

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Lokasi dan Waktu Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II METODOLOGI PENELITIAN.....	4
II.1. Metodologi Penelitian	4
II.1.1. Tahap Pra Penelitian	4
II.1.1.1. Penyusunan Proposal	4
II.1.1.2. Studi Geologi Regional dan Laporan Studi Daerah Penelitian (Pertamina, 2013).....	4
II.1.1.3. Studi Literatur yang Berkaitan dengan Tema Panasbumi.....	4
II.1.2. Tahap Pengumpulan Data	5
II.1.3. Tahap Analisis Data	5
II.1.4. Hasil Penelitian	6
II.2. Diagram Alir Penelitian	7
BAB III DASAR TEORI.....	8
III.1. Sistem Panas Bumi	8
III.2. Komponen-Komponen Panas Bumi	9
III.3. Klasifikasi Sistem Panas Bumi Berdasarkan Jenis Fluida.....	11
III.3.1. Sistem Panas Bumi Konvektif	12

III.3.2. Sistem Panas Bumi Konduktif	14
III.4. Klasifikasi Sistem Panas Bumi Berdasarkan Temperatur	14
III.5 Manifestasi Panas Bumi.....	17
III.5.1. Geyser	17
III.5.2. Tanah Hangat (<i>Warm Ground</i>)	18
III.5.3. Tanah Beruap (<i>Steaming Ground</i>)	18
III.5.4 Mata Air Panas.....	18
III.5.5. Kolam Air Panas	19
III.5.6. Fumarole	19
III.5.7. Kubangan Lumpur (<i>Mud pools</i>)	19
III.5.8. Silika Sinter.....	19
III.6. Geokimia Fluida Panas Bumi	20
III.6.1. Diagram Segitiga Cl - SO ₄ - HCO ₃	20
III.6.2. Diagram Segitiga Na – K – Mg.....	21
III.6.3. Diagram Segitiga Cl – Li - B	23
III.7. Proses-proses yang Mempengaruhi Komposisi Fluida Panas Bumi	24
III.8. Jenis-Jenis Fluida Panas Bumi.....	26
III.8.1. Air Klorida (Cl)	26
III.8.2. Air Sulfat (SO ₄ ²⁻)	27
III.8.3. Air Bikarbonat (CO ₃ ⁻).....	28
III.8.4. Air Sulfat Klorida	28
III.8.5. Dilute Chloride Bicarbonate	29
III.9. Geothermometer	29
III.9.1. Geothermometer Silika	30
III.9.2. Geothermometer Na/K.....	30
III.9.3. Geothermometer Na-K-Ca.....	32
III.9.4. Geothermometer Na/Li	32
III.9.5. Geothermometer K/Mg dan Li/Mg.....	33
III.10. Alterasi Hidrotermal	33
III.10.1. Tipe Alterasi Hidrotermal	34
BAB IV GEOLOGI REGIONAL.....	39
IV.1. Geologi Sulawesi Utara	39
IV.1.1. Fisografi.....	39

IV.1.2. Stratigrafi Sulawesi Utara.....	44
IV.1.3. Struktur Regional.....	46
IV.2. Geologi Daerah Penelitian.....	46
IV.2.1. Pola Pengaliran Daerah Penelitian	46
IV.2.2. Geomorfologi Daerah Penelitian	49
IV.2.2.1. Satuan Perbukitan Vulkanik Pangolombian	51
IV.2.2.2. Satuan Danau Kawah Linau	51
IV.2.2.3. Satuan Lereng Gunung Tampusu	51
IV.2.2.4. Satuan Lereng Gunung Kasuan	51
IV.2.2.5. Satuan Lereng Kaldera Tondano	52
IV.2.3. Analisis Keterkaitan Geomorfologi Daerah Penelitian dengan Geomorfologi Sulawesi Utara	53
IV.2.3. Vulkanostratigrafi Daerah Penelitian	53
IV.2.3.1. Satuan Breksi Vulkanik Pangolombian.....	55
IV.2.3.2. Satuan Lava Andesit Basaltik Gunung Tampusu	56
IV.2.3.3. Satuan Lava Andesit Basaltik Linau	57
IV.2.3.4. Satuan Lava Andesit Basaltik Gunung Kasuan.....	59
IV.2.4. Struktur Geologi Daerah Penelitian.....	61
BAB V PEMBAHASAN.....	63
V.1. Geologi Bawah Permukaan Sumur “X”	63
V.1.1. Litologi.....	63
V.1.2. Alterasi Hidrotermal	67
V.1.2.1. Zona Kaolin ± Smektit ± Klorit	68
V.1.2.2. Zona Kaolin ± Ilit ± Serisit	68
V.1.2.3. Zona Epidot ± Hematit ± Klorit ± Ilit	69
V.2. Geokimia Fluida Panasbumi	69
V.2.1. Manifestasi Panasbumi Daerah Penelitian.....	69
V.2.1.1. Fumarol Linau.....	70
V.2.1.2. Mata Air Panas Lahendong I	70
V.2.1.3. Mata Air Panas Leilem	71
V.2.1.4. Kolam Lumpur Leilem	71
V.2.1.5. Mata Air Panas Lahendong II.....	72
V.2.2. Geokimia Fluida Manifestasi Panasbumi Daerah Penelitian.....	74

V.2.2.1. Ternary Diagram Cl – SO ₄ – HCO ₃ (Giggenbach, 1988)	74
V.1.2.2. Diagram Na – K – Mg (Giggenbach, 1988)	76
V.2.2.3. Analisis Geokimia Fumarol Linau	78
V.2.3. Geokimia Fluida Panasbumi Sumur “X”	78
V.2.3.1. Ternary Diagram Cl – SO ₄ – HCO ₃ (Giggenbach, 1988)	79
V.2.3.2. Diagram Na – K – Mg (Giggenbach, 1988)	81
V.2.3.3. Diagram Cl – Li – B	82
V.3. Temperatur Reservoir Panasbumi	84
V.3.1. Analisis Geothermometer Mineral	84
V.3.1.1. Zona Kaolin ± Smektit ± Klorit (Kedalaman 0 – 554 m)	84
V.3.1.2. Zona Kaolin ± Ilit ± Serisit (Kedalaman 554 - 1190 m)	85
V.3.1.3. Zona Epidot ± Hematit ± Klorit ± Ilit (Kedalaman 1190 – 1703 m)	86
V.3.2. Analisis Geothermometer Fluida Panasbumi	87
V.3.2.1. Geothermometer Fumarol Linau	87
V.3.2.2. Geothermometer Fluida Sumur “X”	88
V.3.3. Analisis Grafik Temperatur Bawah Permukaan Sumur “X”	90
V.3.4. Klasifikasi Sistem Panasbumi Daerah Penelitian Berdasarkan Temperatur	92
V.4. Analisis Keterkaitan Data Mineral Alterasi, Geokimia, dan Grafik Temperatur Sumur “X”	92
V.5. Komponen Sistem Panas Bumi “KU”	94
BAB VI KESIMPULAN	96
DAFTAR PUSTAKA	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Alir Penelitian.....	7
Gambar 3. 1 Model Skema Sistem Panas Bumi.....	8
Gambar 3. 2 Model Sistem Panas Bumi Konveksi Hidrotermal yang Dipengaruhi oleh Intrusi Magmatik Muda (White, 1973).....	13
Gambar 3. 3 Skema Sistem Panas Bumi Hidrotermal Dominasi Uap	13
Gambar 3. 4 Skema Sistem Panas Bumi Hidrotermal Dominasi Air.....	14
Gambar 3. 5 Model Konseptual Sistem Panas Bumi Dominasi Air di daerah Low Relief (Diambil dari Nicholson (1993)).....	16
Gambar 3. 6 Model Konseptual Sistem Panas Bumi Dominasi Air di daerah High Relief (Diambil dari Nicholson (1993)).....	17
Gambar 3. 7 Diagram Segitiga untuk menentukan fluida panas bumi berdasarkan proporsi Klorida, Sulfat, dan Bikarbonat (Nicholson, 1993).....	22
Gambar 3. 8 Diagram Segitiga Na - K - Mg (Simmons, 1998)	22
Gambar 3. 9 Diagram Segitiga Cl - Li - B (Simmons, 1998)	24
Gambar 3. 10 Persamaan Geothermometer Na/K	31
Gambar 3. 11 Persamaan Geothermometer Na-K-Ca.....	32
Gambar 3. 12 Persamaan Geothermometer Na/Li	33
Gambar 3. 13 Persamaan Geothermometer K/Mg dan Li/Mg	33
Gambar 3. 14 Mineral Hidrotermal yang Sering Terbentuk pada Lapangan Panas Bumi (Reyes, 1990)	35
Gambar 3. 15 Zona Alterasi Hidrotermal dengan pH Netral Berdasarkan Temperatur	36
Gambar 3. 16 Zona Alterasi Hidrotermal dengan pH Asam Berdasarkan Temperatur	37
Gambar 4. 1 Pergerakan lempeng di Indonesia (Kavalieris, 1992).....	40
Gambar 4. 2 Tektonisme di busur kolisi sekitar Sulawesi Utara (Modifikasi Hamilton, 1978 dalam Surachman, 1987)	42
Gambar 4. 3 Penampang NW-SE pada Punggungan Sangihe (Kavalieris, 1992) ...	43
Gambar 4. 4 Jalur subduksi yang berkembang pada pulau Sulawesi (Kavarielis, 1992)	43

Gambar 4. 5 Geologi Pulau Sulawesi (modifikasi Hamilton (1979) dalam Kavalieris (1992))	44
Gambar 4. 6 Pola Pengaliran Daerah Penelitian	48
Gambar 4. 7 Peta Geomorfologi Daerah Penelitian	50
Gambar 4. 8 Gunung Tampusu (Utami, 2011).....	52
Gambar 4. 9 Danau Kawah Linau (Utami, 2011)	52
Gambar 4. 10 Peta Geologi Daerah Penelitian.....	54
Gambar 4. 11 Sayatan Tipis Andesit Basaltik Pangolombian yang menunjukkan kehadiran mineral Plagioklas dan Piroksen yang tertanam pada massa dasar gelas .	55
Gambar 4. 12 Sayatan tipis Andesit Basaltik Gunung Tampusu yang memperlihatkan tekstur inequigranular vitoverik.....	57
Gambar 4. 13 Sayatan Tipis Andesit Basaltik Linau 1 yang memperlihatkan tekstur inequigranular vitoverik.....	58
Gambar 4. 14 Sayatan Tipis Andesit Basaltik Gunung Kasuan yang memperlihatkan tekstur inequigranular vitoverik.....	59
Gambar 4. 15 (A) (a) lava andesit, (b) breksi vulkanik, (c) tuff, (B) Fragmen Pumis, (C) Singkapan Lava Andesit Basaltik Gunung Tampusu, (D) Litologi Lava Andesit Basaltik dengan Struktur Vesikuler, (E) Litologi Obisidan Gunung Kasuan, (F) Singkapan Lava Andesit Ba.....	61
Gambar 4. 16 Analisis Kelurusan Daerah Penelitian	62
Gambar 5. 1 (A) Fumarol Linau, (B) Mata Air Panas Lahendong I, (C) Mata Air Panas Leilem, (D) Kolam Lumpur Leilem, (E) Mata Air Panas Lahendong II (Pertamina, 2011).....	73
Gambar 5. 2 Analisis Ternary Diagram Cl – SO ₄ – HCO ₃ (Giggenbach, 1988) Manifestasi Daerah Penelitian	76
Gambar 5. 3 Analisis Diagram Na – K – Mg (Giggenbach, 1988) Manifestasi Daerah Penelitian	77
Gambar 5. 4 Analisis Ternary Diagram Cl – SO ₄ – HCO ₃ (Giggenbach, 1988) Sumur "X"	81
Gambar 5. 5 Analisis Diagram Na – K – Mg (Giggenbach, 1988) Sumur "X"	82
Gambar 5. 6 Diagram Cl - Li - B Sumur "X"	83
Gambar 5. 7 Geothermometer Fumarol Linau CO ₂ /Ar – H ₂ /Ar	88

Gambar 5. 8 Geothermometer Fumarol Linau CO ₂ – H ₂	88
Gambar 5. 9 Grafik Temperatur (°C) Sumur "X"	91

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Waktu Penelitian Tugas Akhir	2
Tabel 3. 1 Klasifikasi Sistem Panas Bumi Berdasarkan Temperatur (diambil dari Saptadji, 2001).....	15
Tabel 3. 2 Klasifikasi tanah beruap (Elder, 1966) (diambil dari Saptadji, 2001)	18
Tabel 3. 3 Kandungan Kimia Fluida Panas Bumi	20
Tabel 3. 4 Persamaan Geothermometer Silika	31
Tabel 3. 5 Sulfidasi Rendah (Thompson dan Thomson, 1996).....	38
Tabel 5. 1 Distribusi Mineral Sekunder pada Sumur "X"	67
Tabel 5. 2 Parameter Kimia Fumarol Linau.....	70
Tabel 5. 3 Parameter Kimia Air Manifestasi Panas Bumi "KU"	73
Tabel 5. 4 Temperatur bawah permukaan kedalaman 0 - 554 m	84
Tabel 5. 5 Temperatur bawah permukaan kedalaman 554 - 1190 m	85
Tabel 5. 6 Temperatur bawah permukaan kedalaman 1190 - 1702 m	86
Tabel 5. 7 Temperatur Reservoir Daerah Penelitian Berdasarkan Geothermometer Na - K	89
Tabel 5. 8 Klasifikasi Sistem Panasbumi Berdasarkan Temperatur	92