

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	2
I.3. Tujuan Penelitian	2
I.4. Batasan Penelitian	3
I.4.1. Batasan Lokasi	3
I.4.2. Batasan Pembahasan	3
I.5. Manfaat Penelitian	4
I.5.1. Manfaat bagi bidang akademik dan riset	4
I.5.2. Manfaat bagi perusahaan.....	4
I.6. Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian	4
I.7. Penelitian Terdahulu dan Keaslian Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
II.1. Geologi Regional	8
II.1.1. Fisiografi Regional.....	8
II.1.2. Stratigrafi Regional	9

II.1.3. Struktur Geologi Regional	12
II.2. Magmatisme Regional	15
II.3. Mineralisasi Regional	17
BAB III LANDASAN TEORI	21
III.1. Pengantar Mengenai Endapan Tipe Carlin	21
III.2. Karakteristik Geologi Endapan Tipe Carlin	23
III.2.1. Batuan <i>Host</i>	24
III.2.2. Struktur Geologi	25
III.2.3. Asosiasi Batuan Beku	26
III.2.4. Alterasi dan Mineralisai	26
III.2. Geokimia Bijih	35
III.3. Fluida Pembawa Bijih	35
III.3.1. Karakteristik Fluida	36
III.3.2. Sumber Fluida	37
BAB IV HIPOTESIS DAN METODE PENELITIAN	40
IV.1. Hipotesis	40
IV.2. Alat dan Bahan	41
IV.2.1. Peralatan Penelitian	41
IV.2.2. Bahan Penelitian	42
IV.3. Tahapan Penelitian	43
IV.3.1. Tahap Pendahuluan	43
IV.3.2. Tahap Pekerjaan Lapangan	44
IV.3.3. Tahap Pekerjaan Laboratorium	44
IV.3.4. Tahap Akhir dan Pelaporan	46

IV.4. Jadwal Penelitian.....	50
BAB V GEOLOGI DAERAH PENELITIAN	51
V.1. Geomorfologi	51
V.1.1. Satuan Perbukitan Vulkanik Berlereng Curam – Sangat	
Curam.....	53
V.1.2. Satuan Perbukitan Karst Berlereng Landai – Sangat	
Curam.....	54
V.1.3. Satuan Perbukitan Intrusi Berlereng Curam – Sangat	
Curam.....	55
V.2. Litologi.....	56
V.2.1. Satuan Batugamping	57
V.2.2. Satuan Intrusi Andesit Porfiri.....	61
V.2.2. Satuan Breksi	64
V.2.2. Endapan Koluvial.....	66
V.3. Struktur Geologi.....	67
V.3.1. Kekar	68
V.2.2. Sesar	70
BAB VI ALTERASI HIDROTERMAL DAN MINERALISASI BIJIH	72
VI.1. Alterasi Hidrotermal	72
VI.1.1. Alterasi Silisifikasi	72
VI.1.2. Alterasi Karbonatisasi	74
VI.1.3. Alterasi Argilik.....	76
VI.1.4. Alterasi Propilitik.....	77
VI.1.5. Alterasi Dekarbonatisasi	79

VI.2. Geokimia Alterasi	79
VI.2.1. Perubahan Nilai Konsentrasi Oksida/Unsur.....	79
VI.2.2. Geokimia REE pada Batugamping	83
VI.3. Mineralisasi Bijih	85
VI.3.1. Jenis dan Karakteristik Mineral Bijih	85
VI.3.2. Geokimia Bijih	92
BAB VII DISKUSI	95
VII.1. Kontrol Geologi terhadap Alterasi dan Mineralisasi	95
VII.2. Karakteristik Endapan dan Paragenesa Mineral	96
VII.3. Model Genetik Endapan Emas di Daerah Penelitian.....	103
BAB VIII PENUTUP	106
VIII.1. Kesimpulan	106
VIII.2. Saran dan Rekomendasi	108
VIII.2.1. Saran Penelitian Lanjutan	108
VIII.2.2. Rekomendasi untuk Perusahaan.....	108
DAFTAR PUSTAKA	110
LAMPIRAN.-LAMPIRAN	
LAMPIRAN I Peta Sebaran Titik Pengamatan	115
LAMPIRAN II Matriks Sampel yang Dianalisis	117
LAMPIRAN III Deskripsi Petrografi	120
LAMPIRAN IV <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	150
LAMPIRAN V Data Geokimia Batuan dan Bijih.....	160
LAMPIRAN VI Deskripsi Mikroskopi Bijih	165

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi penelitian yang sebagian besar merupakan wilayah IUP PT Sumber Energi Jaya.....	5
Gambar 2.1.	Gambaran morfologi Sulawesi dan pulau – pulau di sekitarnya dari citra SRTM (dimodifikasi dari Surono, 2013).....	8
Gambar 2.2.	Peta geologi regional bagian barat daya dari peta geologi regional lembar Manado (Effendi dan Bawono, 1997) dan lokasi penelitian.....	11
Gambar 2.3.	(a) Stuktur geologi utama di lengan utara Sulawesi bagian timur (Surono dan Hartono, 2013); (b) Kondisi geologi yang juga memperlihatkan arah struktur – struktur geologi di daerah Ratatotok (modif. Turner et al., 1994).....	14
Gambar 2.4.	Distribusi produk magmatisme Neogen (Priadi, 1993 dalam Surono dan Hartono, 2013).....	16
Gambat 2.5.	(a) Peta Geologi Lengan Utara Sulawesi (Surono, 2013) dan (b) persebaran mineralisasi di Lengan Utara Sulawesi (Kavalieris et al., 1992).....	18
Gambar 3.1.	Diagram yang menunjukkan jumlah emas dalam endapan tipe Carlin di Amerika Serikat (Nevada), China, dan Indonesia. Nevada memiliki jumlah cadangan dan sumber daya emas yang paling besar (Hofstra and Christensen, 2002).....	22
Gambar 3.2.	Sistem pofiri di mana porfiri Cu, epitermal Au-Ag, skarn, <i>carbonate replacement</i> Zn - Pb – Ag dan <i>sediment-hosted distal disseminated</i> Au - As atau endapan tipe carlin terbentuk (Sillitoe, 2010).....	22
Gambar 3.3.	Model konseptual endapan tipe Carlin dan <i>Carlin-like</i> (Setijadji, 2002).....	23
Gambar 3.4.	Zona – zona alterasi pada endapan tipe Carlin yang dikonjrol oleh struktur dan lapisan batuan (Robert et al., 2007).....	30
Gambar 3.5.	Zona alterasi dan mineralisasi di endapan Mesel (Hofstra and Christensen, 2002)	34
Gambar 3.6.	Pirit arsenian pembawa emas yang mengelilingi pirit diagenetik dari endapan Betze, Nevada. (a) dan (b) merupakan peta SIMS untuk As dan Au sedangkan (c) adalah kenampakan	

	pirit di bawah mikroskop pantul (Hofstra and Christensen, 2002).....	34
Gambar 3.7.	Diagram yang menunjukkan komposisi gas pada fluid inklusi endapan tipe Carlin di China (Hu et al., 2001).....	38
Gambar 3.8.	Diagram yang menunjukkan hasil plot data isotope stabil dalam endapan emas tipe Carlin di Nevada Utara (Hofstra and Christensen, 2002).....	38
Gambar 3.9.	Diagram yang menunjukkan hasil plot data isotope stabil dalam endapan emas tipe Carlin di China dan Indonesia (Hofstra and Christensen, 2002).....	39
Gambar 4.1.	Diagram alir penelitian.....	49
Gambar 5.1.	Tipe morfologi di daerah penelitian.....	52
Gambar 5.2.	Peta kemiringan lereng daerah penelitian.....	53
Gambar 5.3.	Peta geomorfologi daerah penelitian.....	53
Gambar 5.4.	(a) Kenampakan Sungai Buyat dari titik pengamatan S128 dan (b) Tataguna lahan pada satuan perbukitan vulkanik berlereng curam – sangat curam yang terlihat pada titik pengamatan S94	54
Gambar 5.5.	(a) Salah satu kenampakan morfologi satuan perbukitan karst berlereng landai – sangat curam yang difoto dari titik pengamatan S93 dengan <i>azimuth</i> foto N 320° E, (b - c) Lubang – lubang dan gua hasil proses pelarutan yang secara berturut-turut ditemukan pada lokasi pengamatan S101 dan S96, (d) Kenampakan perkebunan cengkeh pada titik pengamatan S83.....	55
Gambar 5.6.	Peta geologi daerah penelitian.....	59
Gambar 5.7.	Profil geologi daerah penelitian.....	59
Gambar 5.8.	(a) Kenampakan <i>lapies</i> pada lokasi titik pengamatan S97 dan (b) Batugamping terbreksiasi yang terlihat pada titik pengamatan S44	60
Gambar 5.9.	(a - b) Kenampakan conto setangan batugamping pada lokasi titik amat S85 dan (c – d) pada lokasi pengamatan S94 secara petrologi dan petrografi. Keterangan: cal = kalsit, crys. foram = foraminifera yang terkristalisasi, cal <i>vein</i> = urat kalsit, cal-dol <i>vein</i> = urat kalsit-dolomit, dol = dolomit, foram = foraminifera, <i>mud</i> = lumpur karbonat, opq = mineral opak ...	61

Gambar 5.10. (a) Salah satu singkapan intrusi andesit porfiri pada titik pengamatan S62, (b) Conto setangan sampel andesit porfiri, (c - d) Fotomikrograf sampel andesit porfiri S62 pada pengamatan PPL dan XPL. Keterangan: Cal = kalsit, chl = klorit, Hb = hornblenda, Pl = plagioklas, Opq = mineral opak, Py = pirit	62
Gambar 5.11. Intrusi andesit porfiri yang hadir sebagai <i>sill</i> di titik pengamatan S54.....	63
Gambar 5.12. Klasifikasi batuan beku vulkanik menurut Le Bas (1986) dan hasil pengeplotan data geokimia batuan dari lokasi pengamatan S62 dan S103 yang masuk kedalam kelompok andesit	64
Gambar 5.13. (a) Kenampakan singkapan breksi yang relatif lebih segar, (b) litologi breksi yang mengalami alterasi propilitik, (c) argilik, dan (d) karbonatisasi dan oksidasi	65
Gambar 5.14. Foto sayatan petrografi sampel breksi dengan kode sampel S136 pada pengamatan (a) PPL dan (b) XPL. Keterangan: Cal = kalsit, <i>clay</i> = mineral lempung, Hem = hematit, Lit. And = litik andesit, Pl = plagioklas, Py = pirit, Sec. Qz = kuarsa sekunder.....	66
Gambar 5.15. Endapan kolovial yang ditemukan pada lokasi pengamatan S07.....	66
Gambar 5.16. Peta struktur geologi di daerah penelitian.....	67
Gambar 5.17. (a) Kenampakan kekar pada breksi yang terisi oleh kalsit, (b) Kekar pada breksi yang mengalami oksidasi, (c) Kekar gerus yang terbentuk pada litologi andesit porfiri, (d) Hasil analisis penentuan arah gaya utama pembentuk kekar pada lokasi pengamatan S51.....	69
Gambar 5.18. (a) Kenampakan bidang sesar geser dekstral pada singkapan batugamping di lokasi pengamatan S44, (b) Hasil analisis menggunakan metode stereografis yang menunjukkan arah tegasan utama berarah barat laut - tenggara	71
Gambar 6.1. Peta dan profil alterasi hidrotermal di daerah penelitian.....	73
Gambar 6.2. (a) Alterasi silisifikasi dan argilik pada singkapan, (b) Conto setangan batugamping tersilisifikasi, terksidasi dan kenampakan tekstur <i>vuggy</i> , (c) Fotomikrograf batugamping	

	tersilisifikasi yang menunjukkan kehadiran mineral sekunder kuarsa pada lokasi pengamatan S94.....	74
Gambar 6.3.	(a - b) Singkapan dan conto setangan breksi dari lokasi pengamatan S47 yang mengalami alterasi karbonatisasi, (c - d) Fotomikrograf sampel breksi pada pengamatan PPL dan XPL. Keterangan: Cal = kalsit, Clay = mineral lempung, Hem = hematit, Py = pirit, Sec Qz = kuarsa sekunder	75
Gambar 6.4.	(a - b) Kenampakan breksi terlaterai argilik pada lokasi pengamatan S61 dari tampak jauh dan tampak dekat.....	76
Gambar 6.5.	Hasil analisis data XRD menggunakan metode <i>clay</i> terhadap sampel breksi yang mengalami alterasi argilik pada lokasi pengamatan (a) S94 dan (b) S123.....	77
Gambar 6.6.	(a-b) Singkapan dan conto setangan andesit porfiri pada lokasi S103 yang menunjukkan warna abu-abu kehijauan sebagai indikasi kehadiran mineral klorit, (c-d) Fotomikrograf sayatan petrografi pada kondisi pengamatan PPL dan XPL. Keterangan: Cal = kalsit, Cal vein = urat kalsit, Chl = klorit, Clay = mineral lempung, Hb = hornblenda, Opq = mineral opak, Pl = plagioklas, Sec Qz = kuarsa sekunder	78
Gambar 6.7.	Hasil analisis data XRD dengan (a) metode <i>bulk</i> dan (b) metode <i>clay</i> terhadap sampel andesit porfiri teralterasi propilitik dari lokasi pengamatan S103.....	78
Gambar 6.8.	Grafik hasil pengeplotan nilai konsentrasi oksida/unsur antara batugamping <i>least altered</i> (C^o_i) terhadap batugamping teralterasi silisifikasi (C^A_i).Keterangan: komponen oksida dinyatakan dalam satuan wt% sementara unsur dalam ppm.....	82
Gambar 6.9.	Grafik hasil pengeplotan oksida/unsur vs perubahan nilai konsentrasi batugamping teralterasi silisifikasi relatif terhadap nilai konsentrasi batugamping <i>least altered</i> ($\Delta C/C^o_i$).....	83
Gambar 6.10.	Pola REE untuk sampel batugamping <i>least altered</i> , teralterasi dekarbonatisasi dan silisifikasi pada grafik REE normalisasi <i>Chondrite</i> (Sun & McDonough, 1989). Keterangan: *Nilai rata-rata dari sampel berkode S41, S61 BGT, S94C dan S123 BGT.....	85
Gambar 6.11.	(a) Fotomikrograf sayatan poles S126A yang menunjukkan ukuran pirit yang relatif lebih besar hingga 3 mm dan (b) Fotomikrografi sampel S94C yang memperlihatkan hematit menggantikan bagian tepi pirit. Keterangan: Apy = arsenopirit, Py = pirit, Hem = hematit	86

- Gambar 6.12. (a) Fotomikrograf sayatan poles S94D yang menunjukkan arsenopirit (Apy) berada pada urat dengan tekstur *vuggy* dan tergantikan menjadi hematit (Hem) pada bagian tepinya dan (b) fotomikrografi sampel S94B yang memperlihatkan arsenopirit tersebar secara *disseminated* dan berasosiasi dengan pirit (Py) serta markasit (Mrc)..... 87
- Gambar 6.13. (a) Fotomikrograf sayatan poles S61 BGT OXD yang menunjukkan markasit (Mrc) bertekstur *intergrowth* bersama arsenopirit (Apy), dan (b) fotomikrografi sampel S94B yang memperlihatkan markasit berada pada urat dan berasosiasi dengan arsenopirit..... 88
- Gambar 6.14. (a) Foto batugamping yang mengalami alterasi silisifikasi dan oksidasi, (b) Foto tampak dekat (menggunakan lup) sampel batugamping pada gambar (a) yang menunjukkan mineral stibnit, realgar dan orpimen, (c) Foto sampel bawah permukaan berupa batuan inti yang menunjukkan mineral realgar dan orpimen yang relatif lebih segar..... 90
- Gambar 6.15. (a) Foto batugamping teralterasi silisifikasi dan oksidasi pada lokasi pengamatan S94 yang menunjukkan kehadiran mineral hematit dan goetit, (b – c) Fotomikrograf sampel batugamping teralterasi silisifikasi dan oksidasi pada kondisi pengamatan PPL dan XPL yang juga menunjukkan kehadiran mineral hematit dan goetit 91
- Gambar 6.16. Grafik bivariat yang menunjukkan hubungan antara kadar emas dengan logam perak (Ag), raksa (Hg), arsenic (As), stibnit (Sb), tembaga (Cu), timbal (Pb) dan seng (Zn)..... 94
- Gambar 7.1. Model genetik endapan emas di daerah penelitian. Catatan: model genetik endapan emas di daerah penelitian yang secara kronologis disusun berdasarkan berurutan abjad a - e dijelaskan di dalam manuskrip 105

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian ini.....	6
Tabel 3.1.	Karakteristik Geologi beberapa Endapan Tipe Carlin di Nevada, Indonesia, dan China (Dagliouglu, 1996; Xia et al., 2012; Hu et al., 2001).....	31
Tabel 3.2.	Tempereatur homogenisasi dan salinitas inklusi fluida pada endapan emas tipe Carlin di China (Hu et al., 2001).....	37
Tabel 4.1.	Peralatan lapangan.....	41
Tabel 4.2.	Peralatan untuk pekerjaan laboratorium.....	42
Tabel 4.3.	Jadwal penelitian.....	50
Tabel 5.1.	Data geokimia andesit porfiri di daerah penelitian.....	63
Tabel 5.2.	Data jurus (<i>strike</i>) hasil pengukuran kekar pada lokasi pengamatan S51.....	69
Tabel 6.1.	Analisis isokon alterasi silisifikasi pada batugamping.....	81
Tabel 6.2.	Kandungan REE (dalam ppm) pada sampel batugamping <i>least altered</i> , teralterasi dekarbonatisasi dan silisifikasi.....	84
Tabel 6.3.	Kadar logam pada sampel bijih dan batuan dinding.....	94
Tabel 7.1.	Paragenesa mineral bijih dan mineral <i>gangue</i> yang terbentuk pada tiap tahap mineralisasi di daerah penelitian.....	99
Tabel 7.2.	Rangkuman karakteristik endapan emas di daerah penelitian dibandingkan dengan contoh endapan emas tipe Carlin lain yang ditemukan di tempat lain di Indonesia, China dan Amerika Serikat.....	101