 1 Baris dengan Metode <i>Split Spacing</i> Dasar Sungai	186
Gambar 4.35. Lokasi <i>Curtain</i> dan <i>Sub curtain</i> Grouting	186
Gambar 4.36. Pola dan Jarak Lubang Konsolidasi Grouting dengan Metode <i>Split</i> <i>Spacing</i> Sandara Kiri dan Kanan Sungai.....	189
Gambar 4.37. Pola dan Jarak Lubang Konsolidasi Grouting dengan Metode <i>Split</i> <i>Spacing</i> Dasar Sungai	190
Gambar 4.38. Lokasi Konsolidasi Grouting.....	190
Gambar 4.39. Rembesan di Tubuh Bendungan dan Pondasi Perbaikan Pondasi Skenario 1 pada MAN El. +239,05 m.....	191
Gambar 4.40. Rembesan di Tubuh Bendungan dan Pondasi Perbaikan Pondasi Skenario 2 pada MAN El. +239,05 m.....	191
Gambar 4.41. Rembesan di Tubuh Bendungan dan Pondasi Perbaikan Pondasi Skenario 3 pada MAN El. +239,05 m.....	191

Gambar 4.42. Detail Vektor Kecepatan Aliran pada Tumit Hilir Inti	196
Gambar 4.43. Pemodelan Potongan Bendungan Untuk Analisa Deformasi	199
Gambar 4.44. Kontur Deformasi-Y Pondasi dan Bendungan	200
Gambar 4.45. Kontur Total <i>Stress</i> -Y Pondasi dan Bendungan	200
Gambar 4.46. Kontur Grafik Deformasi-Y pada Area Dinding Diafragma	201
Gambar 4.47. Kontur Deformasi-Y pada Area Dinding Diafragma	202
Gambar 4.48. Grafik Deformasi-X pada Area Dinding Diafragma	202
Gambar 4.49. Uji Triaxial Pada Beton Plastis	203
Gambar 4.50. Penulangan <i>Concrete Slab</i>	207
Gambar 4.51. <i>Flowchart</i> Perbaikan Pondasi	208
Gambar 4.52. Pekerjaan Pengeboran untuk Investigasi Geologi	209
Gambar 4.53. <i>Flowchart</i> Pekerjaan Plastic <i>Concrete Cut Off Wall</i>	210
Gambar 4.54. a) Borepile b) <i>Concrete Vibrator</i> c) Uji SPT	211
Gambar 4.55. a) <i>Rotary Drilling Rig</i> b) <i>Batching Plant</i> c) <i>Total Station</i> d) <i>Casing Bor.</i>	211
Gambar 4.56. Bentonite dan Bahan Aditif	211
Gambar 4.57. <i>Flowchart</i> Pekerjaan <i>Drilling</i> , Casting dan Pengeboran	212
Gambar 4.58. Penentuan Titik <i>Drilling</i>	213
Gambar 4.59. Mobilisasi Alat <i>Drilling</i>	213
Gambar 4.60. Pengeboran Lubang <i>Cut Off Wall</i>	214
Gambar 4.61. Pemasangan <i>Casing</i> pada Lubang Bor	214
Gambar 4.62. Pembuatan Adukan Beton Bentonite	215
Gambar 4.63. Penuangan Beton Bentonite ke dalam Lubang	215
Gambar 4.64. Pengeboran Titik untuk Lubang Berikutnya	216
Gambar 4.65. Pemasangan <i>Casing</i> dan Pengecoran	216
Gambar 4.66. Hasil Pengecoran Lubang Ketiga	216
Gambar 4.67. Hasil Pengecoran Lubang Keempat	217
Gambar 4.68. Hasil Pengecoran Lubang Kelima	217
Gambar 4.69. Hasil Pengecoran Lubang Keenam	217
Gambar 4.70. Denah dan Profil Perbaikan Pondasi	219
Gambar 4.71. Jenis <i>Packer</i> Mekanis (Kiri) dan <i>Packer</i> Udara (Pneumatic)	220
Gambar 4.72. <i>Pressure Gauge</i> , <i>Flow Meter</i> , dan <i>Water Pump</i>	220
Gambar 4.73. a) Pompa Grouting b) <i>Grout mix</i> c) <i>Header</i> d) <i>Valve</i> dan <i>Stabilizer</i> <i>Tank</i>	221
Gambar 4.74. <i>Split Spacing Method</i>	221

Gambar 4.75. Grouting <i>Plant System</i>	223
Gambar 4.76. <i>Pressure Gauge</i> pada Pipa Pembawa Grouting	228
Gambar 4.77. Rangkaian Pipa <i>Pressure</i> Tekan Balik.....	228
Gambar 4.78. <i>Flowchart</i> Pekerjaan <i>Concrete Slab</i>	229
Gambar 4.79. Pengecoran Lantai Kerja	230
Gambar 4.80. Peletakan Beton <i>Decking</i>	230
Gambar 4.81. Pemasangan Tulangan	231
Gambar 4.82. Pemasangan Bekisting dan <i>Waterstop</i>	231
Gambar 4.83. Pengecoran <i>Concrete Slab</i>	231

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Peta Geologi Regional Lembar Tulungagung.....	249
Lampiran 2.	Denah Umum dan Tata Letak Bangunan Pada Bendungan Tugu	250
Lampiran 3.	Kondisi Geologi Bendungan Tugu	253
Lampiran 4.	Data Hasil Bor Log Pondasi Bendungan Tugu.....	258
Lampiran 5.	Denah dan Potongan Perencanaan Perbaikan Pondasi Bendungan Tugu...	273
Lampiran 6.	Harga Satuan Pekerjaan Perbaikan Pondasi Bendungan Tugu.....	275

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISTILAH

A

Auto breksi andesit = Batuan breksi yang banyak tersusun dari fragmen andesit.

B

Borrow Area = lokasi pengambilan material batu.

Beton plastis / *Plastic concrete* = Beton yang ketika menerima tekanan dapat berubah bentuk tetapi tidak bisa kembali ke bentuk semula.

C

Coring = Suatu usaha untuk mendapatkan contoh batuan (core) dari formasi di bawah permukaan untuk dianalisa sifat fisik batuan secara langsung.

D

Deformasi elastis = Deformasi yang terjadi pada suatu benda saat gaya atau beban itu bekerja dan mengakibatkan penurunan (*settlement*), deformasi itu akan hilang ketika gaya atau beban ditiadakan.

Deformasi plastis = Deformasi yang terjadi pada suatu benda saat gaya atau beban itu bekerja secara permanen dan salah satu akibat dari deformasi adalah penurunan (*settlement*).

E

Endapan Kolovial = Endapan material pasir, kerikil, dll yang berasal dari longsor/erosi dari tebing sungai yang belum mengalami kompaksi/pemadatan/unkonsolidasi.

Endapan Alluvial = Endapan material pasir, kerikil, dll yang berasal dari longsor/erosi dari *river bed* / dasar sungai yang sudah mengalami kompaksi/pemadatan/unkonsolidasi.

G

Gosong Sungai (*Bar Deposit*) = Endapan sungai yang terdapat pada tepi atau tengah dari alur sungai. Endapan pada tengah alur sungai disebut gosong tengah dan endapan pada tepii disebut gosong tepi, gosong sungai terbentuk oleh endapan brangkal, krakal, dan pasir,dll .

K

Kekar = Struktur retakan/rekahan terbentuk pada batuan akibat suatu gaya yang bekerja pada batuan tersebut dan belum mengalami pergeseran.

M

Material *compressible* = material yang mampat.

Morfologi = Studi yang mempelajari asal (terbentuknya) topografi sebagai akibat dari pengikisan (erosi) elemen-elemen utama, serta terbentuknya material-material hasil erosi.

P

Piping (Erosi Buluh) = Erosi pada bendungan yang diakibatkan karena debit rembesan yang terlalu besar dan proses erosi dimulai dari sebelah hilir merambat ke hulu yang berbentuk seperti lintasan pipa – pipa kecil.

Packer test / *Lugeon test* = Pengujian permeabilitas dilapangan.

Packer = Alat yang berfungsi sebagai skat / penahan dalam pengujian permeabilitas lapangan.

Q

Quarry Area = lokasi pengambilan material pasir, kerikil, dan tanah.

S

Sesar atau patahan = Rekahan pada batuan yang telah mengalami “pergeseran yang berarti” pada bidang rekahnya.

Settlement = Peristiwa termampatnya (penurunan) suatu lapisan tanah akibat dari beban luar, pemompaan air, atau deformasi.

Stratigafi = Studi mengenai sejarah, komposisi dan umur relatif serta distribusi perlapisan tanah dan interpretasi lapisan-lapisan batuan untuk menjelaskan sejarah Bumi.

Sungai Teranyam (*Braided River*) = Sungai teranyam atau *braided river* adalah bentukan asal proses fluvial yang terbentuk pada hilir sungai yang memiliki kemiringan lereng datar atau hampir datar, sungai teranyam memiliki alur yang luas dan umumnya dangkal.