

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR PETA.....	xiii
DAFTAR PERSAMAAN .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTISARI.....	xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.1.1 Perumusan Masalah .....	3
1.1.2 Letak Lokasi Daerah Penelitian .....	3
1.1.3 Keaslian Penelitian.....	6
1.2. Maksud, Tujuan, dan Manfaat Penelitian .....	14
1.2.1 Maksud Penelitian.....	14
1.2.2 Tujuan Penelitian .....	14
1.2.3 Manfaat Penelitian .....	14
1.3. Peraturan Perundang-Undangan .....	15
1.4. Tinjauan Pustaka.....	17
1.4.1 Sistem Panas Bumi .....	17
1.4.2 <i>Dieng Volcanic Complex (DVC)</i> .....	24
1.4.3 <i>Hydrothermal Brine</i> .....	26
1.4.4 Silika (SiO <sub>2</sub> ).....	29
1.4.5 <i>Scaling Silika</i> .....	30
1.4.6 Pengaruh <i>Scaling Silika</i> Terhadap Komponen Mekanikal .....	34
1.4.7 Tindakan Preventif Deposisi <i>Silika</i> melalui <i>Acid Injection</i> .....	34
1.4.8 <i>Open Canal</i> .....	36
1.4.9 <i>Cooling Pond</i> .....	37
1.5. Batas Daerah Penelitian .....	39
1.5.1 Batas Permasalahan .....	39
1.5.2 Batas Ekologi .....	39
1.5.3 Batas Sosial.....	40
BAB II LINGKUP KEGIATAN PERUSAHAAN.....	43
2.1. Lingkup Kegiatan Perusahaan .....	43
2.1.1 Profil Perusahaan .....	43
2.1.2 Kegiatan Usaha .....	45
2.2. Lingkungan Hidup yang Terdampak .....	76
2.3. Kriteria, Indikator, dan Asumsi Objek Penelitian .....	82
2.4. Kerangka Alur Penelitian .....	83

BAB III CARA PENELITIAN .....	84
3.1. Jenis Metode Penelitian dan Parameter yang Digunakan.....	84
3.1.1 Metode Pengumpulan Data.....	84
3.1.2 Metode Pengolahan Data .....	86
3.2 Lintasan Pemetaan dan Teknik Sampling .....	90
3.3 Perlengkapan Penelitian.....	92
3.4 Tahapan Penelitian.....	95
3.4.1 Tahap Persiapan .....	97
3.4.2 Tahap Lapangan I .....	98
3.4.3 Tahap Kerja Studio .....	103
3.4.4 Tahap Lapangan II .....	103
3.4.5 Tahap Laboratorium.....	106
3.4.6 Tahap Kerja Studio Pasca Lapangan II .....	115
3.4.7 Tahap Akhir.....	117
BAB IV RONA LINGKUNGAN HIDUP .....	121
4.1 Komponen Geofisik-Kimia .....	121
4.1.1 Iklim.....	121
4.1.2 Bentuklahan .....	125
4.1.3 Tanah.....	131
4.1.4 Batuan .....	135
4.1.5 Tata Air .....	141
4.1.6 Bencana Alam.....	142
4.2 Komponen Biotis.....	144
4.2.1 Flora .....	144
4.2.2 Fauna.....	145
4.3 Komponen Sosial.....	147
4.3.1 Demografi .....	147
4.3.2 Sosial Ekonomi .....	147
4.3.3 Sosial Budaya.....	148
4.3.4 Kesehatan Masyarakat .....	149
4.4 Penggunaan Lahan.....	151
BAB V EVALUASI HASIL PENELITIAN.....	155
5.1. Estimasi Laju Deposisi Silika pada Inlet-Outlet <i>Open Canal</i> dan <i>Cooling Pond</i> di Area Well-PAD 30 PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng.....	155
5.1.1 Konsentrasi Silika Terlarut dalam <i>Brine</i> .....	156
5.1.2 Kadar pH dalam <i>Brine</i> .....	159
5.1.3 Nilai Temperatur <i>Brine</i> .....	159
5.1.4 Hubungan Laju Deposisi Silika dengan Kecepatan Penuhnya Silika pada <i>Cooling System</i> .....	161
5.1.5 Estimasi Jumlah Silika Terproduksi pada <i>Well-PAD 30</i> .....	163
5.2. Efektivitas Sistem <i>Open Canal</i> dan <i>Cooling Pond</i> di Area Well-PAD 30 PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng.....	165

5.3. Kondisi <i>Waterfall</i> Eksisting Bagian Awal <i>Cooling Pond</i> di Area Well-PAD 30 PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng .....	169
BAB VI ARAHAN PENGELOLAAN .....	172
6.1. Pendekatan Teknologi .....	172
6.1.1 Modifikasi <i>Waterfall</i> Eksisting .....	172
6.1.2 Pemasangan <i>Water Level Control</i> .....	177
6.2. Pendekatan Institusi .....	179
6.3. Pendekatan Sosial .....	181
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....	184
7.1. Kesimpulan .....	184
7.2. Saran .....	185
PERISTILAHAN .....	186
DAFTAR PUSTAKA .....	187
LAMPIRAN .....	191

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Keaslian Penelitian.....	6
Tabel 1.2 Peraturan Perundang – Undangan.....	15
Tabel 1.3 Data fisik dan kimia dari silika (SiO <sub>2</sub> ).....	29
Tabel 2. 1 <i>Brine Management</i> pada PLTP Dieng Unit 1 .....	53
Tabel 2. 2 Dampak Sebelum dan Sesudah <i>Te-Celoop</i> .....	55
Tabel 2. 3 Status Pembangkit PLTP Dieng Unit 1 dan <i>Small Scale</i> .....	63
Tabel 2. 4 Rangkuman Sumber dan Jenis Limbah Padat di Lapangan Panas Bumi Dieng .....	64
Tabel 2. 5 Komponen Lingkungan Hidup yang Terdampak.....	78
Tabel 2. 6 Kriteria Indikator dan Asumsi Objek Penelitian.....	82
Tabel 3.1 Perlengkapan Penelitian.....	92
Tabel 3.2 Daftar Data Sekunder yang Dibutuhkan dalam Penelitian .....	98
Tabel 3.3 Data Primer yang Dibutuhkan.....	99
Tabel 3.4 Karakteristik Parameter.....	99
Tabel 3.5 Klasifikasi Kemiringan Lereng Menurut Van Zuidam, 1985 .....	100
Tabel 3.6 Berat Jenis Air pada Berbagai Suhu .....	111
Tabel 3.7 Klasifikasi Nilai Perbandingan Dispersi Tanah .....	115
Tabel 3.8 Tipe Iklim Berdasarkan Schmidt dan Ferguson, 1951.....	117
Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Kecamatan Batur dalam 10 Tahun Terakhir.....	122
Tabel 4. 2 Jumlah dan Rata-Rata Bulan Kering, Bulan Lembab, dan Bulan Basah	122
Tabel 4. 3 Hasil Uji Laboratorium Tanah Andosol pada Daerah Penelitian .....	132
Tabel 4. 4 Jenis Flora Pada Lokasi Penelitian .....	145
Tabel 4. 5 Jenis Fauna Pada Lokasi Penelitian .....	146
Tabel 4. 6 Jumlah Penduduk Desa Karangtengah.....	147
Tabel 4. 7 Data Tenaga Kerja Lokal di Dieng per Juni 2022 .....	148
Tabel 4. 8 Jumlah Karyawan Berdasarkan Agamanya .....	149
Tabel 4. 9 Data <i>Top Ten Disease</i> Bulan April 2022 Daerah Penelitian.....	150
Tabel 5.1 Data Laju Alir Massa <i>Brine</i> dan Volume <i>Cooling System</i> .....	156
Tabel 5.1 Data Tabel Produksi Sumur HCE 30.....	162
Tabel 5.2 Estimasi Jumlah Silika Terproduksi di Well-PAD 30.....	162
Tabel 5.4 Nilai SSI berdasarkan Hasil Pengujian Konsentrasi Silika dari Analisa Laboratorium dan Perhitungan Matematis .....	168
Tabel 5.5 Data Rata-Rata Temperatur Awal dan Akhir <i>Brine</i> serta Laju Alir Massa <i>Brine</i> .....	170
Tabel 6.1 Rekomendasi Perkiraan Waktu <i>Maintenance</i> Pembersihan Hasil Deposisi Silika pada <i>Open Canal</i> dan <i>Cooling Pond</i> .....	180
Tabel 6.2 Rekomendasi Perkiraan Waktu <i>Maintenance</i> Pembersihan Hasil Deposisi Silika pada <i>Waterfall</i> Modifikasi.....	180

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Konsep Tektonik Lempeng .....	18
Gambar 1.2 “Konsep Ceret” pada Mekanisme Panas Bumi .....	19
Gambar 1. 3 Model Konseptual Sistem Panas Bumi Dominasi Air .....	21
Gambar 1. 4 Model Konseptual Sistem Panas Bumi Dominasi Uap.....	22
Gambar 1. 5 Model Konseptual Sistem Panas Bumi dengan Dua Fase Fluida .....	23
Gambar 1. 6 Sebaran Kompleks Vulkanik Dieng Beserta Lokasi Manifestasi .....	24
Gambar 1. 7 Struktur Tetrahedral Silika .....	30
Gambar 1. 8 Kelarutan Silika terhadap Temperatur .....	33
Gambar 1. 9 Kelarutan Silika terhadap pH .....	33
Gambar 1. 10 Posisi <i>Acid Injection</i> .....	35
Gambar 1. 11 Ilustrasi Prinsip Cara Kerja <i>Waterfall</i> yang Dimodifikasi <i>Cascade</i> ...	39
Gambar 2.1 Logo PT Geo Dipa Energi (Persero).....	43
Gambar 2.2 Peta Lokasi Lapangan Panas Bumi Dieng, Jawa Tengah .....	44
Gambar 2.3 Struktur Organisasi Perusahaan PT Geo Dipa Energi Dieng.....	45
Gambar 2.4 Flow Diagram Proses Produksi Geothermal Power Plant Dieng Unit 1	46
Gambar 2.5 Proses Produksi di Area <i>Steam Field</i> .....	47
Gambar 2.6 <i>Wellhead</i> PT Geo Dipa Unit Dieng.....	48
Gambar 2.7 Pipa Aliran Dua Fasa.....	48
Gambar 2.8 (a) Separator PT GDE Unit Dieng dan (b) Ilustrasi Cara Kerja Separator.....	49
Gambar 2.9 <i>Acid Pump</i> .....	50
Gambar 2.10 AFT/Silencer PT Geo Dipa Unit Dieng .....	50
Gambar 2.11 <i>Open canal</i> PT Geo Dipa Unit Dieng .....	51
Gambar 2.12 <i>Cooling Pond</i> /Balong PT Geo Dipa Unit Dieng.....	51
Gambar 2.13 <i>Brine Pump</i> dan <i>Booster Pump</i> PT Geo Dipa Unit Dieng .....	52
Gambar 2.14 Skema <i>Close Loop</i> (Atas) & Skema <i>Open Loop</i> (Bawah).....	54
Gambar 2.15 Proses Produksi di PLTP Dieng Unit I.....	56
Gambar 2.16 Ilustrasi Desain Pipa Lingkaran Pemuaian .....	56
Gambar 2.17 (a) <i>Rock Muffler</i> dan (b) <i>Pressure Safety Valve</i> PT Geo Dipa Unit Dieng .....	57
Gambar 2.18 (a) <i>Scrubber</i> ; (b) Ilustrasi Cara Kerja <i>Scrubber</i> ; (c) Demister PT GDE Unit Dieng.....	58
Gambar 2.19 <i>Main Stop Valve</i> PT Geo Dipa Unit Dieng .....	58
Gambar 2.20 (a) Turbin; (b) Ilustrasi Proses di dalam Turbin; (c) Generator; (d) ) Ilustrasi Proses di dalam Generator PT GDE Unit Dieng.....	59
Gambar 2.21 (a) <i>Steam Ejector</i> & (b) <i>Main Condenser</i> PT Geo Dipa Unit Dieng ...	60
Gambar 2.22 (a) <i>Intercondenser</i> dan (b) <i>Aftercooler</i> PT Geo Dipa Unit Dieng.....	61
Gambar 2.23 <i>Cooling Tower</i> PT Geo Dipa Unit Dieng.....	62
Gambar 2. 24 (a) Trafo PLN dan (b) Ilustrasi Unit Trafo.....	62
Gambar 2. 25 TPS Silika Sileri PT.Geo Dipa Energi Unit Dieng .....	65
Gambar 2. 26 Konsep Pemanfaatan <i>Brine</i> sebagai Limbah Industri Panas bumi.....	65
Gambar 2. 27 Perbedaan Sebelum dan Sesudah Inovasi REBEL.....	71

Gambar 2. 28 Sistem Setelah Perubahan Desain Menggunakan 2 Separator 1 Well (Optimalisasi Separasi Uap).....	72
Gambar 2. 29 Part Pompa Setelah Diganti Material <i>Impeller Cast Iron to Stainless Steel</i> (CITOS).....	73
Gambar 2. 30 Aktivitas Pengomposan ( <i>Composting</i> ) Sampah Daun dan Sisa Makanan.....	76
Gambar 2. 31 (a) Kondisi <i>Open Canal</i> yang Running; (b) Deposisi Silika pada <i>Open Canal</i> ; (c).....	77
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	96
Gambar 3.2 Klasifikasi Bentuk Struktur Tanah.....	101
Gambar 3.3 Diagram Alir Analisis Tekstur Tanah (Selidik Cepat Ciri Tanah di Lapangan).....	101
Gambar 3.4 Pengujian Tekstur Tanah di Lapangan.....	101
Gambar 3.5 Pengambilan Sampel <i>Brine</i> untuk Uji Laboratorium.....	105
Gambar 3.6 Proses Analisis pH pada Sampel <i>Brine</i> dengan Uji Laboratorium.....	107
Gambar 3.7 Proses Analisis Kadar Silika Terlarut pada Sampel <i>Brine</i> dengan Uji Laboratorium.....	109
Gambar 3.8 Proses Analisis Penetapan Kadar Air pada Sampel Tanah dengan Uji Laboratorium.....	110
Gambar 3.9 Diagram Alir Analisis <i>Waterfall Well-PAD 30</i> .....	119
Gambar 4. 1 Grafik Rata-Rata Curah Hujan Daerah Penelitian Tahun 2012 – 2021.....	123
Gambar 4. 2 Bentuklahan Kerucut Pagerkandang dan Kerucut Sipandu dari Arah Barat (a) dan Arah Timur (b) Daerah Penelitian pada LP 13.....	126
Gambar 4. 3 Bentuklahan Antropogenik dari Arah Selatan dan Arah Barat (b) Daerah Penelitian pada LP 9.....	127
Gambar 4. 4 Profil Tanah Andosol Daerah Penelitian pada LP 16.....	133
Gambar 4. 5 Penampang Sayatan II-II' terhadap Formasi dan Letak Sumur.....	136
Gambar 4. 6 (a) Kenampakan Singkapan Batuan Lava Andesit pada LP 18; (b) Satuan Lava Andesit; (c) Foto <i>Close Up</i> Kenampakan Litologi.....	137
Gambar 4. 7 Stratigrafi Formasi Batuan Kompleks Gunungapi Dieng.....	138
Gambar 4. 8 Perbandingan Sejarah Stratigrafi Batuan Dieng Menurut Miller et al (1984), Sukhyar et al (1986), Boerdihardi et al (1991), dan Recent Study (2015).....	139
Gambar 4. 9 Tata Air pada Well-PAD 30 PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng.....	141
Gambar 4. 10 <i>Gathering System</i> PLTP Dieng Unit 1.....	142
Gambar 4. 11 Pemanfaatan Air <i>Blowdown/Kondensat</i> untuk Keperluan Proses <i>Workover</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4. 12 (a) Peringatan area gas beracun; (b) Kenampakan gerakan massa tanah di sekitar daerah penelitian.....	143
Gambar 4. 13 Peta Geologi Struktur Lapangan Panas Bumi Dieng.....	144
Gambar 4. 14 Jenis Flora pada Daerah Penelitian.....	145
Gambar 4. 15 Jenis Fauna pada Daerah Penelitian.....	146
Gambar 4. 16 Penggunaan Lahan pada Daerah Penelitian.....	152

Gambar 5. 1 Grafik Konsentrasi Silika Terlarut .....	157
Gambar 5. 2 Grafik Kadar pH <i>Brine</i> .....	159
Gambar 5. 3 Grafik Nilai Temperatur <i>Brine</i> .....	160
Gambar 5. 4 Grafik Hubungan Laju Deposisi Silika dengan Kecepatan Penuhnya Silika pada <i>Cooling System</i> .....	162
Gambar 5. 5 <i>Silica Saturation Index</i> (SSI) .....	166
Gambar 5. 6 Ilustrasi <i>Waterfall</i> Eksisting Well-PAD 30.....	170
Gambar 5. 7 Grafik Hubungan Temperatur <i>Brine</i> dengan Laju Evaporasi .....	171
Gambar 5. 8 Grafik Hubungan Laju Alir Massa <i>Brine</i> dengan Laju Evaporasi .....	171
Gambar 6. 1 Ilustrasi <i>Waterfall</i> dengan Modifikasi <i>Cascade</i> .....	173
Gambar 6. 2 Desain Arah Pengelolaan Modifikasi <i>Waterfall</i> .....	174
Gambar 6. 3 Perbandingan Laju Evaporasi <i>Waterfall</i> Eksisting dengan <i>Waterfall</i> Modifikasi .....	175
Gambar 6. 4 Perbandingan Laju Penurunan pada Temperatur Tin = 71,3 °C dengan Tin = 90°C .....	176
Gambar 6.5 Ilustrasi Pemasangan Besi Grating pada Bidang Horizontal <i>Waterfall</i> Modifikasi .....	177
Gambar 6.6 Ilustrasi Pemasangan Staff Level pada Pintu Air.....	178
Gambar 6.7 Ilustrasi Penempatan Water Level dan Temperatur Data Logger dengan Batako pada Dasar <i>Cooling Pond</i> .....	179
Gambar 6. 8 Ilustrasi Maintenance Pembersihan Silika pada <i>Open Canal</i> .....	181
Gambar 6. 9 Pemberdayaan Masyarakatan melalui Pemanfaatan Limbah Silika Menjadi <i>Paving Block</i> .....	182

## DAFTAR PETA

Peta 1.1 Batas Administrasi Daerah Penelitian.....	5
Peta 1. 2 Batas Daerah Penelitian (A).....	41
Peta 1. 3 Batas Daerah Penelitian (B) .....	42
Peta 2. 1 Situasi Daerah Penelitian.....	81
Peta 3. 1 Lintasan Daerah Penelitian.....	91
Peta 4. 1 Topografi Daerah Penelitian.....	128
Peta 4. 2 Kemiringan Lereng Daerah Penelitian .....	129
Peta 4. 3 Bentuklahan Daerah Penelitian .....	130
Peta 4. 4 Jenis Tanah Daerah Penelitian .....	134
Peta 4. 5 Satuan Batuan Daerah Penelitian .....	140
Peta 4. 6 Penggunaan Lahan Daerah Penelitian.....	153
Peta 6. 1 Arahan Pengelolaan.....	183



## DAFTAR PERSAMAAN

<b>Persamaan 1</b> Kelarutan Silika.....	87
<b>Persamaan 2</b> Laju Alir Massa Silika dalam <i>Open Canal</i> dan <i>Cooling Pond</i> .....	88
<b>Persamaan 3</b> Kecepatan Deposisi Silika dalam <i>Open Canal</i> dan <i>Cooling Pond</i> .....	88
<b>Persamaan 4</b> Kecepatan Silika Memenuhi <i>Open Canal</i> dan <i>Cooling Pond</i> .....	88
<b>Persamaan 5</b> <i>Silica Saturation Index (SSI)</i> .....	89
<b>Persamaan 6</b> Kadar Air Tanah Halus (Kah).....	109
<b>Persamaan 7</b> Kadar Air Tanah Gumpal (Kag).....	109
<b>Persamaan 8</b> Berat Tanah Kering Mutlak (BTKM).....	111
<b>Persamaan 9</b> Volume Tanah Kering Mutlak (VTKM).....	111
<b>Persamaan 10</b> Berat Jenis (BJ).....	111
<b>Persamaan 11</b> Volume Gumpal Tanah (VGT).....	113
<b>Persamaan 12</b> Kerapatan Gumpal Tanah Kering Mutlak (KGTM).....	113
<b>Persamaan 13</b> Berat Volume (BV).....	113
<b>Persamaan 14</b> Porositas Total Tanah (N).....	114
<b>Persamaan 15</b> Berat Debu + Lempung Aktual.....	114
<b>Persamaan 16</b> Nilai Perbandingan Dispersi Tanah (NPD).....	114
<b>Persamaan 17</b> Perhitungan Klasifikasi Iklim.....	116
<b>Persamaan 18</b> Laju Evaporasi (E).....	118
<b>Persamaan 19</b> Kecepatan Silika Memenuhi <i>Trap Waterfall</i> .....	120

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	Peta Geologi Lembar Banjarnegara-Pekalongan Skala 1:100.000.....	192
<b>Lampiran 2</b>	Peta RTRW Kabupaten Banjarnegara Tahun 2011-2031.....	193
<b>Lampiran 3</b>	Peta RBI Banjarnegara Lembar 1408-412 Skala 1:25.000.....	194
	Peta RBI Batur Lembar 1408-441 Skala 1:25.000.....	195
	Peta RBI Kalibening Lembar 1408-432 Skala 1:25.000.....	196
	Peta RBI Karangobar Lembar 1408-414 Skala 1:25.000.....	197
	Peta RBI Purwanegara Lembar 1408-411 Skala 1:25.000.....	198
	Peta RBI Watumalang Lembar 1408-423 Skala 1:25.000.....	199
<b>Lampiran 4</b>	Peta Geologi Lapangan Panas Bumi Dieng Skala 1:2000.....	200
	Peta Geomorfologi Lapangan Panas Bumi Dieng Skala 1:2000.....	201
<b>Lampiran 5</b>	Hasil Uji Laboratorium Terhadap Sampel <i>Brine</i> .....	202
<b>Lampiran 6</b>	Hasil Analisis Matematis.....	203
<b>Lampiran 7</b>	Perhitungan Kadar Silika Terlarut, Laju Alir Massa Silika, Kecepatan Pengendapan Silika, Kecepatan Silika Memenuhi <i>Cooling System</i> , dan SSI.....	204
<b>Lampiran 8</b>	Perhitungan Sifat Fisik Tanah.....	207
<b>Lampiran 9</b>	Perhitungan Waktu Pembersihan Silika pada <i>Trap Waterfall</i> .....	213
<b>Lampiran 10</b>	Perhitungan Dimensi Modifikasi <i>Waterfall</i> dan Laju Evaporasi.....	215
<b>Lampiran 11</b>	<i>Psychrometric Chart</i> .....	222
<b>Lampiran 12</b>	Konstanta Regresi untuk Senyawa Kimia.....	223
<b>Lampiran 13</b>	Kenampakan Lingkungan Hidup Terdampak Akibat <i>Carry Over</i> (Hujan <i>Brine</i> ) Berdasarkan Citra Ikonos ( <i>Google Earth</i> ) dari Berbagai Waktu.....	226
<b>Lampiran 14</b>	Desain Gambar Teknik .....	227