



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS KARAKTERISTIK ALTERASI HIDROTHERMAL
PADA SUMUR ND-2 DAN KETERKAITANNYA DENGAN
SUMUR ND-1 DALAM PERMODELAN SISTEM PANASBUMI
DAERAH PROSPEK PANASBUMI LILLI-SEPPORAKI,
KABUPATEN POLEWALI MANDAR
PROVINSI SULAWESI BARAT**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**NICHOLAS DWIKA KUSUMO WICAKSONO
21100113130097**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI**

**SEMARANG
FEBRUARI 2018**

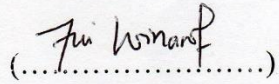

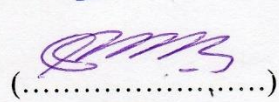

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

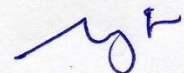
Nama : Nicholas Dwika Kusumo Wicaksono
NIM : 21100113130097
Departemen : Teknik Geologi
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisis Karakteristik Alterasi Hidrotermal pada Sumur ND-2 dan Keterkaitannya dengan Sumur ND-1 dalam Permodelan Sistem Panasbumi Daerah Prospek Panasbumi Lilli-Sepporaki, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing I	: Tri Winarno, ST., M.Eng NIP. 19790917 200812 1 004	 (.....)
Pembimbing II	: Rinal Khaidar Ali, ST., M.Eng NIK. 19850504 021401 1 225	 (.....)
Penguji I	: Yoga Aribowo, ST., MT NIP. 19790617 200501 1 003	 (.....)
Penguji II	: Jenian Marin, ST., M.Eng NIK. 19871014 021401 2 223	 (.....)

Semarang, 1 Februari 2018
Ketua Departemen Teknik Geologi


Najib, ST, M.Eng., Ph.D
NIP. 19771020 200501 1 001

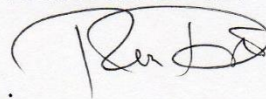
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Nicholas Dwika Kusumo Wicaksono

NIM : 21100113130097

Tanda Tangan :



Tanggal : 1 Februari 2018

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nicholas Dwika Kusumo Wicaksono
NIM : 21100113130097
Departemen : Teknik Geologi
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

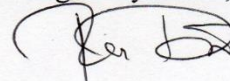
Analisis Karakteristik Alterasi Hidrotermal pada Sumur ND-2 dan Keterkaitannya dengan Sumur ND-1 dalam Permodelan Sistem Panasbumi Daerah Prospek Panasbumi Lilli-Sepporaki, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada tanggal : 1 Februari 2018

Yang menyatakan,



Nicholas Dwika Kusumo Wicaksono

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Karakteristik Alterasi Hidrotermal pada Sumur ND-2 dan Keterkaitannya dengan Sumur ND-1 Dalam Permodelan Sistem Panasbumi Daerah Prospek Panasbumi Lilli-Sepporaki, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat” dapat diselesaikan.

Tujuan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah untuk memberikan hasil analisis dan pengolahan data pada pengeboran sumur ND-2, serta pemodelan sistem panasbumi daerah prospek panasbumi Lilli-Sepporaki setelah diadakannya pengeboran landaian suhu pada sumur ND-1 dan ND-2.

Analisis tersebut berupa analisis SpecTERRA, *X-Ray Diffraction* (XRD), dan sayatan tipis petrografi, yang memberikan informasi lebih lanjut berupa sebaran mineral alterasi, paleotemperatur, serta zonasi alterasi pada daerah penelitian.

Laporan tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi dan memberikan informasi lebih dalam analisis karakteristik hidrotermal khususnya dalam pengeboran sumur landaian suhu.

Semarang, Februari 2018

Penulis,

Nicholas Dwika Kusumo Wicaksono

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan anugerah yang diberikan-Nya dalam segala proses pengerjaan.
2. Bapak Najib, ST., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Geologi, Universitas Diponegoro atas dukungan akademis selama masa kuliah di Teknik Geologi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Yoga Aribowo, ST., MT. selaku dosen wali yang telah memberikan saran akademik selama masa kuliah di Teknik Geologi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Tri Winarno, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing ke-1 dan Bapak Rinal Khaidar Ali, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing ke-2 yang telah memberikan berbagai ilmu, arahan, dan motivasi selama pelaksanaan bimbingan Tugas Akhir.
5. Bapak Yohannes Widajanto dan Ibu Crecentia Wirasti, serta Christopher Nindy Kusuma Winahyu yang telah memberikan banyak hal, terutama kasih sayang, doa, dan motivasinya.
6. Mbak Anis Kurniasih, ST., MT., Mbak Jenian Marin, ST., M.Eng., Mas Reddy Setyawan, ST., MT., dan Mas Ahmad Syauqi H, ST., MT. atas dukungan dan arahan selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
7. Segenap pihak Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panasbumi (PSDMBP) yang telah memberikan kesempatan untuk turut ikut dalam proses pengeboran landaian suhu di daerah prospek panasbumi Lilli-Sepporaki, sekaligus pengambilan data Tugas Akhir serta fasilitas dan berbagai ilmunya.
8. Seluruh warga Desa Sepporaki, Kecamatan Bulo-Matanga, Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat atas fasilitas dan kenyamanan yang telah diberikan selama pelaksanaan Tugas Akhir.

9. Seluruh staff pengajar, karyawan, dan alumni Teknik Geologi Universitas Diponegoro atas segala ilmu dan bantuan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
10. Segenap keluarga mahasiswa Teknik Geologi Universitas Diponegoro “MAGMADIPA” secara khusus angkatan 2013 atas kebersamaan dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
11. Anindya Estiandari, Kiflan Muzwar, AN Fadly, Imam Farchan Bagus Romario, Ilham Hani Pratama, dan Muhammad Idham Fauzan sebagai senior dan teman yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya.
12. Ishak Eliezer, Muhammad Jabaris Maulana, dan Clarista Angela sebagai rekan dan teman sepenanggungan selama masa kuliah khususnya masa kaderisasi.
13. Bima Rudistira Putra dan Kevin Alexander sebagai penghuni kontrakan dan *basecamp* atas bantuannya selama masa kuliah.
14. Teman – teman Griya Turus atas bantuan dan dukungannya selama penyusunan laporan Tugas Akhir.
15. Khansa Mutia Yahya sebagai teman dan sahabat selama masa kuliah dan penyusunan laporan Tugas Akhir atas dukungan dan bantuannya.

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Semua yang engkau lakukan beralaskan pada kemuliaan Tuhan yang lebih besar.

Ad Maiorem Dei Gloriam”

“Jadilah teladan bagi orang-orang percaya, dalam perkataanmu, dalam tingkah lakumu, dalam kasihmu, dalam kesetiaanmu, dan dalam kesucianmu.”

(1 Timotius 4 : 12)

Tugas akhir ini dipersembahkan untuk :

Johannes Widajanto Sarodjo

Crecentia Wirasti Djatmika

Christopher Nindyo Kusuma Winahyu

SARI

Penelitian ini berupa deskripsi dan analisis sampel intibor pengeboran landaian suhu sumur ND-2 daerah prospek panasbumi Lilli-Sepporaki, Sulawesi Barat pada kedalaman 15 – 701,3 m dengan tujuan mendapatkan informasi berupa variasi litologi, jenis dan kelimpahan mineral alterasi secara vertikal, serta zonasi alterasi berdasarkan himpunan mineral alterasi yang hadir. Hasil akhir penelitian ini berupa permodelan sistem panasbumi daerah prospek panasbumi Lilli-Sepporaki dengan sumur ND-2 sebagai data primer dan sumur ND-1 sebagai data sekunder.

Metode penelitian ini berupa deskripsi sifat fisik secara megaskopis dan analisis laboratorium pada sampel intibor sumur ND-2. Analisis laboratorium berupa petrografi, SpecTeRRA, dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil rekapitulasi data deskripsi megaskopis dan laboratorium dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik geologi bawah permukaan berupa litologi dan alterasi pada sumur tersebut. Data alterasi hidrotermal digunakan untuk interpretasi proses alterasi, asosiasi mineral alterasi, kondisi fluida hidrotermal, dan temperatur pembentukan mineral alterasi yang hadir, serta zona alterasi pada daerah penelitian.

Variasi litologi pada sumur ND-2 terdiri dari satuan tanah penutup, satuan andesit terubah, dan satuan breksi tufa terubah. Alterasi hidrotermal terjadi dari hasil proses penggantian pada massa dasar, plagioklas, dan piroksen, serta proses pengendapan langsung yaitu urat dan rongga. Asosiasi mineral alterasi yang hadir dengan jumlah melimpah adalah mineral lempung (smektit dan kaolin), kuarsa, kalsit, dan klorit, sedangkan mineral alterasi yang hadir sebagai penyerta berupa serisit, gipsum, laumontit, dan haloisit. Berdasarkan mineral alterasi diperkirakan suhu pembentukan mineral pada suhu rendah hingga menengah sebesar $\pm 50 - 200^{\circ}\text{C}$. Fluida hidrotermal yang berinteraksi dengan batuan samping termasuk dalam tipe fluida asam hingga netral. Berdasar pada asosiasi mineral alterasi sumur ND-2, maka termasuk tipe alterasi argilik. Pada permodelan sistem panasbumi Lilli-Sepporaki, dari hasil analisis karakteristik alterasi hidrotermal sumur ND-1 dan sumur ND-2, diperkirakan lapisan penudung berada di kedalaman 0 – 1000 m dibawah permukaan, lapisan reservoir kedalaman 1000 – 2500 m, dan *basement* kedalaman 2500 – 3500 m.

Kata kunci: Karakteristik alterasi hidrotermal, paleotemperatur, tipe alterasi, permodelan sistem panasbumi, Lilli-Sepporaki.

ABSTRACT

This research is about description and analysis of drill core samples of gradient temperature drilling on well ND-2, Lilli-Sepporaki geothermal prospect area, West Sulawesi at depth 15 – 701,3 m below surface with intention getting information about lithology variation, type and abundance of alteration minerals vertically, and also alteration zone based on alteration minerals assemblage. The result of this research is geothermal system model of Lilli-Sepporaki geothermal prospect based on well ND-2 as primary data and well ND-1 as secondary data.

The method of this research are physical properties description and laboratory analysis on drill core samples of well ND-2. Laboratory analysis such as petrography, SpecTeRRA, and X-Ray Diffraction (XRD). The recapitulation of megascopic and laboratory description data can be used to determine the subsurface geological characteristic such as lithology and alteration in this well. Hydrothermal alteration data is used for interpretation of alteration processes, alteration mineral associations, hydrothermal fluid conditions, and paleotemperature of alteration mineral, as well as alteration zone in the research area.

The lithology variation in well ND-2 consists of soil unit, altered andesite unit, and altered tuff breccia unit. Hydrothermal alteration occurs from the result of the replacement process on groundmass, plagioclase, and pyroxene, also direct precipitation such as veins and cavities. The mineral alteration associations that present with large amounts are clay minerals (smectite and kaolin), quartz, calcite, and chlorite, whereas minerals alteration that present as gangue mineral are sericite, gypsum, laumontite, and halloysite. Based on mineral alteration, paleotemperature can be estimated at low to medium temperature equal to $\pm 50 - 200^{\circ}\text{C}$. Hydrothermal fluid that interact to breached rock is interpreted as acid-neutral fluid types. Based on mineral alteration associations of well ND-2, alteration type of this well is argillic. Lilli-Sepporaki geothermal system model, from analysis of hydrothermal alteration characteristics of well ND-1 and ND-2, estimated that cap rock depth is 0 – 1000 m below surface, the reservoir depth is 1000 – 2500 m, and the basement depth is 2500 – 3500 m.

Keywords: *Hydrothermal alteration characteristic, paleotemperatur, alteration type, geothermal system model, Lilli-Sepporaki.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
SARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Objek Penelitian	2
I.3 Batasan Masalah Penelitian	2
I.4 Tujuan Penelitian	2
I.5 Manfaat Penelitian	3
I.6 Ruang Lingkup Wilayah Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Regional Daerah Penelitian	5
II.1.1 Geologi Daerah Penelitian	5
II.1.2 Sistem Panasbumi Daerah Penelitian	8
II.2 Sistem Panasbumi	9
II.3 Alterasi Hidrotermal	12
II.3.1 Proses dan Faktor Alterasi Hidrotermal	12
II.3.2 Kelompok Mineral Alterasi	16
II.3.3 Zonasi Alterasi	18
II.4 Klasifikasi Batuan Beku Vulkanik	20
II.4.1 Struktur	20
II.4.2 Tekstur	21
II.4.3 Mineral Penyusun Batuan Beku	22
II.4.4 Klasifikasi Travis (1985)	29
II.4.5 Klasifikasi Pettijohn (1975).....	29
II.5 Mineral Alterasi Hidrotermal	30

II.6 Hipotesis	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
III.1 Bahan Penelitian dan Alat yang Digunakan	36
III.1.1 Bahan Penelitian	36
III.1.2 Alat Penelitian	36
III.2 Tahap Penelitian	37
III.2.1 Tahap Persiapan	37
III.2.2 Tahap Pemerolehan Data	37
III.2.3 Tahap Analisis Laboratorium	38
III.2.4 Tahap Pengolahan Data	40
III.2.5 Tahap Penyusunan Hasil dan Laporan Akhir	40
III.3 Diagram Alir Penelitian	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
IV.1 Ketersediaan Data	42
IV.1.1 Data Lapangan	43
IV.1.2 Analisis Petrografi	44
IV.1.3 Analisis SpecTERRA	44
IV.1.4 Analisis XRD	45
IV.2 Variasi Litologi Pada Sumur ND-2	46
IV.2.1 Satuan Tanah Penutup/ <i>Soil</i>	46
IV.2.2 Satuan Andesit Terubah	47
IV.2.3 Satuan Breksi Tufa Terubah	65
IV.3 Alterasi Batuan Pada Sumur ND-2	77
IV.4 Paleotemperatur	79
IV.5 Tipe dan Zonasi Alterasi Sumur	86
IV.6 Karakteristik Alterasi Hidrotermal Sumur ND-1	88
IV.7 Pemodelan Sistem Panasbumi Lilli-Sepporaki Berdasar Sumur ND-1 dan ND-2.....	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	96
V.1 Kesimpulan.....	96
V.2 Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta lokasi daerah penelitian (Setiawan dan Soetoyo, 2011)	4
Gambar 2.1 Zona Batas Lempeng Indonesia (Hall dan Smyth, 2008); Kotak merah merupakan daerah penelitian	5
Gambar 2.2 Peta Fisiografi Regional Sulawesi (Hall dan Wilson, 2000); Kotak merah merupakan daerah penelitian	6
Gambar 2.3 Peta Geologi Daerah Panasbumi Lilli-Sepporaki, Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat (Setiawan dan Soetoyo, 2011)	7
Gambar 2.4 Perpindahan panas pada sistem panasbumi (Saptadji, 2002)	10
Gambar 2.5 Mineral alterasi hidrotermal indikator temperatur (Hedenquist dan Reid, 1985)	14
Gambar 2.6 Mineral alterasi hidrotermal sebagai indikator temperatur (Reyes, 2000)	15
Gambar 2.7 Tipe alterasi hidrotermal berdasarkan hubungan temperatur dan pH fluida hidrotermal (Corbett dan Leach, 1997)	19
Gambar 2.8 Skema Seri Reaksi Bowen (Williams, 1982 dalam Endarto, 2005)	23
Gambar 2.9 Mineral plagioklas pada sayatan tipis Norite (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	24
Gambar 2.10 Mineral olivin pada sayatan tipis Dunite (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	24
Gambar 2.11 Mineral ortopiroksen pada sayatan tipis (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	25
Gambar 2.12 Mineral klinopiroksen pada sayatan tipis Basalt (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	26
Gambar 2.13 Mineral hornblende pada sayatan tipis (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	26
Gambar 2.14 Mineral biotit pada sayatan tipis Granite (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	27
Gambar 2.15 Mineral ortoklas pada sayatan tipis (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (Sutarto dan Yudiantoro, 2005)	27
Gambar 2.16 Mineral muskovit pada sayatan tipis (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (Sutarto dan Yudiantoro, 2005)	28
Gambar 2.17 Mineral kuarsa pada sayatan tipis Granite (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	29
Gambar 2.18 Klasifikasi batuan beku (Travis, 1955)	29
Gambar 2.19 Mineral ilit (a) Kenampakan di lapangan (b) Kenampakan di sayatan tipis (Thompson dan Thompson, 1996)	31
Gambar 2.20 Mineral kuarsa (a) Kenampakan di lapangan (b) Kenampakan di sayatan tipis (Thompson dan Thompson, 1996)	31
Gambar 2.21 Mineral kalsit pada sayatan tipis (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	32

Gambar 2.22 Mineral klorit pada sayatan tipis (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	33
Gambar 2.23 Mineral epidot pada sayatan tipis (a) Nikol sejajar (b) Nikol bersilang (MacKenzie dan Guilford, 1980)	33
Gambar 2.24 Mineral serisit (a) Kenampakan di lapangan (b) Kenampakan di sayatan tipis (Thompson dan Thompson, 1996)	34
Gambar 2.25 Mineral gipsum (a) Kenampakan di lapangan (https://www.mindat.org/ , diakses pada 5 Oktober 2017) (b) Kenampakan di sayatan tipis (http://www.panoramio.com/ , diakses pada 5 Oktober 2017)	34
Gambar 2.26 Mineral anhidrit (a) Kenampakan di lapangan (https://www.mindat.org/ , diakses pada 5 Oktober 2017) (b) Kenampakan di sayatan tipis (http://www.panoramio.com/ , diakses pada 5 Oktober 2017)	35
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	41
Gambar 4.1 Daftar sampel analisis laboratorium (tanpa skala)	42
Gambar 4.2 Composite log litologi dan alterasi hasil deskripsi lapangan	43
Gambar 4.3 Satuan Tanah penutup / soil pada kedalaman 12 – 15 m	47
Gambar 4.4 Andesit Terubah I pada kedalaman 44 – 48 m	48
Gambar 4.5 Sayatan tipis andesit terubah I pada kedalaman 43,7 m (a) Plagioklas terubah menjadi kuarsa sekunder dan piroksen terubah menjadi serisit (b) Plagioklas terubah menjadi mineral lempung	48
Gambar 4.6 Andesit Terubah II pada kedalaman 120 – 128 m	49
Gambar 4.7 Sayatan tipis andesit terubah II pada kedalaman 86,8 m (a) Plagioklas berukuran 2-3 mm dan sebagian terubah menjadi mineral lempung (b) Plagioklas terubah menjadi mineral lempung	50
Gambar 4.8 Andesit Terubah III pada kedalaman 184 – 192 m	51
Gambar 4.9 Sayatan tipis andesit terubah III pada kedalaman 171,3 m (a) Urat terisi oleh serisit dan kuarsa sekunder, serta plagioklas terubah menjadi mineral lempung (b) Plagioklas terubah menjadi mineral lempung	52
Gambar 4.10 Andesit Terubah IV pada kedalaman 280 – 288 m	53
Gambar 4.11 Sayatan tipis andesit terubah IV pada kedalaman 291,9 m (a) Plagioklas terubah menjadi serisit dan kuarsa sekunder (b) Plagioklas terubah menjadi mineral lempung	54
Gambar 4.12 Andesit Terubah V pada kedalaman 336 – 344 m	55
Gambar 4.13 Sayatan tipis andesit terubah V pada kedalaman 331,3 m (a) Piroksen dan plagioklas berukuran 1-2mm, serta plagioklas terubah menjadi mineral lempung (b) Plagioklas berukuran 2-3 mm dan sebagian terubah menjadi serisit	56
Gambar 4.14 Andesit Terubah VI pada kedalaman 384 – 392 m	57
Gambar 4.15 Sayatan tipis andesit terubah VI pada kedalaman 388,3 m (a) Plagioklas terubah menjadi mineral lempung, kuarsa sekunder,	

	dan serisit (b)Plagioklas dan piroksen berukuran 1-2 mm dan sebagian piroksen berubah menjadi mineral lempung.....	58
Gambar 4.16	Andesit Terubah VII pada kedalaman 500 – 508 m	59
Gambar 4.17	Sayatan tipis andesit terubah VII pada kedalaman 468,2 m (a) Plagioklas berubah sebagian menjadi mineral lempung (b) Piroksen berubah menjadi mineral lempung dan plagioklas berubah menjadi serisit dan kuarsa sekunder	60
Gambar 4.18	Andesit Terubah VIII pada kedalaman 548 – 556 m	61
Gambar 4.19	Sayatan tipis andesit terubah VIII pada kedalaman 531,4 m (a) Plagioklas berubah menjadi kuarsa sekunder dan mineral lempung (b) Plagioklas berubah menjadi serisit, mineral lempung, dan kuarsa sekunder.....	62
Gambar 4.20	Andesit Terubah IX pada kedalaman 580 – 588 m	63
Gambar 4.21	Sayatan tipis andesit terubah IX pada kedalaman 601,2 m (a) Plagioklas berubah menjadi kuarsa sekunder, mineral lempung, dan serisit (b) Plagioklas berubah menjadi kuarsa sekunder	64
Gambar 4.22	Andesit Terubah X pada kedalaman 644 – 652 m	65
Gambar 4.23	Breksi Tufa I pada kedalaman 564 – 572 m	66
Gambar 4.24	Sayatan tipis breksi tufa terubah I pada kedalaman 569,5 m (a) Piroksen berubah sebagian menjadi mineral lempung (b) Urat terisi oleh kuarsa sekunder dan serisit	67
Gambar 4.25	Breksi Tufa II pada kedalaman 604 – 612 m	68
Gambar 4.26	Sayatan tipis breksi tufa terubah II pada kedalaman 619 m (a) Urat yang terisi oleh kuarsa sekunder dan piroksen yang berubah menjadi mineral lempung (b) Urat berukuran kasar yang terisi oleh mineral lempung, kuarsa sekunder, dan serisit	69
Gambar 4.27	Breksi Tufa III pada kedalaman 620 – 628 m	70
Gambar 4.28	Sayatan tipis breksi tufa terubah III pada kedalaman 637 m (a) Plagioklas yang berubah menjadi kuarsa sekunder dan mineral lempung (b) Plagioklas berubah menjadi serisit, mineral lempung, dan kuarsa sekunder	71
Gambar 4.29	Breksi Tufa IV pada kedalaman 668 – 672 m	72
Gambar 4.30	Sayatan tipis breksi tufa terubah IV pada kedalaman 665 m (a) Plagioklas berubah menjadi kuarsa sekunder dan mineral lempung (b) Plagioklas berubah menjadi serisit dan mineral lempung	73
Gambar 4.31	Breksi Tufa V pada kedalaman 684 – 692 m	74
Gambar 4.32	Sayatan tipis breksi tufa terubah V pada kedalaman 681,6 m (a) Plagioklas berubah menjadi serisit, kuarsa sekunder, dan mineral lempung (b) Plagioklas berubah menjadi mineral lempung dan serisit	75
Gambar 4.33	Breksi Tufa VI pada kedalaman 692 – 700 m	76
Gambar 4.34	Sayatan tipis breksi tufa terubah VI pada kedalaman 699,75 m (a) Piroksen berubah menjadi serisit dan kuarsa sekunder (b) Piroksen berubah menjadi mineral lempung dan kuarsa sekunder.....	77

Gambar 4.35 Plot temperatur pada kedalaman 0 – 50 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	80
Gambar 4.36 Plot temperatur pada kedalaman 50 – 100 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	80
Gambar 4.37 Plot temperatur pada kedalaman 100 – 150 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	81
Gambar 4.38 Plot temperatur pada kedalaman 150 – 200 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	81
Gambar 4.39 Plot temperatur pada kedalaman 200 – 250 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	81
Gambar 4.40 Plot temperatur pada kedalaman 250 – 300 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	82
Gambar 4.41 Plot temperatur pada kedalaman 300 – 350 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	82
Gambar 4.42 Plot temperatur pada kedalaman 350 – 400 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	83
Gambar 4.43 Plot temperatur pada kedalaman 400 – 450 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	83
Gambar 4.44 Plot temperatur pada kedalaman 450 – 500 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	83
Gambar 4.45 Plot temperatur pada kedalaman 500 – 550 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	84
Gambar 4.46 Plot temperatur pada kedalaman 550 – 600 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	84
Gambar 4.47 Plot temperatur pada kedalaman 600 – 650 m (Modifikasi Hedenquist, 1985 dan Reyes, 2000)	85
Gambar 4.48 Plot temperatur pada kedalaman 650 – 700 m (Modifikasi Hedenquist dan Reid, 1985 dan Reyes, 2000)	85
Gambar 4.49 <i>Composite log</i> litologi dan paleotemperatur sumur berdasarkan suhu pembentukan mineral alterasi sumur ND-2	86
Gambar 4.50 <i>Composite log</i> litologi, mineral alterasi, paleotemperatur, dan tipe alterasi sumur ND-2	88
Gambar 4.51 <i>Composite log</i> litologi, mineral alterasi, paleotemperatur, dan tipe alterasi sumur ND-1	90
Gambar 4.52 Model tentatif sistem panasbumi daerah Lilli-Sepporaki (PSDMBP, 2011) beserta letak sumur ND-1 dan sumur ND-2 ...	91
Gambar 4.53 Korelasi litologi antara sumur ND-1 dan sumur ND-2 secara 3D (tiga dimensi)	92
Gambar 4.54 Permodelan zona alterasi beserta temperatur bawah permukaan pada daerah panasbumi Lilli-Sepporaki berdasar pada sumur ND-1 dan sumur ND-2 secara 3D (tiga dimensi) dan dihubungkan dengan model konseptual endapan epitermal tertutup alterasi argilik (Drier, 1982)	93
Gambar 4.55 Hasil survei geofisika (magnetotelurik) daerah panasbumi Lilli (Bakrun dan Sumardi, 2011) beserta lokasi mata airpanas Lilli, sumur ND-1, dan sumur ND-2.	94

Gambar 4.56 Interpretasi model panasbumi daerah prospek panasbumi Lilli-
Sepporaki 95

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Bahan penelitian berupa data primer dan data sekunder	36
Tabel 3.2 Peralatan lapangan dan peralatan laboratorium	37
Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil deskripsi sayatan tipis batuan pada analisis petrografi	44
Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil analisis SpecTERRA	45
Tabel 4.3 Rekapitulasi hasil analisis XRD	46
Tabel 4.4 Hasil rekapitulasi mineral alterasi berdasarkan analisis laboratorium	77
Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil pengamatan petrografi mineral sekunder ND-1	89

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: Hasil Deskripsi Petrografi	101
LAMPIRAN 2: Hasil Analisis SpecTERRA	131
LAMPIRAN 3: Hasil Analisis XRD	132