



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS *LAND SURFACE TEMPERATURE*, PERSEBARAN  
MINERAL LEMPUNG DAN *FAULT FRACTURE DENSITY*  
DENGAN MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 PADA SISTEM  
PANAS BUMI DIENG DAN SEKITARNYA, PROVINSI JAWA  
TENGAH, INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD AFKARUL HAQ**

**21100113140102**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**JULI 2017**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR  
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS *LAND SURFACE TEMPERATURE*, PERSEBARAN MINERAL  
LEMPUNG DAN *FAULT FRACTURE DENSITY* DENGAN  
MENGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 PADA SISTEM PANAS BUMI  
DIENG DAN SEKITARNYA, PROVINSI JAWA TENGAH, INDONESIA**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Pendidikan Sarjana Strata-1 Pada Fakultas Teknik  
Departemen Teknik Geologi  
Universitas Diponegoro

Oleh :

**Muhammad Afkarul Haq  
21100113140102**

Telah disetujui dan disahkan pada  
Hari/Tanggal :


Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Yoga Aribowo, S.T., MT  
NIP. 197906172005011003



Ahmad Syauqi H, S.T., MT  
NIK. 199011180115081081

Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Geologi



Najib S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197710202005011001


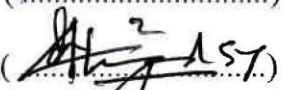

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Afkarul Haq  
NIM : 21100113140102  
Departemen : Teknik Geologi  
Judul Skripsi : Analisis *Land Surface Temperature*, Persebaran Mineral Lempung dan *Fault Fracture Density* dengan Menggunakan Citra Landsat 8 pada Sistem Panas Bumi Dieng dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia.

**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

Penguji I : Yoga Aribowo, S.T., M.T. (  )  
Penguji II : Ahmad Syauqi H., S.T., M.T. (  )  
Penguji III : Ir. Henarno Pudjihardjo, MT (  )

Semarang, 31 Juli 2017 .....

Ketua Departemen Teknik Geologi


  
**Najib S.T., M.Eng., Ph.D.**  
NIP. 197710202005011001

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Muhammad Afkarul Haq

NIM : 21100113140102

Tanda Tangan : 

Tanggal : 31 Juli 2017

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

---

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

Nama : Muhammad Afkarul Haq  
NIM : 21100113140102  
Departemen : Teknik Geologi  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Analisis *Land Surface Temperature*, Persebaran Mineral Lempung dan *Fault Fracture Density* dengan Menggunakan Citra Landsat 8 pada Sistem Panas Bumi Dieng dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia”**

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 memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : 31 Juli 2017

Yang menyatakan



Muhammad Afkarul Haq

## KATA PENGANTAR

Panas bumi merupakan energi terbarukan yang memiliki potensi cukup besar di Indonesia. Ketergantungan akan bahan fosil merupakan problematika yang hanya dapat diatasi dengan melakukan diversifikasi energi. Peluang untuk memanfaatkan energi panas bumi akan semakin tinggi dengan adanya pemahaman yang lebih baik mengenai eksplorasi, eksploitasi dan pemanfaatan dari energi yang menjanjikan ini.

Penelitian ini membahas mengenai eksplorasi panas bumi yang meliputi interpretasi *Land Surface Temperature*, persebaran mineral lempung menggunakan *Band Ratio* dan *Fault Fracture Density* yang diterapkan pada daerah penelitian, yaitu Kawasan Dieng dan sekitarnya, Provinsi Jawa Tengah.

Dengan adanya penelitian ini, penulis berharap agar pembaca mampu mengembangkan data dan interpretasi hasil penelitian, maupun menjadi metode yang digunakan sebagai salah satu referensi dalam melakukan penelitian pada kawasan panas bumi lainnya. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Semarang, Juli 2017

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penyusun banyak mendapat bantuan dan bimbingan baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penyusun ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT dan Rasulullah Muhammad Shallallahu ‘alaihi wassalam selaku sumber tuntunan dan bimbingan dalam melaksanakan kehidupan di Dunia dan Akhirat.
2. Bapak Najib, ST, M.Eng., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang
3. Bapak Yoga Ariwibowo ST., MT dan Bapak Ahmad Syauqi Hidayatillah ST, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir I dan II yang telah memberikan saran, bimbingan, nasehat, serta ilmu yang bermanfaat.
4. Bapak Tri Winarno, ST, M.Eng selaku Koordinator Akademik yang telah memberi arahan mengenai mekanisme dalam melaksanakan Tugas Akhir.
5. Seluruh Dosen Teknik Geologi Universitas Diponegoro yang telah mendidik penulis selama masa perkuliahan.
6. Kedua orangtua saya Ibu Zahrah Frida dan Almarhum Bapak Nukman Basyir Affan, serta kakak saya Dara Rozanna dan abang saya Zhafran Aufa, serta keluarga besar yang telah membimbing dan mendidik saya sejak kecil hingga dewasa.
7. Michi Oktaviana, Trio, Nashir, Davi, Dennis, Judika, Ganda, Bima, Fandy, Hafidz, Dwika, Bayu, Zaky, Ilham Hani, Taufik yang telah memberikan motivasi dan masukan yang sangat bermanfaat.
8. Reza, Dzikra, Aji, Biordio dan seluruh teman – teman Lalukhe yang selalu memberikan arahan, semangat, masukan selama ini.
9. Teman seperjuangan Geologi Undip 2013 yang telah menjadi rekan sekaligus keluarga dalam berbagai keadaan, serta Seluruh Mahasiswa dan Mahasiswa Teknik Geologi Universitas Diponegoro.
10. Seluruh staff administrasi dan tata usaha Teknik Geologi Universitas Diponegoro Semarang.

## ABSTRAK

Dieng merupakan prospek panas bumi yang terletak di Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Eksplorasi pada kawasan panas bumi Dieng harus terus ditingkatkan untuk menemukan daerah potensial baru agar bisa dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui anomali temperatur, keterdapatn alterasi hidrotermal di permukaan berdasarkan persebaran mineral lempung, kerapatan struktur pada daerah penelitian dan mengetahui tingkat akurasi data citra satelit dalam mendeterminasi manifestasi panas bumi di daerah penelitian.

Landsat 8 diolah untuk mengetahui *Land Surface Temperature*, persebaran mineral lempung dengan *Band Ratio* metode *Abram's Ratio* dan *Chica Olma Ratio*, serta *Fault Fracture Density*. Observasi lapangan berupa pengambilan data dan sampel manifestasi. Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui akurasi pengolahan dan interpretasi citra pada daerah penelitian.

Berdasarkan hasil pengolahan data, anomali temperatur banyak dijumpai di Kecamatan Batur, Kecamatan Kejajar dan Kecamatan Wonosobo, hasil pengolahan data menggunakan *Band Ratio* metode *Abram's* menunjukkan oksida besi memiliki keterdapat melimpah di Kecamatan Pejawaran, Kecamatan Batur, Kecamatan Kejajar, Kecamatan Mojo Tengah dan Kecamatan Wonosobo, sedangkan di daerah lain didominasi oleh mineral lempung dan vegetasi. Hasil interpretasi *Fault Fracture Density* menunjukkan daerah dengan kerapatan struktur paling tinggi terletak pada bagian tengah dan timur daerah penelitian. Hasil observasi lapangan menunjukkan manifestasi mata air panas/hangat dan fumarol dijumpai di Kecamatan Kalibening, Kecamatan Wanayasa, Kecamatan Pejawaran, Kecamatan Batur, Kecamatan Kejajar, Kecamatan Wonosobo dan Kecamatan Mojo Tengah, sedangkan singkapan batuan alterasi dijumpai pada Kecamatan Kalibening, Kecamatan Pejawaran, Kecamatan Batur, Kecamatan Kejajar. Pada daerah dengan kerapatan struktur yang tinggi banyak dijumpai beberapa jenis manifestasi, diantaranya adalah mata air panas/hangat, batuan alterasi dan telaga.

Penelitian ini menunjukkan metode *Land Surface Temperature* dan *Fault Fracture Density* menghasilkan akurasi yang relatif cukup baik dalam menentukan manifestasi panas bumi pada daerah penelitian, sedangkan *Band Ratio* metode *Abram's Ratio* dan *Chica Olma Ratio* tidak banyak membantu dalam menentukan manifestasi panas bumi di daerah penelitian.

Kata Kunci: Landsat 8, *Land Surface Temperature*, *Band Ratio*, *Fault Fracture Density*, Dieng.

## ABSTRACT

Dieng is one of geothermal prospect which located in Central Jawa Province, Indonesia. Exploration in Dieng geothermal area should be continued to find another potential area to be used. The purpose of the research is to determine temperature anomaly, hydrothermal alteration area on surface according to the spreading of clay mineral, structure density in research area and to know the accuracy of remote sensing data to determine geothermal manifestation in research area.

Landsat 8 is used to interpret the Land Surface Temperature, the spreading of clay mineral according to Band Ratio by Abram's and Chica Olma method, and Fault Fracture Density. Field observation has done to know the remote sensing accuracy to determine the surface manifestation on research area.

Data processing shows that thermal anomaly found in Batur subdistrict, Kejajar subdistrict and Wonosobo subdistrict. The result of processing data using Band Rasio by Abram's method shows iron oxide found excessively on Pejawaran subdistrict, Batur subdistrict, Kejajar subdistrict, Mojo Tengah subdistrict, and Wonosobo subdistrict, meanwhile another area dominated by clay mineral and vegetation. The result of Fault Fracture Density interpretation shows the area by the most highly structure density located in the centre and eastern section of the research area. The result of field observation shows hot/warm spring and fumarole manifestation found in field are located on Kalibening subdistrict, Wanayasa subdistrict, Pejawaran subdistrict, Batur subdistrict, Kejajar subdistrict, Wonosobo subdistrict and Mojo Tengah subdistrict, meanwhile rock alteration found on Kalibening subdistrict, Pejawaran subdistrict, Batur subdistrict, Kejajar subdistrict. In the area which has high structure density found any kinds of manifestation, such as hot/warm spring, rock alteration and lake.

The research shows Land Surface Temperature and Fault Fracture Density method resulting fairly good accuration in determine geothermal manifestation in research area, meanwhile Band Ratio using Abram's and Chica Olma methods not being much help in determine geothermal manifestation in research area.

Keyword : Landsat 8, Land Surface Temperature, Band Ratio, Fault Fracture Density, Dieng.

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan Tugas Akhir.....	ii
Halaman Pengesahan.....	iii
Halaman Pernyataan Orisinalitas.....	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	v
Kata Pengantar.....	vi
Ucapan Terimakasih.....	vii
Abstrak.....	viii
Abstract.....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel.....	xviii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	2
1.2.1 Maksud .....	2
1.2.2 Tujuan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah .....	3
1.6 Waktu Penelitian .....	4
1.7 Penelitian Terdahulu .....	4
1.8 Penelitian Terdahulu .....	5

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Geologi Regional Kawasan Dieng dan Sekitarnya .....	35
2.2 Penginderaan Jauh .....	11
2.2.1 Unsur-Unsur Dasar Penginderaan Jauh .....	13
2.2.2 Citra LDCM (Landsat Data Continuity Mission) atau Landsat-8.....	16
2.3 Penginderaan Jauh untuk Eksplorasi Panas Bumi.....	18

2.3.1 Analisis <i>Land Surface Temperature</i> (LST).....	14
2.3.2 <i>Band Ratio</i> dengan metode <i>Abram's Ratio</i> .....	16
2.3.3 Analisis <i>Fault Fracture Density</i> (FFD).....	17
2.4 Sistem Panas Bumi.....	24
2.4.1 Manifestasi Panas bumi.....	26
2.4.2 Tinjauan Geologi Sistem Panas bumi .....	34
2.4.3 Permeabilitas pada sistem panas bumi.....	37
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Metode Penelitian .....	40
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	41
3.2.1 Peralatan Penelitian.....	41
3.2.2 Bahan Penelitian (Data).....	41
3.3 Tahapan Penelitian .....	42
3.4 Digram Alir Penelitian .....	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Pengolahan Citra Landsat .....	45
4.1.1 Koreksi Radiometrik .....	46
4.1.2 Pembuatan Citra Komposit ( <i>Fusi band</i> ).....	49
4.1.3 Pemotongan ( <i>Cropping</i> ).....	51
4.1.4 Pengolahan <i>Land Surface Temperature</i> .....	51
4.1.5 Pengolahan <i>Band Ratio</i> Metode <i>Abram's Ratio</i> dan <i>Chica – Olma</i> <i>Ratio</i> .....	59
4.1.6 Pengolahan <i>Fault Fracture Density</i> .....	62
4.2 Interpretasi Citra Landsat.....	65
4.2.1 Interpretasi <i>Land Surface Temperature</i> .....	65
4.2.2 Interpretasi Persebaran Mineral Lempung dengan <i>Band Ratio</i> Untuk Memprediksi Manifestasi Batuan Alterasi.....	68
4.2.3 Interpretasi <i>Fault Fracture Density</i> .....	72
4.3 Hubungan <i>Land Surface Temperature</i> , <i>Band Ratio</i> dan <i>Fault Fracture</i> <i>Density</i> dengan Manifestasi Panas bumi pada Daerah Penelitian.....	74
4.3.1 Manifestasi Panas Bumi pada Daerah Penelitian.....	75

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....107

5.2 Saran .....108

**DAFTAR PUSTAKA** .....109

## **LAMPIRAN**

Lampiran 1 Tabel daftar manifestasi pada daerah penelitian.....112

Lampiran 2 Tabel Nilai Kelurusan dan Struktur Sirkular .....114

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Korelasi satuan peta Geologi Lembar Banjarnegara-Pekalongan, 1408-4, 1409-1.....	10
Gambar 2.1 Peta Geologi Lembar Banjarnegara-Pekalongan, 1408-4, 1409-1 (Condon dkk, 1996) .....	10
Gambar 2.3 Skema Penginderaan Jauh.....	12
Gambar 2.4 Fumarol pada Gunungapi Kilauea, Hawai'i. Unsur sulfur yang keluar dari fumarol mengalami pendinginan dan membentuk kristal berwarna kuning di sekitar fumarol.....	27
Gambar 2.5 Sumber mata air panas Tuti Adage, Nusa Tenggara Timur .....	28
Gambar 2.6 Prince of Wales Feathers dan Pohutu Geysir di daerah Whakarewarewa-Rotorua, New Zealand pada saat erupsi.....	28
Gambar 2.7 Silika sinter yang terbentuk di sekitar Waikorohihi Geysir, New Zealand .....	29
Gambar 2.8 Endapan karbonat dapat hadir dalam berbagai bentuk dan terkadang berkembang menjadi <i>terraces</i> berwarna – warni seperti yang terbentuk pada Mammoth Hot Spring, Yellowstone National Park, Wyoming. Foto oleh Darren Atkins.....	30
Gambar 2.9 Batuan alterasi hidrotermal pada tebing Paleochori, Milos, Yunani..	31
Gambar 2.10 Kolam air panas di Lapangan Orakei Korako, New Zealand.....	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	44
Gambar 4.1 Tampilan <i>Band</i> 1 Citra Landsat-8 <i>path/row</i> 120/65 hasil perekaman 14 Juni 2015.....	46
Gambar 4.2 Tampilan histogram <i>Band</i> 7 sebelum dikoreksi.....	47
Gambar 4.3 Tampilan algoritma <i>Band</i> 7 yang ingin di koreksi.....	47
Gambar 4.4 Tampilan histogram <i>Band</i> 7 sebelum dilakukan penghapusan <i>transform</i> .....	48
Gambar 4.5 Tampilan histogram <i>Band</i> 7 setelah dilakukan koreksi radiometrik dengan metode penyesuaian histogram .....	48
Gambar 4.6 Pembuatan citra komposit pada perangkat lunak Er Mapper	

7.0 dengan menampilkan <i>surface Red Green Blue</i> .....	50
Gambar 4.7 Citra Komposit <i>Band 4R 3G 2B</i> .....	50
Gambar 4.8 Citra landsat 8 yang telah mengalami proses pemotongan sesuai dengan batasan daerah penelitian .....	51
Gambar 4.9 Hasil pengolahan konversi data menjadi TOA <i>spectral radiance</i> pada <i>band 10</i> .....	52
Gambar 4.10 Hasil pengolahan konversi data menjadi TOA <i>spectral</i> <i>radiance</i> pada <i>band 11</i> .....	53
Gambar 4.11 Hasil perhitungan TOA <i>brightness temperature</i> yang sudah dikonversi kedalam Celcius pada <i>band 10</i> .....	54
Gambar 4.12 Hasil perhitungan TOA <i>brightness temperature</i> yang sudah dikonversi kedalam Celcius pada <i>band 11</i> .....	54
Gambar 4.13 Hasil perhitungan rata - rata TOA <i>brightness temperature</i> yang sudah dikonversi kedalam Celcius pada <i>band 10</i> dan <i>band 11</i> .....	55
Gambar 4.14 Hasil perhitungan LST dalam satuan Celcius .....	56
Gambar 4.15 Hasil perhitungan emisivitas berdasarkan proporsi vegetasi .....	57
Gambar 4.16 Hasil perhitungan proporsi vegetasi berdasarkan NDVI.....	58
Gambar 4.17 Peta NDVI berdasarkan perhitungan menggunakan <i>band 5</i> dan <i>band 4</i> .....	58
Gambar 4.18 Pemrosesan data citra Landsat 8 untuk mengetahui distribusi mineral lempung, oksida besi dan vegetasi menggunakan Metode <i>Abram's ratio</i> .....	59
Gambar 4.19 Hasil pengolahan <i>Band Ratio</i> metode <i>Abram's Ratio</i> .....	60
Gambar 4.20 Pemrosesan data citra Landsat 8 untuk mengetahui distribusi mineral lempung, oksida besi dan oksida <i>ferrous</i> menggunakan Metode <i>Chica-Olma ratio</i> pada perangkat lunak Er Mapper 7.0 .....	61
Gambar 4.21 Hasil pengolahan <i>Band Ratio</i> metode <i>Chica-Olma Ratio</i> .....	61
Gambar 4.22 Peta kelurusan berdasarkan berbagai sudut pencahayaan .....	62

Gambar 4.23 Peta interpretasi stuktur sirkular dan kelurusan pada daerah penelitian .....	63
Gambar 4.24 Peta interpretasi stuktur sirkular dan kelurusan yang ditampilkan dengan <i>grid</i> 4 km <sup>2</sup> .....	64
Gambar 4.25 Peta <i>Fault Fracture Density</i> pada daerah penelitian .....	65
Gambar 4.26 Peta <i>Land Surface Temperature</i> yang menunjukkan temperatur permukaan pada tiap kecamatan .....	67
Gambar 4.27 Peta Relief Topografi yang menunjukkan kenampakkan asli di permukaan .....	67
Gambar 4.28 Peta persebaran mineral lempung dan oksida besi berdasarkan metode <i>Abram's ratio</i> .....	71
Gambar 4.29 Peta persebaran mineral lempung dan oksida besi berdasarkan metode <i>Chica-Olma ratio</i> .....	72
Gambar 4.30 <i>Overlay</i> kontur kerapatan struktur dengan peta <i>Land Surface Temperature</i> pada daerah penelitian .....	73
Gambar 4.31 <i>Overlay</i> kontur kerapatan struktur dengan peta persebaran mineral lempung dengan <i>Band Ratio</i> pada daerah penelitian .....	74
Gambar 4.32 Peta persebaran manifestasi mata air panas dan fumarol.....	76
Gambar 4.33 Manifestasi air panas H-MG1 yang berasal dari sumber mata air panas yang telah ditutup dengan semen.....	77
Gambar 4.34 Manifestasi mata air hangat H-WN1 yang menunjukkan adanya gelembung - gelembung .....	78
Gambar 4.35 Manifestasi mata air hangat H-WN2 yang menunjukkan adanya gelembung – gelembung.....	79
Gambar 4.36 Manifestasi mata air hangat H-KB2 yang menunjukkan adanya endapan pada permukaan air.....	80
Gambar 4.37 Manifestasi mata air panas H-BT2 yang menunjukkan adanya uap panas .....	81
Gambar 4.38 Manifestasi mata air panas H-CD1 yang menunjukkan adanya uap panas .....	82
Gambar 4.39 Manifestasi mata air panas H-SK2 yang menunjukkan adanya	

uap panas .....	83
Gambar 4.40 Manifestasi mata air panas AH-PJ1 yang menunjukkan adanya uap panas .....	84
Gambar 4.41 Manifestasi mata air panas H-PS1 .....	85
Gambar 4.42 Manifestasi mata air panas H-TG1 .....	86
Gambar 4.43 Manifestasi mata air panas H-TG2 .....	87
Gambar 4.44 Manifestasi mata air panas H-GL1 .....	88
Gambar 4.45 Manifestasi fumarol F-CD1 yang menunjukkan adanya uap panas..	89
Gambar 4.46 Manifestasi fumarol AF-CD2 yang menunjukkan adanya uap panas .....	90
Gambar 4.47 (a) dan (b) menunjukkan manifestasi fumarol AF-SK3, (c) menunjukkan adanya endapan kuning kehijauan pada rekahan ..	91
Gambar 4.48 Lokasi singkapan batuan alterasi pada daerah penelitian.....	92
Gambar 4.49 Singkapan batuan alterasi A-KB1.....	93
Gambar 4.50 Singkapan batuan alterasi A-DI1 .....	94
Gambar 4.51 Singkapan batuan alterasi A-BT1 .....	95
Gambar 4.52 Singkapan batuan alterasi A-BT3 .....	96
Gambar 4.53 Singkapan batuan alterasi A-CD1.....	97
Gambar 4.54 Singkapan batuan alterasi AF-CD2 .....	98
Gambar 4.55 (a) menunjukkan singkapan batuan alterasi dengan batuan berwarna putih, (b) batuan alterasi dengan warna putih kehijauan, (c) fragmen andesit dengan pelapukan mengulit bawang .....	99
Gambar 4.56 (a) menunjukkan singkapan batuan A-SK1, (b) endapan putih pada batuan, (c) endapan hijau dan endapan hitam pada batuan, (d) endapan putih kemerahan pada batuan.....	100
Gambar 4.57 (a) menunjukkan singkapan batuan AF-SK3, (b) endapan berwarna kuning kehijauan yang sebagian besar telah berubah warna menjadi merah, (c) endapan putih pada batuan yang dikelilingi batuan yang berwarna merah .....	101
Gambar 4.58 Singkapan batuan alterasi A-TI1 .....	102
Gambar 4.59 <i>Overlay</i> peta <i>Fault Fracture Density</i> dengan peta persebaran	

mineral lempung <i>Band Ratio</i> Metode <i>Abram's</i> dan titik manifestasi batuan alterasi .....	106
Gambar 4.60 <i>Overlay</i> peta <i>Fault Fracture Density</i> dengan peta <i>Land Surface Temperature</i> dan titik manifestasi mata air panas/hangat serta fumarol .....	106

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kombinasi dan aplikasi <i>Band</i> .....	18
Tabel 2.2 Perbandingan <i>Band</i> pada Citra Landsat 7 ETM+ dan Citra <i>LDCM</i> .....	18
Tabel 2.3 Mineral penciri hasil alterasi fluida hidrotermal.....	31
Tabel 2.4 Hubungan laju aliran panas dengan tingkat kekuatan pemanasan tanah .....	32