

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber daya mineral ekonomis yang sangat melimpah. Contoh sumberdaya mineral yang menjadi komoditas utama dalam industri mineral di Indonesia adalah kelompok mineral logam seperti emas (Au) dan tembaga (Cu). Sebagian besar endapan Cu dan Au terakumulasi pada daerah busur magmatik. Kepulauan Indonesia termasuk Area Barat Zona Cincin Gunungapi (*Ring of Fire Zone*) Samudra Pasifik. Tatanan geologi Indonesia menghasilkan jalur gunungapi dari Sabang hingga Merauke.

Keterdapatannya gunungapi merupakan implementasi dari gaya endogen yang menyebabkan pergerakan tektonik lempeng. Pergerakan tektonik lempeng menghasilkan proses magmatisme dan vulkanisme. Secara genetis, proses magmatisme dan vulkanisme merupakan inisiasi dari proses alterasi, mineralisasi dan metamorfisme. Proses tersebut merupakan kajian utama dalam kegiatan eksplorasi sumber daya mineral. Sumber daya mineral terbagi menjadi beragam jenis dengan karakteristik tersendiri, seperti endapan porfiri, endapan epitermal, endapan skarn, endapan greissen dan lain-lain.

Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, termasuk dalam busur kepulauan gunungapi utama di Indonesia yaitu Area Timur Paparan Sunda dalam Sistem Busur Kepulauan Sunda-Banda (Sjoekri, 1998). Kondisi tersebut menjadi salah satu alasan keterdapatannya zona alterasi-mineralisasi di Pulau Sumbawa, contoh zona yang ekonomis adalah Endapan Porfiri Cu-Au Batu Hijau. Lokasi Batu Hijau dikelola oleh PT Newmont Nusa Tenggara (NNT) menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit*). Menurut Ali (1997), nilai cadangan terbukti dan terduga di Batu Hijau sebesar 913 juta ton dengan nilai rata-rata 0,53% Cu (4,84 juta ton) dan 0,41 *part per milion* (ppm) atau gram/ton (g/t) Au (375 ton).

Endapan skarn Cu-Au umumnya terkait dengan endapan porfiri Cu-Au dan banyak memberikan tambahan bijih bermutu tinggi di sekitar endapan porfiri (Einaudi, 1982). Endapan Skarn Cu-Au adalah jenis skarn yang paling melimpah

di dunia, terutama terbentuk di zona orogenik terkait subduksi pada lempeng samudra/lempeng benua (Einaudi dkk, 1981). Selama penelitian mengenai Sistem Porfiri Cu-Au Batu Hijau, ditemukan litologi dengan karakteristik batuan kalk silikat yang digolongkan dalam variasi litologi vulkaniklastik dan dimasukkan dalam satuan vulkanik pada stratigrafi di Batu Hijau (Garwin, 2002). Selama program pengeboran batuan inti (*coring*) eksplorasi dan produksi di Batu Hijau ditemukan batuan kalk silikat pada kondisi kedalaman dan berselingan dengan litologi vulkaniklastik (Proffett, 2003). Interval alterasi dan mineralisasi skarn terdapat dalam batuan kalk silikat tetapi asal-usul serta persebaran lateral belum banyak dipahami (Setyandhaka dkk, 2008). Batuan Kalk Silikat Batu Hijau termasuk jenis eksoskarn kalsik yang terdiri atas skarn kaya unsur besi (Fe) teroksidasi serta dikontrol oleh zona struktur patahan dan rekahan tanpa berasosiasi dengan batugamping (Aye, 2011).

Produk Cu-Au Batu Hijau terkenal berasal dari sistem endapan porfiri, sementara endapan skarn terkenal berasosiasi dengan mayoritas batugamping. Fakta lapangan menjelaskan bahwa Batu Hijau memiliki indikasi keterdapatan endapan skarn pada sistem endapan porfiri dengan mayoritas litologi vulkaniklastik dan minoritas batugamping. Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan penelitian mengenai batuan kalk silikat dan tahapan paragenesa skarn/skarnifikasi untuk menjelaskan karakteristik dan potensi Sistem Endapan Skarn Batu Hijau.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah:

- a. Melakukan analisis karakteristik sistem endapan porfiri dengan metode studi lapangan, pendataan batuan inti, petrografi dan interpretasi data fisikokimia.
- b. Melakukan analisis karakteristik batuan kalk silikat dengan metode studi lapangan, pendataan batuan inti, petrografi, mineragrafi dan interpretasi data fisikokimia.

- c. Melakukan analisis tahap skarnifikasi batuan kalk silikat dengan metode petrografi, mineragrafi dan interpretasi data fisikokimia.
- d. Melakukan analisis korelasi genetik dan spasial antara batuan kalk silikat dan endapan porfiri dengan metode korelasi data asosiasi litologi, zona alterasi, jenis mineralisasi dan kondisi fisikokimia.
- e. Melakukan analisis jenis endapan skarn dan potensi kadar mineral ekonomis batuan kalk silikat dengan metode korelasi data mineralogi, kondisi fisikokimia skarnifikasi dan metode analisis statistik kadar.

1.2.2 Tujuan

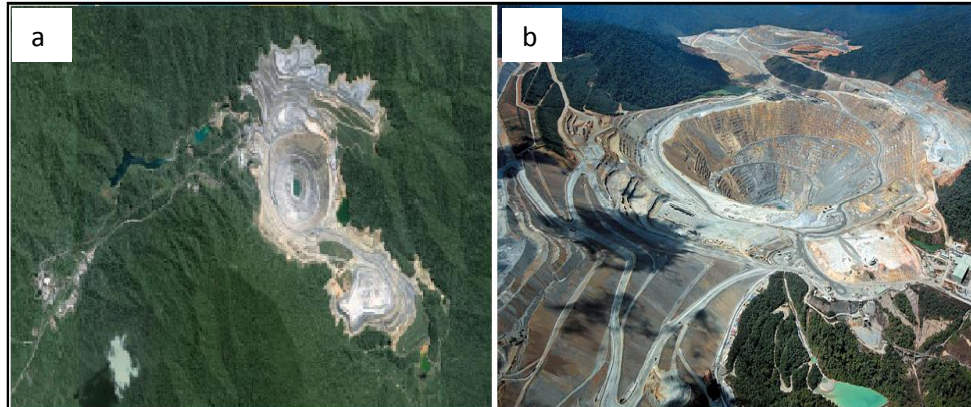
Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui karakteristik Sistem Endapan Porfiri Cu-Au Batu Hijau.
- b. Mengetahui karakteristik geologi Batuan Kalk Silikat Batu Hijau.
- c. Mengetahui tahap skarnifikasi Batuan Kalk Silikat Batu Hijau.
- d. Mengetahui korelasi genetik dan spasial batuan kalk silikat dengan Sistem Porfiri Cu-Au di Batu Hijau.
- e. Mengetahui jenis endapan skarn dan potensi kadar mineral ekonomis Batuan Kalk Silikat Batu Hijau.

1.3 Ruang Lingkup Area Penelitian

1.3.1 Substansial

Lingkup substansial dari penelitian tugas akhir ini dibatasi oleh parameter porfiri area penelitian di *open pit* Batu Hijau. Parameter porfiri meliputi asosiasi litologi, struktur geologi, zonasi alterasi dan jenis mineralisasi. Batasan kedua adalah karakteristik batuan kalk silikat di area penelitian. Karakteristik batuan kalk silikat meliputi kondisi megaskopis, mikroskopis, kondisi fisikokimia, korelasi dengan endapan porfiri, potensi kadar mineral ekonomis dan jenis endapan skarn di area penelitian. Selama pelaksanaan pengambilan data, aktivitas tambang yang sedang berjalan merupakan aktivitas fase 6 dan awal fase 7 dalam rencana tambang jangka panjang PT NNT di Batu Hijau.

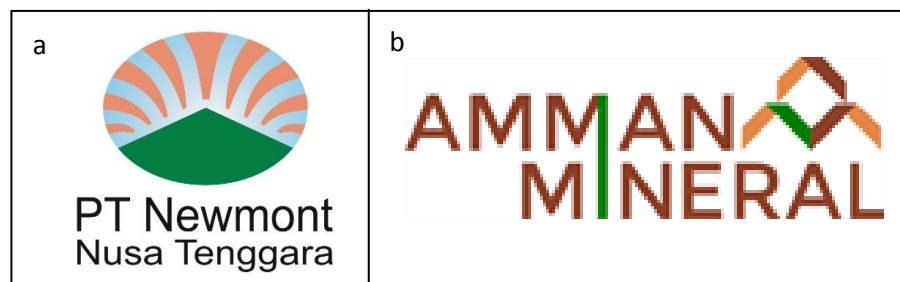


Gambar 1.1 (a) Foto udara dari *software google earth* dan (b) kondisi terkini *Open Pit Batu Hijau* 2015 (PT NNT, 2015)

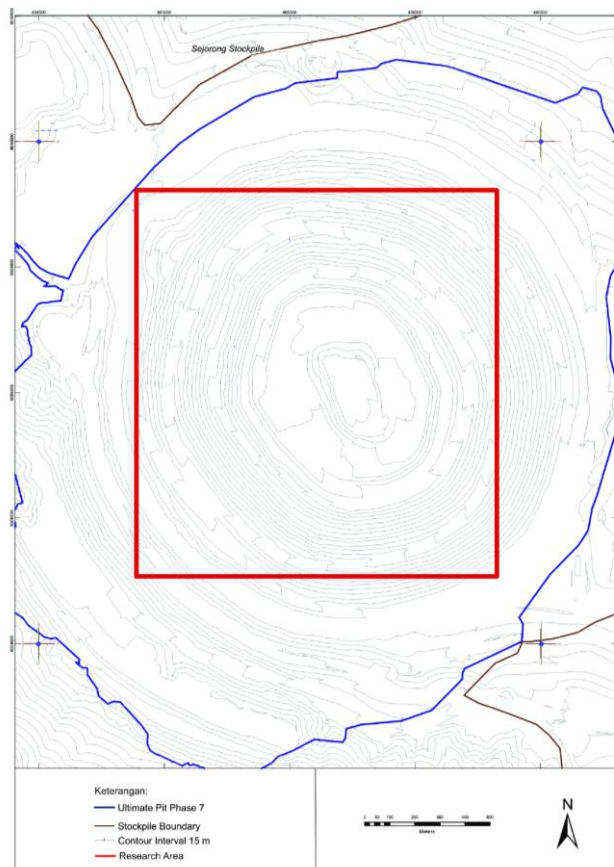
1.3.2 Waktu dan Spasial

Ruang lingkup waktu penelitian dilaksanakan selama 2 bulan (27 April-27 Juni 2016) dalam program relasi departemen eksternal perusahaan yaitu tugas akhir (TA) atau skripsi. Ruang lingkup spasial penelitian berlokasi di area tambang Batu Hijau wilayah kerja PT. Newmont Nusa Tenggara (NNT). Tahun 2016 menjadi periode baru pertambangan di Batu Hijau, pergantian kepemilikan dari *Newmont Mining Corporation* menuju perseroan milik Medco Energi Indonesia yaitu PT Amman Mineral Internasional (AMI). PT NNT resmi berganti nama menjadi PT Amman Mineral Nusa Tenggara atau PT AMNT (Gambar 1.2). PT AMI memiliki saham 82,2% dan 17,8% dimiliki PT Pukaafu Indah (www.amnt.co.id).

Secara spesifik, area penelitian difokuskan pada bagian pusat tambang terbuka (UTM zonasi 50 S: 485200-48600 mE; 9008400-9009600 mN) dengan luas area penelitian $\pm 1,6 \times 1,6 \text{ km}^2$ (Gambar 1.3). Batasan area penelitian tersebut menjadi batas kondisi endapan porfiri dan persebaran lubang bor yang dijadikan objek penelitian.



Gambar 1.2 (a) Logo PT NNT berganti menjadi (b) PT AMNT (www.amnt.co.id)

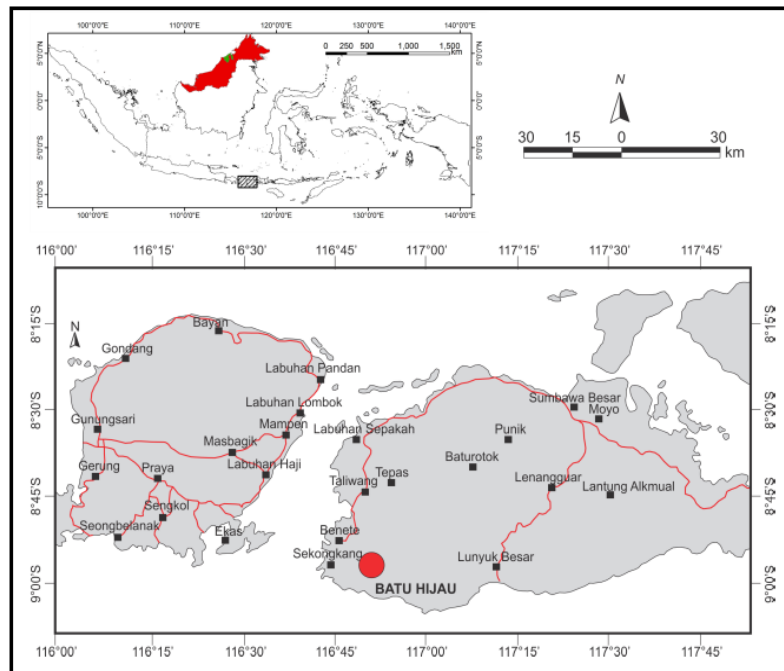


Gambar 1.3 Area penelitian (kotak merah) di Peta *Open Pit* Batu Hijau berskala 1:5000 (Modifikasi PT NNT, 2015)

1.4 Kondisi Geografi dan Kesampaian Daerah

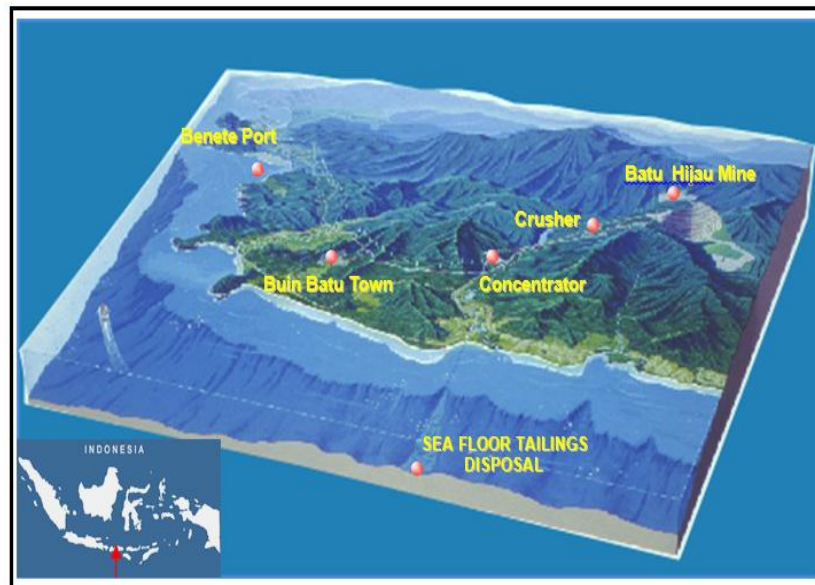
Lokasi penelitian terletak di Area Tambang PT Newmont Nusa Tenggara (NNT), Batu Hijau, Sumbawa. Secara astronomis terletak pada $116^{\circ} 52' 21''$ BT dan $08^{\circ} 57' 55''$ LS atau 484300-486800 mE dan 9007400-9010400 mN pada zonasi 50 S. Seperti yang ditunjukkan oleh peta lokasi Area Batu Hijau pada Gambar 1.4, secara administratif lokasi penelitian terletak di Kecamatan Sekongkang dan Kecamatan Jereweh, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) dengan batas wilayah sebagai berikut:

- Batas Utara: Kecamatan Jereweh
- Batas Selatan: Samudra Hindia
- Batas Barat: Selat Alas
- Batas Timur: Kecamatan Lunyuk



Gambar 1.4 Lokasi penelitian tugas akhir (Modifikasi Aye, 2011)

Perjalanan menuju lokasi penelitian dari kampus Teknik Geologi UNDIP diawali dengan perjalanan darat menuju Bandara Internasional Achmad Yani, Yogyakarta berjarak ± 15 km selama 120 menit (2 jam), kemudian dilanjutkan perjalanan udara menuju Bandara Internasional Lombok Praya, Lombok selama ± 120 menit (2 jam). Dari Kota Mataram (Pulau Lombok) menuju Pelabuhan Kayangan, Kabupaten Lombok Timur berjarak ± 90 km selama $\pm 1,5$ jam dengan perjalanan darat menggunakan mobil. Setelah tiba di Pelabuhan Kayangan, perjalanan dilanjutkan dengan menyeberangi Selat Alas menuju Pelabuhan Benete (Pulau Sumbawa) menggunakan kapal cepat (*speed boat*) milik PT Newmont Nusa Tenggara (NNT) selama 90 menit (1,5 jam). Selanjutnya, perjalanan darat menuju *camp/town site* PT. Newmont Nusa Tenggara sejauh 12 km selama ± 30 menit menggunakan Bus PT NNT. Perjalanan menuju area penelitian dari tempat tinggal (*camp/ town site*) dilakukan dengan menggunakan Bus PT NNT selama ± 30 menit menuju *MMA (Mine Maintenance Area)* dengan jarak ± 13 km. Perjalanan menuju sumur tambang terbuka (*open pit*) dan *coreshed* menggunakan mobil *safety* tambang dengan waktu tempuh dari kantor *MMA* ± 10 menit. Skema beberapa lokasi kegiatan tambang di Batu Hijau dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Skema ilustrasi proyek Batu Hijau di Sumbawa bagian Baratdaya (PT NNT, 2015)

1.5 Penelitian Terdahulu

Beragam penelitian telah dilakukan di Batu Hijau sejak masa eksplorasi hingga produksi. Penelitian tersebut bertujuan untuk mempelajari karakteristik Endapan Porfiri Batu Hijau dan beberapa penelitian terbaru berkaitan batuan kalk silikat. Penelitian yang telah dilakukan dan menjadi landasan awal penelitian tugas akhir penulis dirangkum dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Penelitian terdahulu mengenai endapan porfiri dan batuan kalk silikat di Batu Hijau

No	Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Edison Ali	1997	<i>Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit-Exploration And Evaluation</i>	Mengenai eksplorasi dan evaluasi Endapan Porfiri Batu Hijau menghasilkan data mengenai total cadangan emas dan tembaga sebanyak 913 milyar ton dengan kadar tembaga rata-rata 0,53 % (484 juta ton) dan kadar emas rata-rata 0,41 g/ton (375 ton).
2	Geirtessen	1998	<i>Batu Hijau Volcanic</i>	Mengenai persebaran dan karakteristik vulkanik andesit (piroklastik/vulkaniklastik) sebagai satuan litologi dengan persebaran dominan di Batu Hijau. Menggunakan istilah Gunung Batu Hijau (GBH) vulkanik dalam penamaannya. GBH Vulkanik terdiri dari <i>volcaniclastic sandstone & breccia/conglomerate (GBH-1); volcaniclastic breccia (GBH-2); volcaniclastic mudstone, sandstone and breccia (GBH-3); coherent hypabyssal andesite (GBH-4)</i> .
3	Christian Clode, John Proffett, Peter Mitchell dan Iwan Munajat	1999	<i>Relationships of Intrusion, Wall-rock Alteration And Mineralization in the Batu Hijau Copper – Gold</i>	Mengenai hubungan antara intrusi, alterasi dan mineralisasi di Endapan Porfiri Batu Hijau dan menghasilkan data berupa kelompok mineral alterasi yang dapat dijadikan petunjuk alterasi tahap awal, alterasi tahap transisi, alterasi tahap

Tabel 1.1 Lanjutan. Penelitian terdahulu mengenai endapan porfiri dan batuan kalk silikat di Batu Hijau

			<i>Porphyry Deposit</i>	akhir dan alterasi tahap sangat akhir serta menyebutkan bahwa mineralisasi di Batu Hijau merupakan jenis sulfida tembaga.
4	Steven L.Garwin	2000	<i>The Setting, Geometry And Timing Of Intrusionrelated Hydrothermal Systems In The Vicinity Of The Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit, Sumbawa, Indonesia</i>	Mengenai tatanan geologi yang berhubungan dengan Endapan Porfiri Batu Hijau menghasilkan data jenis litologi, zonasi alterasi, tipe urat dan mineralisasi yang terdapat di Batu Hijau. Steven L.Garwin menyelesaikan tesis di Batu Hijau sehingga karakteristik tatanan geologi, litologi, alterasi dan mineralisasi telah dibahas secara komprehensif. Orientasi ilmiah dan teknik eksplorasi sumber daya mineral menjadi hasil dari penelitian-penelitiannya.
		2002	<i>The Geologic Setting of Intrusion-Related Hydrothermal Systems near the Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit, Sumbawa, Indonesia</i>	
5	Eddy Priowasono dan Adi Maryono	2002	<i>Structural Relationships and their Impact on Mining at the Batu Hijau Mine, Sumbawa, Indonesia</i>	Mengenai struktur geologi dan implikasi terhadap Endapan Porfiri Cu-Au Batu Hijau. Penelitian ini menghasilkan data <i>trend</i> struktur geologi dari tua ke muda berarah Utara-Selatan, Timur-Barat, Utara-Timur, radial dan berpola Baratlaut.
6	Dudy Setyandhaka, Jhon Proffett, Syamsul Kepli dan Johan Arif	2008	<i>Skarn Mineralization In Batu Hijau Cu-Au Porphyry System</i>	Mengenai potensi mineralisasi skarn di Batu Hijau berasosiasi pada batuan kalk silikat dengan pola persebaran berbentuk seperti tapal kuda dan dikontrol oleh struktur geologi. Karakteristik batuan kalk silikat dapat diidentifikasi dari kenampakan megaskopis yang unik.
7	Arifudin Idrus, Jochen Kolb, Michael Meyer, Johan Arif, Dudy Setyandhaka, Syamsul Kepli	2009	<i>A preliminary study on Skarn-Related Calc-Silicate Rocks Associated with the Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit, Sumbawa Island, Indonesia</i>	Mengenai Batuan Kalk Silikat Batu Hijau dicirikan oleh lapisan berwarna merah kecokelatan yang mencirikan mineral garnet (andradit), hijau klinopiroksen (diopsid), putih kalsit dan zeolit. Asosiasi mineral mencirikan tahapan mineralisasi kalk silikat yang dialami yaitu progradasi (garnet, anortit, kuarsa dan klinopiroksen) pada suhu 340° - 400° C (salinitas tinggi 35-45 NaCl) sementara retrogradasi (klorit, epidot) pada 280° -300° C dan mineral kalsit + zeolit menyertai tahapan retrogradasi. Kehadiran batuan kalk silikat dengan magnetit masif-kalkopirit-pirit mengindikasikan kehadiran eksoskarn kalsik.
8	May Thwe Aye	2011	<i>Mineralogy, Geochemistry And Origin Of Skarn Mineralization Associated With The Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit, Sumbawa Island, Indonesia</i>	Mengenai kondisi tidak ditemukannya batugamping pada Endapan Batu Hijau sehingga sumber mineralisasi Skarn Batu Hijau berasosiasi dengan jenis sedimen lain yang memiliki komposisi karbonat cenderung minor. Skarn tersebut dicirikan oleh kehadiran garnet melimpah berjenis andradit, klinopiroksen (diopsid-hedenbergit), mineral opak seperti hematit dan magnetit, serta sulfida seperti kalkopirit dan pirit. Menurut jenisnya, mineral-mineral tersebut dicirikan oleh dua tahapan alterasi utama berdasarkan pengendapan terpisah mineral-mineral

Tabel 1.1 Lanjutan. Penelitian terdahulu mengenai endapan porfiri dan batuan kalk silikat di Batu Hijau

				kalk-silikat: Progradasi pada tahap awal dan diikuti oleh retrogradasi pada tahap berikutnya. Selama tahapan progradasi, metasomatisme diikuti oleh pembentukan eksoskarn kalsik dengan mineral utama garnet (andradit-grosular) dan piroksen (diopsid-hedenbergit). Sebaliknya, alterasi retrogradasi dicirikan oleh kehadiran epidot, kalsit, kuarsa dan klorit. Mineralisasi skarn terutama terkonsentrasi di sepanjang zona magnetit terbreksikan selama tahapan retrogradasi. penelitian mengenai skarn ini menggunakan data batuan inti (<i>coring/corebox</i>) hasil pemboran tahun 1990-2003.
9	Laraswati Jiwatami Dwi Kusuma	2013	Pemetaan Geologi, Alterasi, Mineralisasi Dan Kerapatan Urat Kuarsa Pada <i>Bench 210</i> Untuk Mengetahui Pengaruh Kerapatan Urat Kuarsa Terhadap Mineralisasi Dan Nilai Kadar Tembaga Endapan Porfiri Cu-Au Batu Hijau, Sumbawa, NTB	Mengenai geologi dan studi ubahan hidrotermal daerah Batu Hijau, Kabupaten Sumbawa menyebutkan bahwa terdapat 4 zona ubahan hidrotermal di Batu Hijau yaitu zona kuarsa-biotit-klorit-magnetit (potasik), zona klorit-epidot - kalsit (profilitik), zona kuarsa-serisit-klorit (filik), zona kuarsa-kaolinit-ilit (argilik). Temperatur pembentukan mineral berkisar antara 130°-360° C dan keterdapatan zonasi alterasi potasik merupakan ciri endapan sistem porfiri. Analisis kerapatan urat kuarsa menjadi metode analisis hubungan sistem alterasi dengan mineralisasi senyawa ekonomis.

1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagian besar membahas Parameter Endapan Porfiri Cu-Au Batu Hijau. Penelitian dilaksanakan oleh *Geologist Newmont Mining Corporation* dan peneliti lain untuk kepentingan akademik ataupun pengembangan ilmu geologi khususnya studi endapan mineral. Selama fase produksi tambang, penelitian fokus pada kajian *ore control geology*, *blasthole sampling/mapping* dan optimalisasi teknik pertambangan serta faktor *safety mining*. Penelitian terdahulu mengenai batuan kalk silikat dan endapan skarn seperti karakteristik megaskopis, mikroskopis dan genesa endapan skarn.

Penelitian mengenai batuan kalk silikat merupakan penelitian yang sebelumnya pernah dilaksanakan oleh peneliti lain di Batu Hijau. Proses pengeboran terus berjalan, hingga April 2016 jumlah lubang pemboran batuan inti mencapai 694 lubang bor. Berdasarkan hal itu perlu dilakukan penelitian terbaru untuk melengkapi ataupun mengkaji penelitian sebelumnya. Fokus

penulis pada pendeskripsian karakteristik batuan (megaskopis, mikroskopis, geokimia) dan visualisasi berupa peta dan ilustrasi model tentatif. Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh penulis, maka laporan penelitian tugas akhir ini adalah asli hasil karya sendiri dengan metode primer (*logging* geologi, analisis petrografi dan analisis mineragrafi) dilakukan sendiri oleh penulis. Adapun referensi atau data sekunder yang digunakan penulis sebagai data tambahan telah diberikan penghargaan dengan mengutip data penelitian secara baik dan benar.

1.7 Sistematika Penulisan

Uraian mengenai penelitian disusun dalam bentuk laporan tugas akhir dengan sistematika sebagai berikut:

a. **BAB I PENDAHULUAN**

Terdiri dari latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup penelitian, kondisi geografi dan kesampaian daerah, penelitian terdahulu, keaslian penelitian dan sistematika penulisan.

b. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Terdiri dari Geologi Regional Sumbawa dan Batu Hijau, Sistem Endapan Porfiri Cu-Au Batu Hijau, sistem endapan skarn dan hipotesis penelitian.

c. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Terdiri dari alat dan bahan, prosedur kerja, tahapan penelitian dan diagram alir penelitian.

d. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN**

Terdiri dari kondisi area penelitian meliputi karakteristik sistem porfiri, karakteristik batuan kalk silikat, tahap skarnifikasi batuan kalk silikat, hubungan genetik dan spasial batuan kalk silikat dengan sistem endapan porfiri, analisis jenis dan potensi mineral ekonomis endapan skarn.

e. **BAB V PENUTUP**

Terdiri dari kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.