

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
ABSTRAK .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Lokasi Penelitian .....	5
1.7 Peneliti Terdahulu .....	6
1.8 Keaslian Penelitian .....	6
BAB II GEOLOGI REGIONAL .....	13
2.1 Fisiografi .....	13
2.2 Stratigrafi Regional .....	15

2.3 Stratigrafi Daerah Penelitian.....	16
<b>BAB III LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS.....</b>	<b>23</b>
3.1 Alterasi Hidrotermal.....	23
3.2 Endapan Epitermal .....	33
3.3 Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi .....	37
3.4 Hipotesis .....	48
<b>BAB IV TAHAP DAN METODE PENELITIAN.....</b>	<b>50</b>
4.1 Alat dan Bahan .....	50
4.1.1 Alat .....	50
4.1.2 Bahan .....	51
4.2 Tahap dan Metode Penelitian .....	52
4.2.1 Studi Pustaka .....	52
4.2.2 Pekerjaan Lapangan .....	52
4.2.3 Pekerjaan Studio dan Laboratorium .....	54
4.2.4 Integrasi, Analisis, dan Interpretasi Data .....	57
4.2.5 Penyusunan Laporan .....	59
4.3 Diagram Alir .....	61
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>62</b>
5.1 Geomorfologi Daerah Penelitian.....	62
5.1.1 Satuan Perbukitan Dinding Kaldera Budheg.....	63
5.1.2 Satuan Perbukitan Karst Denudasional .....	68
5.1.3 Satuan Dataran Denudasional.....	69
5.2 Stratigrafi Daerah Penelitian.....	69

5.2.1 Satuan Lava Andesit .....	72
5.2.2 Satuan Breksi Andesit .....	74
5.2.3 Satuan Intrusi Mikrogranodiorit .....	77
5.2.4 Satuan Breksi Polimik .....	79
5.2.5 Satuan Batugamping Terumbu .....	81
5.2.6 Satuan Aluvial.....	83
5.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian.....	84
5.3.1 Kekar .....	84
5.3.2 Sesar .....	86
5.4 Sejarah Geologi .....	90
5.5 Alterasi Hidrotermal Daerah Penelitian.....	93
5.5.1 Alterasi Propilitik (Kuarsa-Klorit-Karbonat+Smektit) .....	93
5.5.2 Alterasi Argilik (Kuarsa-Kaolinit-Ilit-Smektit+Diaspor)...	96
5.5.3 Alterasi Argilik Lanjut (Kuarsa-Kaolinit-Alunit-Pirofilit- Diaspor+Ilit+Smektit .....	98
5.5.4 Silisifikasi .....	100
5.6 Mineralisasi Bijih Daerah Penelitian.....	102
5.6.1 Pembuatan Slab.....	104
5.6.2 Analisis Sayatan Poles .....	105
5.6.3 Paragenesis Mineral Bijih Daerah Penelitian .....	109
5.7 Kontrol Geologi terhadap Alterasi dan Mineralisasi.....	112
5.8 Interpretasi Hasil Geokimia Bijih.....	115
5.9 Karakteristik Endapan dan Tipe Endapan .....	117

5.9.1 Tahapan Alterasi Hidrotermal dan Mineralisasi Bijih di Daerah	
Penelitian.....	117
5.9.2 Model Genetik dan Tipe Endapan .....	122
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	131
6.1 Kesimpulan .....	131
6.2 Saran .....	132
DAFTAR PUSTAKA .....	133

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Penelitian terdahulu dan penelitian yang dilakukan .....	8
Tabel 3.1	Mineral hasil ubahan batuan yang menjadi petunjuk temperatur pembentukan (Reyes, 1990).....	31
Tabel 3.2	Tipe alterasi berdasarkan himpunan mineral (modifikasi dari Guilbert dan Park, 1986) .....	32
Tabel 3.3	Karakteristik endapan epitermal sulfidasi rendah dan endapan epitermal sulfidasi tinggi (Hedenquist dkk., 2000; Sillitoe dan Hedenquist, 2003).....	36
Tabel 3.4	Karakteristik endapan epitermal sulfidasi tinggi. modifikasi dari Hedenquist dkk. (2000) .....	38
Tabel 3.5	Kelimpahan mineral bijih pada endapan epitermal sulfidasi tinggi, modifikasi dari White dan Hedenquist (1995).....	48
Tabel 5.1	Klasifikasi morfologi (morfometri) menurut Zuidam (1983). .....	62
Tabel 5.2	Paragenesis dan kelimpahan mineral pada masing-masing zona alterasi .....	101
Tabel 5.3	Hasil slab yang menampilkan tekstur urat kuarsa, derajat oksidasi, dan mineralisasi sulfida yang dapat diamati secara makroskopis.....	104
Tabel 5.4	Paragenesis dan kelimpahan mineral bijih pada <i>vuggy quartz</i> di daerah penelitian .....	112
Tabel 5.5	Rangkuman penjelasan mengenai kontrol geologi terhadap alterasi dan mineralisasi .....	115
Tabel 5.6	Hasil analisis geokimia bijih .....	115
Tabel 5.7	Rentang suhu pembentukan mineral alterasi (Reyes, 1990) dan kelimpahannya di daerah penelitian .....	119
Tabel 5.8	Paragenesis mineral alterasi hidrotermal dan mineral bijih di daerah penelitian .....	121
Tabel 5.9	Karakteristik endapan epitermal sulfidasi tinggi (modifikasi Hedenquist dkk., 2000) dan perbandingannya dengan karakteristik pembentukan endapan epitermal sulfidasi tinggi di daerah penelitian (ditandai huruf dicetak tebal) .....	128

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Penelitian, digambar ulang dari Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Kalidawir Skala 1:25.000 (Bakosurtanal, 1992).....	6
Gambar 1.2	Peta Lokasi Pengambilan Sampel dari Peneliti Terdahulu	12
Gambar 2.1	Pembagian fisiografi Jawa bagian tengah-timur, modifikasi dari van Bemmelen (1949) dan lokasi daerah penelitian.....	13
Gambar 2.2	Pembagian fisiografi sebagian daerah Jawa bagian tengah dan timur menurut Husein dkk (2016) dan lokasi daerah penelitian.....	15
Gambar 2.3	Bagian Timur dari Peta Geologi Regional Lembar Tulungagung (digambar ulang dari Samodera dkk., 1992) dan Posisi Daerah Penelitian (kotak warna kuning) disertai dengan Lokasi Pengambilan Sampel dari Peneliti Terdahulu (kotak warna hijau). ....	20
Gambar 2.4	Peta Tataan Tektonik Sunda di Pulau Jawa dan Nusa Tenggara (Simandjuntak dan Barber, 1996). ....	21
Gambar 3.1	Himpunan Mineral Alterasi (Corbett dan Leach, 1998 .....)	30
Gambar 3.2	Sistem geotermal dan vulkanik hidrotermal pada intrusi dangkal subvolkanik beserta proses yang terjadi di dalamnya, yang masing-masing mencerminkan lingkungan pembentukan endapan epitermal yang berbeda (Hedenquist dan Lowenstern, 1994; Henley dan Ellis, 1983, dalam Hedenquist dkk., 2000). ....	37
Gambar 3.3	Fase Proses Terjadinya Alterasi dan Mineralisasi pada Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi (Corbett dan Leach, 1997).....	41
Gambar 3.4	Zonasi Alterasi pada Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi (Arribas, 1995) .....	43
Gambar 3.5	Model Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi berdasarkan Faktor Pengontrolnya (Corbett dan Leach, 1997) .....	43

Gambar 3.6	Pembagian zona logam dan tembaga sulfida dalam endapan epitermal sulfidasi tinggi (Corbett, 1997) .....	47
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian .....	61
Gambar 5.1	Satuan Perbukitan Dinding Kaldera Budheg yang memperlihatkan bentuk perbukitan yang memanjang dan melingkar. Garis kuning tegas menunjukkan bentuk lereng yang relatif curam, garis putus-putus menunjukkan bentukan lereng yang melingkar. (a) Foto dari arah selatan menghadap utara, (b) foto dari arah barat menghadap timur.....	64
Gambar 5.2	Peta Geomorfologi Daerah Penelitian.....	65
Gambar 5.3	Penampang Sayatan Geomorfologi Daerah Penelitian.....	66
Gambar 5.4	Citra DEM (a) dan citra satelit (b) yang memperlihatkan bentukan morfologi kaldera yang melingkar dari utara ke selatan (garis kuning).....	67
Gambar 5.5	Satuan Perbukitan Karst Denudasional yang memperlihatkan bentukan gundukan-gundukan bukit kecil khas perbukitan karst (garis kuning). Foto menghadap arah baratdaya. ....	68
Gambar 5.6	Satuan Dataran Denudasional yang memperlihatkan bentuk dataran. (a) Foto dari barat menghadap timur, (b) foto dari arah timur menghadap barat.....	69
Gambar 5.7	Peta Geologi Daerah Penelitian.....	70
Gambar 5.8	Penampang Geologi Daerah Penelitian.....	71
Gambar 5.9	Singkapan batuan andesit penyusun Satuan Lava Andesit pada STA-023A ((a) dan (b)), yang memperlihatkan struktur lava bantal pada anak sungai Secang, foto menghadap selatan; dan STA-050 ((c) dan (d)), foto menghadap selatan.....	73
Gambar 5.10	Hasil pengamatan mikroskopis batuan andesit pada satuan lava andesit. (a) Kenampakan polarisasi sejajar. (b) Kenampakan polarisasi bersilang. Pl: plagioklas, Opq: mineral opak, Px: piroksen.....	73

Gambar 5.11	Singkapan breksi andesit penyusun Satuan Breksi Andesit pada STA-018 ((a) dan (b)), foto menghadap timur; dan STA-103 ((c) dan (d)), foto menghadap selatan.....	75
Gambar 5.12	Hasil pengamatan mikroskopis fragmen andesit pada satuan breksi andesit. (a) Kenampakan polarisasi sejajar. (b) Kenampakan polarisasi bersilang. Pgl: plagioklas, Px: Piroksen, Gls: gelas. ....	76
Gambar 5.13	Hasil pengamatan mikroskopis matriks andesit pada satuan breksi andesit. (a) Kenampakan polarisasi sejajar. (b) Kenampakan polarisasi bersilang. Pl: plagioklas, Opx: ortopiroksen, Gls: gelas, Lit: litik.....	76
Gambar 5.14	Singkapan batuan mikrogranodiorit penyusun Satuan Intrusi Mikrogranodiorit pada STA-034 ((a) dan (b)). (c) Singkapan pada STA-116 memperlihatkan struktur kolom. (d) <i>Hand specimen</i> mikrogranodiorit pada STA-023. ....	78
Gambar 5.15	Hasil pengamatan mikroskopis batuan mikrogranodiorit pada satuan intrusi mikrogranodiorit. (a) Kenampakan polarisasi sejajar. (b) Kenampakan polarisasi bersilang. Pl: plagioklas, Opx: ortopiroksen, Qz: kuarsa, Chl: klorit.....	78
Gambar 5.16	(a) Kontak antara breksi polimik dengan batugamping terumbu pada STA-086. (b) Singkapan breksi polimik penyusun Satuan Breksi Polimik pada STA-077 .....	80
Gambar 5.17	Hasil pengamatan mikroskopis fragmen batuan terubah total pada satuan breksi polimik. (a) Kenampakan polarisasi sejajar. (b) Kenampakan polarisasi bersilang. Opx: ortopiroksen, Qz: kuarsa, Zeo: zeolit.....	80
Gambar 5.18	Hasil pengamatan mikroskopis matriks batuan piroklastik pada satuan breksi polimik. (a) Kenampakan polarisasi sejajar. (b) Kenampakan polarisasi bersilang. Lit: litik, Opx: ortopiroksen, Cb: karbonat, Zeo: zeolit.....	81
Gambar 5.19	Singkapan batugamping penyusun Satuan Batugamping Terumbu pada STA-030. ....	82
Gambar 5.20	Hasil pengamatan mikroskopis batugamping (packstone) pada satuan batugamping terumbu. (a) Kenampakan polarisasi sejajar. (b) Kenampakan polarisasi bersilang. Mil: mililoid. ....	83



Gambar 5.21	Kenampakan Satuan Aluvial pada STA-152 (a) dan STA 160 (b). .....	83
Gambar 5.22	Kekar gerus di lokasi penelitian pada STA-023 (a) dan STA-189 (b). .....	85
Gambar 5.23	Diagram Roset kekar gerus pola 1 (a) dan pola 2 (b). .....	85
Gambar 5.24	Kekar ekstensi di lokasi penelitian pada STA-132 (a) dan STA-22 (b) .....	86
Gambar 5.25	Peta Struktur Geologi Daerah Penelitian.....	87
Gambar 5.26	Kenampakan bidang sesar dan kekar ekstensi sebagai bidang penyerta pada Sesar Pagersari di STA-159 .....	88
Gambar 5.27	(a) Kenampakan bidang sesar dan kekar ekstensi sebagai bidang penyerta pada Sesar Pojok 2 di STA-22, sesar memotong satuan lava andesit yang tersilisifikasi. (b) Kenampakan bidang sesar pada Sesar Pojok 1 di STA-189. ....	89
Gambar 5.28	Kenampakan bidang sesar dan kekar ekstensi sebagai bidang penyerta pada Sesar Tanggung di STA-112 (a) dan STA-179 (b). .....	89
Gambar 5.29	Kesebandingan litostratigrafi dan tektonik regional antara peneliti terdahulu dengan daerah penelitian.....	92
Gambar 5.30	Pera Zonasi Alterasi Hidrotermal Daerah Penelitian.....	94
Gambar 5.31	Kenampakan singkapan batuan andesit teralterasi propilitik pada STA-132. (b) Sampel <i>handspecimen</i> batuan teralterasi propilitik pada STA-132. (c) Kenampakan polarisasi sejajar pada sayatan tipis sampel STA-132 (Lampiran III no.33). (d) Kenampakan polarisasi bersilang pada sayatan tipis sampel STA-132 (Lampiran III no.33); Opx: ortopiroksen, Pl: plagioklas, Chl: klorit, Px: piroksen. ....	95
Gambar 5.32	Overprinting mineral lempung pada sayatan batuan andesit teralterasi propilitik. (a) Kenampakan polarisasi sejajar pada sayatan tipis sampel STA-047. (d) Kenampakan polarisasi bersilang pada sayatan tipis sampel STA-047; Qz: kuarsa, cm: mineral lempung, chl: klorit, px: piroksen. ....	96
Gambar 5.33	Kenampakan singkapan batuan andesit teralterasi argilik pada (a) STA-067 dan (b) STA-068. (c) Kenampakan polarisasi sejajar pada sayatan tipis sampel STA-068. (d)	

	Kenampakan polarisasi bersilang pada sayatan tipis sampel STA-068; Ox: oksida besi, Qz: kuarsa, Clay: mineral lempung, Cb: karbonat.....	97
Gambar 5.34	Hasil analisis XRD pada sampel STA-068 yang menunjukkan kehadiran diaspor sebagai <i>overprinting</i> dari zona alterasi argilik lanjut. ....	98
Gambar 5.35	Kenampakan singkapan batuan teralterasi argilik lanjut pada STA-054 (a), (b), (c). <i>Sampel hand specimen</i> batuan teralterasi argilik lanjut pada STA-054 (d). ....	99
Gambar 5.36	Hasil analisis XRD pada sampel STA-014 yang menunjukkan kehadiran pirofilit, alunit, dan diaspor sebagai mineral penciri dari zona alterasi argilik lanjut. ....	99
Gambar 5.37	(a) Kenampakan singkapan batuan tersilisifikasi pada STA-022. (b), (c) Kenampakan singkapan batuan tersilisifikasi pada STA-029 yang memperlihatkan tekstur <i>vuggy quartz</i> . (d) Kenampakan batuan tersilisifikasi pada STA-081 dengan tekstur <i>vuggy quartz</i> , memperlihatkan mineralisasi: pirit dan bornit. ....	100
Gambar 5.38	<i>Overlay</i> Peta Geologi dan Pera Zonasi Alterasi Hidrotermal Daerah Penelitian.....	103
Gambar 5.39	(a) Kenampakan mikroskopis pirit pada sampel STA-081C yang hadir mengisi rongga ( <i>cavity filling</i> ). (b) Kenampakan mikroskopis pirit pada sampel STA-017B yang mengisi bukaan batuan (tekstur <i>open space filling</i> ). Py: pirit.....	106
Gambar 5.40	(a) Kenampakan mikroskopis kalkopirit pada sampel STA-017B yang menunjukkan tekstur <i>replacement</i> atau penggantian kalkopirit oleh kovelit. (b) Kenampakan mikroskopis kovelit pada sampel STA-081E yang mengisi bidang belahan pada pirit. Cp: kalkopirit, Cv: kovelit, Py: pirit.....	107
Gambar 5.41	Kenampakan mikroskopis galena pada sampel STA-017B. Gn: galena. ....	108
Gambar 5.42	Kenampakan mikroskopis galena pada sampel STA-081C (a) dan STA-081A (b) yang menunjukkan asosiasi dengan tetrahedrit dengan pirit. Tt: tetrahedrit, Py: pirit. ....	108

Gambar 5.43	Kenampakan mikroskopis bornit pada sampel STA-081D (a) dan STA-031A (b) yang menunjukkan jumlah yang minor. Bn: bornit, Py: pirit, Cv: kovelit.....	109
Gambar 5.44	Kenampakan mikroskopis pada sampel STA-081 yang menunjukkan galena menggantikan tetrahedrit yang menunjukkan batas mineral yang jelas. Gn: galena, Tt: tetrahedrit. ....	110
Gambar 5.45	(a) Kenampakan mikroskopis pada sampel STA-081F yang menunjukkan batas mineral yang jelas pada <i>rim</i> tetrahedrit, menunjukkan pirit menggantikan tetrahedrit. (b) Kenampakan mikroskopis sampel STA-081E yang menunjukkan pirit mengisi rekahan pada bukaan tetrahedrit. Py: pirit, Tt: tetrahedrit.....	111
Gambar 5.46	Kenampakan mikroskopis pada sampel STA-031B (a) dan STA-017B (b) yang menunjukkan batas mineral yang jelas pada kalkopirit, menunjukkan kovelit menggantikan kalkopirit. Cp: kalkopirit, Cv: kovelit.....	111
Gambar 5.47	(a) Kenampakan mikroskopis pada sampel STA-081D yang menunjukkan batas mineral pada pirit, menunjukkan kovelit menggantikan pirit. (b) Kenampakan mikroskopis sampel STA-081E yang menunjukkan kovelit mengisi rekahan pada bidang belahan pirit. Py: pirit, Cv: kovelit. ..	112
Gambar 5.48	(a) Lokasi pengamatan ditemukannya sampel STA-011B. (b) Sampel STA-011B berupa bongkah seukuran segengaman tangan dengan kadar Au 2,45 ppm. ....	117
Gambar 5.49	Model fasies gunungapi andesitik stratovulkano oleh Boogie dan Mackenzie (1998) pada lingkungan yang tidak terpengaruh oleh struktur geologi. Fasies daerah penelitian berdasarkan litologi diperkirakan berada dalam kotak berwarna merah. ....	123
Gambar 5.50	Model skematik endapan epitermal sulfidasi tinggi di daerah penelitian yang diambil dari Gambar 5.38. A-B adalah model skematik di daerah selatan (area Pojok), C-D adalah model skematik di daerah utara (area Gunung Budheg).....	126
Gambar 5.51	Model genetik endapan epitermal sulfidasi tinggi di daerah penelitian yang diambil dari Gambar 5.38.....	127

Gambar 5.52	Pembagian zona logam dan tembaga sulfida dalam endapan epitermal sulfidasi tinggi (Corbett, 1997) dan perbandingannya dengan kisaran pembentukan endapan epitermal sulfidasi tinggi di daerah penelitian (kotak merah). .....	129
-------------	---	-----

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PETA .....	137
LAMPIRAN II ANALISIS STRUKTUR GEOLOGI.....	143
LAMPIRAN III ANALISIS SAYATAN TIPIS .....	152
LAMPIRAN IV ANALISIS XRD.....	191
LAMPIRAN V ANALISIS SLAB .....	201
LAMPIRAN VI ANALISIS SAYATAN POLES.....	205
LAMPIRAN VII ANALISIS GEOKIMIA (FA-AAS).....	223