

DAFTAR ISI

| | |
|---|--------------|
| JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xviii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xx |
| SARI | xxi |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| I.1. Latar Belakang | 1 |
| I.2. Rumusan Masalah | 4 |
| I.3. Tujuan Penelitian | 4 |
| I.4. Lokasi Penelitian | 4 |
| I.5. Batasan Masalah | 6 |
| I.6. Manfaat Penelitian..... | 6 |
| I.7. Peneliti Terdahulu..... | 7 |
| I.8. Keaslian Penelitian..... | 10 |
| BAB II. GEOLOGI REGIONAL | 13 |
| II.1. Fisiografi Regional..... | 13 |
| II.2. Stratigrafi Regional..... | 14 |

| | |
|---|-----------|
| II.3. Struktur Geologi Regional..... | 16 |
| BAB III. DASAR TEORI..... | 20 |
| III.1. Alterasi Hidrotermal..... | 20 |
| III.1.1. Tipe alterasi hidrotermal..... | 23 |
| III.1.2. Hubungan alterasi hidrotermal dengan zona mineralisasi.... | 25 |
| III.2. Endapan Epitermal..... | 27 |
| III.3. Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi..... | 28 |
| III.3.1. Sumber fluida hidrotermal pada epitermal sulfidasi tinggi . | 29 |
| III.3.2. Fase fluida pada endapan epitermal sulfidasi tinggi | 30 |
| III.3.3. Zonasi alterasi pada endapan epitermal sulfidasi tinggi..... | 32 |
| III.3.4. Faktor pengontrol pada endapan epitermal sulfidasi tinggi ... | 34 |
| III.3.5. Mineralisasi pada endapan epitermal sulfidasi tinggi | 35 |
| III.4. Pengayaan <i>Supergene</i> | 36 |
| III.4.1. Zonasi pada endapan pengkayaan sekunder..... | 36 |
| III.4.2. Syarat-syarat pembentukan endapan pengkayaan sekunder .. | 39 |
| III.4.3. Efek oksidasi pada endapan permukaan..... | 39 |
| III.4.4. Senyawa emas pada endapan permukaan..... | 43 |
| III.4.5. Mineralogi dan karakteristik emas tipe pengayaan <i>supergene</i> | 43 |
| III.6. Hipotesis..... | 45 |
| BAB IV. METODE PENELITIAN..... | 47 |
| IV.1. Data Penelitian..... | 47 |
| IV.2. Alat dan Bahan..... | 47 |

| | |
|--|-----------|
| IV.2.1. Alat..... | 47 |
| IV.2.2. Bahan..... | 48 |
| IV.3. Tahapan Penelitian..... | 49 |
| IV.3.1. Tahap persiapan dan studi pustaka..... | 51 |
| IV.3.2. Tahap pekerjaan lapangan..... | 51 |
| IV.3.3. Tahap preparasi sampel..... | 52 |
| IV.3.4. Tahap analisis data..... | 53 |
| IV.3.5. Tahap penyelesaian..... | 55 |
| IV.4. Jadwal Penelitian..... | 57 |
| BAB V. GEOLOGI DAERAH PENELITIAN | 58 |
| V.1. Geomorfologi Daerah Penelitian | 58 |
| V.2. Stratigrafi Daerah Penelitian..... | 62 |
| V.2.1. Satuan andesit..... | 62 |
| V.2.2. Satuan breksi | 67 |
| V.3. Struktur Geologi Daerah Penelitian..... | 71 |
| V.3.1. Struktur <i>pre-syn</i> mineralisasi..... | 71 |
| V.3.1.1. Mineralisasi tahap 1..... | 71 |
| V.3.1.2. Mineralisasi tahap 2..... | 76 |
| V.3.2. Struktur <i>post</i> mineralisasi | 78 |
| BAB VI. ALTERASI DAN MINERALISASI DAERAH PENELITIAN | 84 |
| VI.1. Alterasi Daerah Penelitian..... | 82 |
| VI.1.1. Alterasi silisifikasi | 82 |
| VI.1.2. Alterasi argilik lanjut | 86 |

| | |
|--|------------|
| VI.1.3. Alterasi argilik..... | 89 |
| VI.1.4. Alterasi subpropilitik..... | 91 |
| VI.1.5. Breksi | 95 |
| VI.1.5.1. Breksi freatomagmatik | 95 |
| VI.1.5.2. Breksi hidrotermal | 96 |
| VI.2. Mineralisasi Daerah Penelitian..... | 99 |
| VI.2.1. Tekstur bijih | 104 |
| VI.2.2. Paragenesis mineral bijih | 107 |
| VI.2.3. Geokimia bijih..... | 114 |
| BAB VII. PENGAYAAN SEKUNDER DAERAH PENELITIAN..... | 119 |
| VII.1. Tingkat Oksidasi Daerah Penelitian..... | 119 |
| VII.1.1. Tingkat oksidasi sangat kuat..... | 121 |
| VII.1.2. Tingkat oksidasi kuat..... | 122 |
| VII.1.3. Tingkat oksidasi menengah | 123 |
| VII.1.4. Tingkat oksidasi lemah | 124 |
| VII.2. Hubungan Oksidasi dengan Geokimia Bijih..... | 125 |
| BAB VIII. PEMBAHASAN | 130 |
| VIII.1. Kontrol Geologi Terhadap Pembentukan Alterasi dan Mineralisasi..... | 130 |
| VIII.1.1. Kontrol litologi | 130 |
| VIII.1.2. Kontrol struktur geologi | 132 |
| VIII.2. Karakteristik, Tipe Endapan, Distribusi Alterasi dan Mineralisasi .. | 133 |
| VIII.2.1. Karakteristik alterasi dan mineralisasi | 133 |
| VIII.2.2. Tipe endapan pada daerah penelitian | 135 |

| | |
|--|------------|
| VIII.2.3. Distribusi alterasi dan mineralisasi..... | 138 |
| VIII.3. Proses dan Model Pembentukan Endapan | 138 |
| VIII.4. Mineralogi Emas | 143 |
| VIII.5. Pengayaan Sekunder Pada Daerah Penelitian..... | 145 |
| VIII.5.1. Kontrol litologi terhadap tingkat oksidasi | 145 |
| VIII.5.2. Kontrol alterasi terhadap tingkat oksidasi | 147 |
| VIII.5.3. Kontrol struktur geologi terhadap tingkat oksidasi | 148 |
| VIII.5.4. Zonasi pengkayaan sekunder..... | 149 |
| VIII.5.5. Pengaruh tingkat oksidasi terhadap kadar emas | 151 |
| VIII.5.6. Implikasi untuk eksplorasi | 153 |
| BAB IX. KESIMPULAN | 155 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 157 |
| LAMPIRAN..... | 159 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1.1. Lokasi penelitian berada di Bukit Seruyung, Desa Pembelian, Kecamatan Sebuk, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara..... | 5 |
| Gambar 1.2. Perbandingan topografi daerah penelitian terhadap penelitian Brojomusti, 2017 | 11 |
| Gambar 2.1. Fisiografis dan gambaran tektonik Pulau Kalimantan (Darman dan Sidi, 2000)..... | 13 |
| Gambar 2.2. Peta geologi Cekungan Tarakan (Pooley,2005)..... | 18 |
| Gambar 2.3. Peta geologi regional daerah penelitian | 19 |
| Gambar 3.1. Alterasi dan hubungannya dengan mineralisasi dalam tipe endapan epitermal logam dasar (Guilbert dan Park, 1986)..... | 25 |
| Gambar 3.2. Fase fluida alterasi dan mineralisasi (Corbett dan Leach,1996).... | 32 |
| Gambar 3.3. Zonasi alterasi pada endapan epitermal sulfidasi tinggi (Arribas, 1995)..... | 33 |
| Gambar 3.4. Skema deposisi pada zona supergene (Webb 1995 dalam Robb,2005)..... | 38 |
| Gambar 3.5. Mineral-mineral yang berada pada zona hipogen, zona <i>supergene</i> dan zona oksidasi yang dihubungkan dengan waktu pembentukan endapan supergene (Brimhall 1989 dalam Robb,2005)..... | 42 |
| Gambar 4.1. Diagram alir penelitian..... | 54 |

| | |
|---|----|
| Gambar 5.1. Peta topografi awal pada daerah penelitian yang dibuat menggunakan citra LIDAR | 56 |
| Gambar 5.2. Peta geomorfologi daerah penelitian sebelum dilakukan penambangan..... | 58 |
| Gambar 5.3. Kenampakan satuan perbukitan vulkanik berlereng curam..... | 59 |
| Gambar 5.4. Kenampakan satuan geomorfik perbukitan vulkanik berlereng miring | 60 |
| Gambar 5.5. Peta geomorfologi daerah penelitian | 61 |
| Gambar 5.6. Klasifikasi batuan beku (Travis, 1955) | 63 |
| Gambar 5.7. Batuan andesit pada daerah penelitian A. Terdapat pada STA 115_01 dan mengalami alterasi subpropilitik B. terdapat pada STA 100_03 dan mengalami alterasi argilik lanjut..... | 64 |
| Gambar 5.8. Kenampakan sayatan tipis dari batuan andesit..... | 64 |
| Gambar 5.9. Klasifikasi ukuran butir (Wentworth, 1922) | 67 |
| Gambar 5.10. Klasifikasi batuan breksi pada sistem hidrotermal (Laznicka, 1988)..... | 67 |
| Gambar 5.11. Kenampakan satuan breksi matriks mineral lempung pada daerah penelitian. (STA) 100_02. Tampak batuan yang menjadi fragmen pada breksi berukuran bongkah..... | 68 |
| Gambar 5.12. A. Kenampakan breksi <i>chaotic</i> polimik dengan matriks mineral lempung B. Kenampakan breksi <i>chaotic</i> monomik dengan matriks mineral lempung..... | 69 |
| Gambar 5.13. Kenampakan breksi <i>chaotic</i> polimik dengan matriks mineral lempung pada sayatan tipis A. Kenampakan pada polarisasi bersilang B. Kenampakan pada polarisasi sejajar | 69 |
| Gambar 5.14. Struktur kekar gerus di daerah penelitian (STA 70_04)..... | 72 |
| Gambar 5.15. Analisis <i>rosenet</i> kekar gerus berarah barat daya-timur laut. | 73 |

| | |
|---|----|
| Gambar 5.16. Struktur kekar ekstensi di daerah penelitian. A. Kenampakan urat kuarsa-hematit (STA70_04) B. Kenampakan urat sulfida (STA 70_04) | 74 |
| Gambar 5.17. Analisis <i>rosenet</i> kekar ekstensi berarah barat laut-tenggara | 75 |
| Gambar 5.18. Analisis <i>rosenet</i> kekar gerus berarah barat laut-tenggara..... | 77 |
| Gambar 5.19. Analisis <i>rosenet</i> kekar ekstensi berarah barat daya-timur laut..... | 77 |
| Gambar 5.20. Zona hancuran batuan yang mengindikasikan terjadi pergeseran batuan akibat sesar. | 79 |
| Gambar 5.21. Pembagian struktur geologi daerah penelitian | 79 |
| Gambar 5.22. Peta geologi daerah penelitian..... | 80 |
| Gambar 5.23. Sayatan geologi daerah penelitian..... | 81 |
| Gambar 6.1. A. Kenampakan batuan teralterasi silisifikasi (kuarsa <i>vuggy</i>) pada STA 85_01 B. Kenampakan batuan teralterasi silisifikasi (silika masif) pada STA 90_01 | 83 |
| Gambar 6.2. Kenampakan petrografi alterasi silisifikasi sayatan HSO8 A. Polarisasi bersilang B. Polarisasi sejajar | 84 |
| Gambar 6.3. Kenampakan batuan teralterasi argilik lanjut di lapangan pada STA 75_02..... | 87 |
| Gambar 6.4. Kenampakan batuan teralterasi argilik lanjut pada sayatan tipis A. Polarisasi bersilang B. Polarisasi sejajar | 87 |
| Gambar 6.5. Kenampakan batuan teralterasi argilik di lapangan (STA 100_03) | 89 |
| Gambar 6.6. Kenampakan batuan teralterasi argilik pada pengamatan sayatan tipis A. Polarisasi bersilang B. Polarisasi sejajar | 90 |
| Gambar 6.7. Kenampakan batuan teralterasi subpropilitik pada STA 115_02.. | 92 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Gambar 6.8. | Kenampakan batuan teralterasi subpropilitik pada sayatan tipis | |
| | A. Polarisasi bersilang B. Polarisasi sejajar | 92 |
| Gambar 6.9. | Peta alterasi daerah penelitian | 94 |
| Gambar 6.10. | Sampel batuan breksi freatomagmatik pada daerah penelitian | 95 |
| Gambar 6.11. | Kenampakan satuan breksi matriks mineral silika pada daerah penelitian. (STA 80_02) Breksi matriks mineral silika ini berbatasan dengan satuan andesit | 96 |
| Gambar 6.12. | A. Breksi matriks silika <i>jigsawfit</i> B. Breksi matriks silika tekstur <i>crackle</i> | 97 |
| Gambar 6.13. | Kenampakan breksi matriks silika pada sayatan tipis A. Kenampakan pada polarisasi bersilang B. Kenampakan pada polarisasi sejajar | 97 |
| Gambar 6.14. | Emas terdapat di antara kuarsa dan mempunyai bentuk euhderal | 105 |
| Gambar 6.15. | Kovelit terlihat menyebar pada batuan (sampel HABP5) | 106 |
| Gambar 6.16. | A. Tekstur penggantian pirit oleh kovelit (sampel HABP1) B. Tekstur penggantian pirit oleh goetit (sampel HABP2) | 107 |
| Gambar 6.17. | Tekstur <i>intergrowth</i> pada sampel HABP4 | 107 |
| Gambar 6.18. | Kenampakan paragenesis mineral bijih pada STA 100_01. Terlihat pirit dan bornit digantikan oleh kovelit serta hematit menggantikan kovelit | 109 |
| Gambar 6.19. | Kenampakan paragenesis mineral bijih pada STA 80_06. Terlihat pirit digantikan oleh goetit | 109 |
| Gambar 6.20. | Kenampakan paragenesis mineral bijih pada STA 100_01. Terlihat kalkopirit digantikan oleh bornit, bornit digantikan oleh kovelit | 110 |
| Gambar 6.21. | Kenampakan paragenesis mineral bijih pada STA 70_06. Terlihat galena digantikan oleh pirit | 111 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 6.22. Kenampakan paragenesis mineral bijih pada STA 70_06..... | 112 |
| Gambar 6.23. Kenampakan paragenesis mineral bijih pada STA 80_01..... | 113 |
| Gambar 6.24. Kenampakan paragenesis mineral bijih pada STA 100_01..... | 113 |
| Gambar 6.25. Peta kadar emas daerah penelitian..... | 115 |
| Gambar 6.26. Peta kadar emas ditampilkan dengan peta geologi | 116 |
| Gambar 6.27. Peta kadar emas ditampilkan dengan peta alterasi..... | 117 |
| Gambar 6.28. Peta kadar emas ditampilkan dengan struktur geologi | 118 |
| Gambar 7.1. Contoh singkapan pengamatan tingkat oksidasi..... | 120 |
| Gambar 7.2. Batuan yang mengalami oksidasi sangat kuat pada STA 80_05. | 121 |
| Gambar 7.3. Batuan yang mengalami oksidasi kuat pada STA 80_01 | 122 |
| Gambar 7.4. Batuan yang mengalami oksidasi menengah pada STA 85_01... | 123 |
| Gambar 7.5. Batuan yang mengalami oksidasi lemah pada STA 70_04 | 124 |
| Gambar 7.6. Peta oksidasi daerah penelitian..... | 127 |
| Gambar 7.7. Peta oksidasi bertampalan dengan peta kadar emas | 128 |
| Gambar 7.8. Sketsa <i>channel sampling</i> pada STA 80_01 | 129 |
| Gambar 8.1. Peta tampalan alterasi dan litologi..... | 132 |
| Gambar 8.2. Alterasi daerah penelitian yang dihubungkan dengan model Stoffegren (1987)..... | 139 |
| Gambar 8.3. Model endapan epitermal sulfidasi tinggi (Corbett,2002). Model daerah penelitian ditunjukkan kotak biru..... | 143 |
| Gambar 8.4. Kenampakan butir emas berukuran halus..... | 144 |
| Gambar 8.5. Hubungan rasio Au terhadap lingkungan pembentukan | 145 |
| Gambar 8.6. Tampalan antara peta oksidasi dan litologi | 146 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 8.7. Tampilan antara peta oksidasi dan alterasi | 148 |
|--|-----|

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-----|
| Tabel 3.1. Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineral (Guilbert dan Park, 1986)..... | 24 |
| Tabel 3.2. Perbedaan epitermal sulfidasi tinggi dan rendah..... | 28 |
| Tabel 3.3. Kelimpahan mineral bijih pada endapan epitermal sulfidasi tinggi (White dan Hedenquist, 1995 dalam Corbett 2002)..... | 36 |
| Tabel 3.4. Perbandingan mineralogi emas (Fedchuk <i>et.al</i> 1978 dalam Macdonald 2007)..... | 44 |
| Tabel 4.1. Daftar alat dan fungsinya dalam penelitian..... | 48 |
| Tabel 4.2. Jadwal penelitian tugas akhir..... | 55 |
| Tabel 5.1. Klasifikasi relief berdasarkan sudut lereng dan beda tinggi (van Zuidam, 1979)..... | 57 |
| Tabel 5.2. Klasifikasi bentukan asal berdasarkan genesa dan sistem pewarnaan (van Zuidam, 1983)..... | 57 |
| Tabel 6.1. Paragenesis mineral bijih (pirit, kovelit, bornit, hematit) dari Gambar 6.18..... | 109 |
| Tabel 6.2. Paragenesis mineral bijih (pirit, goetit) dari Gambar 6.19..... | 110 |
| Tabel 6.3. Paragenesis mineral bijih (kalkopirit, kovelit, bornit) dari Gambar 6.20..... | 111 |
| Tabel 6.4. Paragenesis mineral bijih (pirit, kovelit, bornit, hematit) dari Gambar 6.21..... | 111 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 6.5. Paragenesis mineral bijih (pirit, kovelit, bornit, hematit) dari Gambar 6.22 | 112 |
| Tabel 6.6. Paragenesis mineral bijih (pirit, kovelit, bornit, hematit) dari Gambar 6.23 | 113 |
| Tabel 6.7. Paragenesis mineral bijih (pirit, kovelit, bornit, hematit) dari Gambar 6.24 | 114 |
| Tabel 8.1. Daftar mineral yang dijumpai di daerah penelitian | 133 |
| Tabel 8.2. Tabel suhu pembentukan mineral alterasi daerah penelitian berdasarkan Pirajno,2009 | 135 |
| Tabel 8.3. Tipe endapan epitermal di daerah penelitian..... | 137 |
| Tabel 8.4. Karakteristik endapan epitermal sulfidasi tinggi di daerah penelitian | 140 |
| Tabel 8.5. Tabel bentuk butir emas (Gray,1992) | 144 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|-----|
| Lampiran 1. Struktur Geologi | 161 |
| Lampiran 2. Petrografi | 175 |
| Lampiran 3. Mineragrafi | 200 |
| Lampiran 4. <i>X-Ray Diffraction</i> | 217 |
| Lampiran 5. ASD | 231 |
| Lampiran 6. Assay..... | 233 |