

**STUDI ALTERASI DAN MINERALISASI PADA ENDAPAN EPITERMAL SULFIDASI
RENDAH BERDASARKAN HASIL PEMETAAN GEOLOGI DAN PENGEBORAN RC
DI PIT X PT. TAMBANG TONDANO NUSAJAYA SULAWESI UTARA**

SKRIPSI



**ASWAN
D621 15 303**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR
2020**

HALAMAN PENGESAHAN



ASWAN

NIM. D62115303

**STUDI ALTERASI DAN MINERALISASI PADA ENDAPAN EPITERMAL
SULFIDASI RENDAH BERDASARKAN HASIL PEMETAAN GEOLOGI
DAN PENGEBORAN RC DI PIT X PT. TAMBANG TONDANO
NUSAJAYA SULAWESI UTARA**

Diajukan sebagai salah syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S-1) pada
Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin
Disetujui di Makassar, 19 November 2020

Pembimbing I

Dr. Ir. Irzal Nur, MT.
NIP. 19660409 199703 1 002

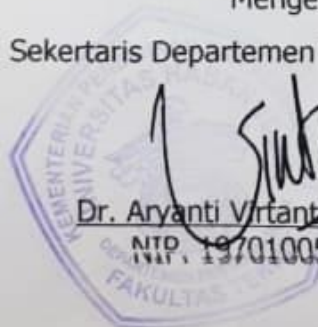
Pembimbing II

Asran Ilyas, ST. MT. Ph.D.
NIP. 19730314 200012 1 001

Mengetahui,

Sekretaris Departemen Teknik Pertambangan

Dr. Aryanti Virianti Anas, S.T., M.T.
NIP. 197010052008012026



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

nama : Aswan

NIM : D62115303

departemen / program studi : Teknik Pertambangan

dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul,

STUDI ALTERASI DAN MINERALISASI ENDAPAN EPITERMAL SULFIDASI RENDAH BERDASARKAN HASIL PEMETAAN GEOLOGI DAN PENGEBORAN RC DI PITX PT. TAMBANG TONDANO NUSAJAYA

adalah karya ilmiah saya sendiri dan sependek pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata di dalam naskah ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakkan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 Ayat (2) dan Pasal 70).

Makassar, 29 November 2020

Yang membuat pernyataan



Aswan

ABSTRAK

PT. Tambang Tondano Nusajaya (PT. TTN) merupakan perusahaan tambang emas epitermal *low sulphidation* yang berada di Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia. *Pit* X PT. TTN merupakan salah satu lokasi tambang emas PT. TTN yang telah menghasilkan emas bagi perusahaan. *Pit* ini telah ditambang dengan metode penambangan *open pit*, sehingga batuan bawah permukaan telah tersingkap di area dinding maupun lantai *pit*. Beberapa aspek yang belum dilakukan saat ini di antaranya yaitu mengidentifikasi secara lebih detail himpunan mineral alterasi hidrotermal, membuat peta zonasi alterasi hidrotermal dan paragenesis mineral bijih, khususnya terkait mineralisasi yang terdapat di *pit* X PT. TTN. Penelitian ini merupakan studi yang dilakukan untuk mengidentifikasi penyebaran litologi, himpunan mineral dan zonasi alterasi hidrotermal, estimasi temperatur pembentukan mineralisasi dan pH fluida hidrotermal, himpunan dan paragenesis mineral bijih, serta membuat peta zonasi alterasi dan mineralisasi hidrotermal. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis petrografi, mineragrafi, *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Analytical Spectral Device* (ASD). Hasil analisis memperlihatkan himpunan mineral alterasi yang terbentuk terdiri atas klorit, epidot, smektit (montmorillonit), serisit, muskovit, illit, kuarsa, dan kalsit, dengan zona alterasi hidrotermal dari luar ke dalam adalah zona propilitik (klorit – epidot – kalsit ± smektit ± serisit ± kuarsa) dan zona argillik (serisit – smektit – kuarsa ± klorit ± epidot). Mineralisasi di lokasi penelitian terbentuk pada kisaran temperatur sekitar 200°C-320°C dengan fluida hidrotermal yang membentuknya ber-pH netral. Himpunan mineral bijih yang terbentuk terdiri atas dua jenis yaitu mineral bijih hipogen yang terdiri dari sfalerit, kalkopirit, arsenopirit, galena, dan pirit, serta mineral bijih supergen yaitu kovelit dengan urutan pembentukan dari yang pertama sampai yang terakhir yaitu sfalerit, kalkopirit, arsenopirit, galena, pirit, dan kovelit. Tipe genetik mineralisasi di lokasi penelitian diinterpretasi sebagai mineralisasi tipe epitermal sulfidasi rendah.

Kata Kunci: Alterasi, epitermal, mineralisasi, mineralogi bijih, PT. TTN.

ABSTRACT

PT. Tambang Tondano Nusajaya (PT. TTN) is a low sulphidation epithermal gold mining company located in East Likupang District, North Minahasa Regency, North Sulawesi Province, Indonesia. Pit X PT. TTN is one of the PT. TTN's gold mining locations that has produced gold for the company. This pit has been mined using the open pit mining method, therefore the subsurface rock has been exposed in the wall and pit floor area. Several aspects that have not been carried out at this time including identifying in more detail the hydrothermal alteration mineral assemblage, making hydrothermal alteration zoning maps and ore mineral paragenesis, particularly related to mineralization in pit X of PT. TTN. This research is a study conducted to identifying the distribution of lithology, mineral assemblages and hydrothermal alteration zoning, estimation of mineralization formation temperature and hydrothermal fluid pH, ore mineral assemblage and paragenesis, as well as to create alteration zoning maps and hydrothermal mineralization. The analysis used in this study including petrographic analysis, mineragraphic analysis, X-Ray Diffraction (XRD), and Analytical Spectral Device (ASD) analysis. The results of the analysis showed that the alteration mineral assemblage formed consisted of chlorite, epidote, smectite (montmorillonite), sericite, muscovite, illite, quartz, and calcite, with the hydrothermal alteration zone from distal to proximal is propylitic zone (chlorite - epidote - calcite ± smectite ± sericite ± quartz) and argillic zone (sericite - smectite - quartz ± chlorite ± epidote). Mineralization at the research area is formed in a temperature range of about 200°C-320°C with neutral hydrothermal fluids pH. The ore mineral assemblage that is formed consists of two types, hypogene ore minerals consisted of sphalerite, chalcopyrite, arsenopyrite, galena, and pyrite and supergene ore mineral is covellite with the order of formation from early to late stage are sphalerite, chalcopyrite, arsenopyrite, galena, pyrite, and covellite. Mineralization type at the research area interpreted as low-sulphidation epithermal.

Keyword: *Alteration, epithermal, mineralization, ore mineralogy, PT. TTN.*

KATA PENGANTAR

Untaian rasa syukur ke hadirat Allah Swt., yang telah memberikan limpahan rahmat-Nya, sehingga skripsi yang berjudul "Studi Alterasi dan Mineralisasi pada Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah Berdasarkan Hasil Pemetaan Geologi dan Pengeboran RC di *Pit X* PT. Tambang Tondano Nusajaya Sulawesi Utara" ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya dengan semangat, doa, dan perjuangan tanpa lelah. Salawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad saw., keluarga, dan para sahabatnya.

Penulis menyadari bahwa sebuah penulisan skripsi memang bukanlah pekerjaan mudah, tetapi sebuah perjuangan tanpa lelah yang menuntut keseriusan, kejelian pikiran, dan menyita waktu yang cukup banyak, serta tak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah memberikan motivasi, pengarahan, bimbingan, saran, dan bantuan, baik moral, materiel, maupun spiritual kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Bapak Agung Praptono selaku KTT PT. TTN.
2. Bapak Sejati Awang Wibowo selaku *Geology Superintendent* PT. MSM.
3. Bapak Tody Susanto selaku *Geology Production Superintendent* PT. TTN.
4. Bapak Wendhi Septiadi selaku *mine geologist* dan pembimbing penulis selama menjalankan kegiatan penelitian Tugas Akhir di PT. TTN.
5. Bapak Wisnu Astaman, Bapak Agustinus Sosang, Ibu Natalia A. Rombe Dendo, Ibu Rosalindungan Maria Sinaga, Bapak Ahsan Hidayat, Ibu Friska Ayunda Putri, Bapak Lodih Basari, Bapak Singgih Mahardi, Bapak Bima Susantika Perkasa

Pribadi selaku *mine geologist* yang telah banyak membantu penulis dalam menjalankan kegiatan Tugas Akhir di PT. TTN.

6. Bapak Dr. Eng. Purwanto, ST. MT., selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.
7. Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT., selaku Kepala Laboratorium Eksplorasi Mineral Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin sekaligus pembimbing I yang telah memberikan banyak masukan dan saran kepada penulis.
8. Bapak Asran Ilyas, ST. MT. Ph.D., selaku pembimbing II atas bimbingan dan saran-saran yang telah diberikan selama menyusun laporan Tugas Akhir ini
9. Kedua orang tua tercinta Bapak La Saeta dan Ibu Rosna, saudara (Risna, S.Si. M.Si., Alman, S.Si. M.Si., Asmaun, S.Pd), serta seluruh keluarga penulis yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan STABILITY 2015 yang turut memberikan dukungan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studinya yang namanya tidak mampu penulis sebutkan satu per satu.
11. Rekan-rekan kerja sekaligus sahabat-sahabatku, JFW. Terima kasih telah menjadi ruang berbagi suka, duka, dan memberi banyak warna dalam kehidupan penulis. Semoga persahabatan kita tetap terjaga hingga tua nanti.
12. Teman baik saya A. Nur Rahmah Nurmy Attahmid yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan. Namun, dalam penyusunannya, penulis telah melakukan yang terbaik. Untuk itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan isi dari skripsi ini sehingga dapat

bermanfaat bagi penulis khususnya, serta pembaca pada umumnya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pembacanya.

Makassar, 19 November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tahapan Penelitian	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Geologi Regional.....	7
2.2 Geologi Lokal.....	12
2.3 Endapan Epitermal.....	14
2.4 Alterasi Hidrotermal	16
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Studi Literatur	22
3.2 Pengambilan Sampel dan Data Lapangan	22
3.3 Preparasi Sampel.....	24

3.4	Analisis Laboratorium	27
3.5	Pengolahan Data	31
BAB IV	ALTERASI DAN MINERALISASI <i>PITX</i> PT. TTN	34
4.1	<i>Host Rock</i> Lokasi Penelitian.....	34
4.2	Alterasi Hidrotermal	35
4.3	Mineralisasi dan Paragenesis Mineral Bijih	66
4.4	Tipe Genetik Mineralisasi	72
BAB V	PENUTUP	73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1	Peta tunjuk lokasi penelitian 6
2.1	Peta Geologi Regional daerah penelitian (Sumber: Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, Sekala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung) 11
2.2	Kolom Stratigrafi Regional daerah penelitian (Sumber: Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, Skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung) 11
2.3	Peta Geologi area Toka Tindung yang memperlihatkan prospek tiap lokasi (van Leuwen, 2011) 13
2.4	Kolom stratigrafi daerah Batupangah dan Toka Tindung (van Leeuwen, 2011)..... 13
2.5	Skema pembentukan endapan porfiri, epitermal sulfidasi tinggi dan epitermal sulfidasi rendah (Hedenquist <i>et al.</i> , 1996) 14
2.6	(A) Hubungan antara temperatur stabilitas mineral hidrotermal dengan pH. (B) Legenda yang digunakan. (C) Distribusi skematik alterasi hidrotermal yang berasosiasi dengan endapan epitermal LS dan HS (Hedenquist et al., 1996)..... 19
3.1	(A) Pengambilan data <i>strike-dip</i> . (B) Pengambilan sampel 23
3.2	Kegiatan preparasi sampel ASD: (A) Pengeringan sampel <i>mapping</i> . (B) Pengeringan sampel RC <i>drilling</i> 24
3.3	(A) Sayatan tipis. (B) Sayatan poles 25
3.4	Proses peremukkan sampel bongkah menjadi berukuran $\leq 0-10\text{mm}$ menggunakan alat <i>jaw crusher</i> 25
3.5	Proses peremukkan menggunakan <i>double roll crusher</i> untuk memperoleh ukuran butir yang lebih halus 26
3.6	Proses penggerusan sampel hingga berukuran 200 mesh secara manual menggunakan mortar 26
3.7	(A) Proses pen-tera-an sampel RC <i>drilling</i> . (B) Proses pen-tera-an sampel <i>mapping</i> 27
3.8	Pengamatan mikroskopis..... 29

3.9	Proses pembersihan dan sterilisasi <i>sample holder</i> menggunakan alkohol....	30
3.10	Proses peletakan sampel bubuk di atas <i>sample holder</i>	30
3.11	Proses meletakkan sampel ke dalam alat XRD	31
3.12	Diagram alir penelitian	33
4.1	Sampel <i>volcanic basaltic andesite</i> teralterasi lemah diambil pada stasiun BLM 163.....	34
4.2	Sampel <i>volcanic andesitic fragmental</i> dengan fragmen batuan andesit yang diambil pada stasiun BLM040	35
4.3	(A) Kenampakan sampel BLM001 dari batuan VAF. (B dan C) kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM001 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Chl (klorit), Qtz (kuarsa), Ser (serisit), Opq (opak), Pl (plagioklas), Px (Piroksen).....	37
4.4	(A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM001 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM001 berdasarkan hasil analisis XRD.....	38
4.5	(A) Kenampakan sampel BLM005 dari batuan VAF dengan <i>veinlet</i> kuarsa. (C) Kenampakan tekstur <i>saccharoidal</i> pada sampel BLM005. (B dan D) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM005 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Cal (Kalsit) Qtz (kuarsa), Chl (klorit), Ser (serisit), Opq (opak), Pl (plagioklas), Px (Piroksen)	40
4.6	(A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM005 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM005 berdasarkan hasil analisis XRD	41
4.7	(A) Kenampakan sampel BLM007 dari batuan VBA. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM007 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Qtz (kuarsa), Chl (klorit), Ep (Epidot), Cly (lempung), Opq (opak), Pl (plagioklas), Px (Piroksen).....	42
4.8	(A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM007 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan pada sampel BLM007 berdasarkan hasil analisis XRD	43
4.9	(A) Kenampakan sampel BLM012 dari batuan VBA yang memperlihatkan fragmen kuarsa. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM012 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Qtz (kuarsa), Opq (opak), Ms (Muskovit).....	45
4.10	(A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM012 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM012 berdasarkan hasil analisis XRD	46

4.11	(A dan C) Kenampakan sampel BLM014 dari batuan VBA. (B dan D) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM014 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Chl (klorit), Cly (mineral lempung), Ser (serisit)	47
4.12	(A) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM014 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM014 berdasarkan hasil analisis XRD	48
4.13	(A) Kenampakan sampel BLM019 dari batuan VBA yang memperlihatkan <i>layer</i> sulfida. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM019 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Chl (klorit), Cly (mineral lempung), Qz (kuarsa), Opq (mial opak)	50
4.14	(A) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM019 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM019 berdasarkan hasil analisis XRD	51
4.15	(A) Kenampakan sampel BLM028 dari batuan VBA. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM028. Keterangan: Pl (plagioklas), Px (piroksen), Chl (klorit), Ep (epidot), Qz (kuarsa), Opq (mial opak)	52
4.16	(A) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM028 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM028 berdasarkan hasil analisis XRD	53
4.17	(A) Kenampakan sampel BLM037 dari batuan VBA. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM037 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Px (piroksen), Ms (muskovit), Chl (klorit), Ep (epidot), Qz (kuarsa), Cly (mineral lempung), Opq (mial opak)	55
4.18	(A) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM037 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM037 berdasarkan hasil analisis XRD	56
4.19	(A) Kenampakan sampel BLM084 batuan VAF. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM084 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Px (piroksen), Ms (muskovit), Chl (klorit), Ep (epidot), Qz (kuarsa), Cly (mineral lempung), Ser (Serisit)	57
4.20	(A) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM084 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatannya mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM084 berdasarkan hasil analisis XRD	58
4.21	(A) Kenampakan sampel BLM092 dari batuan VAF. (B) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM092 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Ms (muskovit), Chl (klorit), Ep (epidot), Qz (kuarsa), Cly (mineral lempung)	60

4.22	(A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM092 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM092 berdasarkan hasil analisis XRD.....	61
4.23	Estimasi temperatur pembentukan mineralisasi di lokasi penelitian	63
4.24	Kenampakan sampel batuan BLM164 dari batuan VBA pada zona alterasi porpillitik	65
4.25	Kenampakan sampel batuan BLM069 dari batuan VAF pada zona alterasi argillik.....	66
4.26	Kenampakan tekstur mineralisasi. (A) <i>Vein stockwork</i> kuarsa. (B) Diseminasi pirit. (C) Tekstur <i>vuggy</i> dan <i>sulfide banded</i> . (D) Tekstur <i>sachharoidal</i> . (E) Tekstur breksi	67
4.27	Kenampakan mikroskopis himpunan mineral bijih. Keterangan: Py (pirit), Apy (arsenopirit), Ccp (kalkopirit), Cv (kovelit), Sp (sfalerit), Gn (galena)..	68
4.28	Kenampakan asosiasi mineral bijih di bawah mikroskop. Keterangan: Py (pirit), Apy (arsenopirit), Ccp (kalkopirit), Cv (kovelit), Sp (sfalerit), Gn (galena)	70

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Perbandingan mineral alterasi yang umum berasosiasi dengan sistem sulfidasi tinggi dan sulfidasi rendah (White <i>and</i> Hedenquist, 1995).....	15
2.2	Frekuensi keterdapatan mineral bijih di dalam sistem sulfidasi tinggi dan sulfidasi rendah (White <i>and</i> Hedenquist, 1995)	16
4.1	Himpunan mineral alterasi.....	62
4.2	Himpunan mineral bijih di lokasi penelitian.....	69
4.3	Paragenesis Mineral Bijih Lokasi Penelitian	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Peta Penelitian.....	77
B Deskripsi Mikroskopis Mineral Alterasi	82
C Deskripsi Mikroskopis Mineral Bijih.....	102
D Difrakogram Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	112
E Data analisis ASD.....	126

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Tambang Tondano Nusajaya (PT. TTN) merupakan perusahaan tambang emas epitermal *low sulphidation* yang berada di Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia. *Pit* X PT. TTN merupakan salah satu lokasi tambang emas PT. TTN yang telah menghasilkan emas bagi perusahaan. *Pit* ini telah ditambang dengan metode penambangan *open pit*, sehingga batuan bawah permukaan telah tersingkap di area dinding maupun lantai *pit*. Batuan-batuan yang tersingkap pada *pit* merupakan *host rock* urat kuarsa-karbonat yang membawa mineralisasi emas pada *pit* X. Keberadaan urat kuarsa-karbonat tersebut merupakan manifestasi aktifitas hidrotermal yang pernah aktif di area tersebut.

Oleh karena aktifitas hidrotermal tersebut, maka tentunya larutan hidrotermal yang berkembang di area tersebut telah mengendap sebagai urat-urat kuarsa-karbonat pada jalur-jalur lemah di dalam batuan dan akan mengalami reaksi kimia terhadap batuan yang dilaluinya sehingga merubah komposisi mineral batuan yang dilaluinya tersebut yang dikenal sebagai alterasi hidrotermal. Alterasi hidrotermal merupakan suatu proses perubahan yang terjadi pada batuan akibat adanya interaksi antara batuan dengan fluida hidrotermal sehingga terjadi perubahan pada komposisi mineralogi, tekstur, dan komposisi batuan tersebut. Perubahan tersebut tidak hanya terjadi pada batuan tetapi juga pada fluida hidrotermal sebagai upaya fluida untuk mencapai suatu kesetimbangan kimia. Larutan hidrotermal adalah cairan bertemperatur tinggi (100°–500°C) sisa pendinginan magma yang mampu merubah mineral yang telah ada sebelumnya dan membentuk mineral-mineral tertentu. Secara umum cairan sisa

kristalisasi magma tersebut bersifat silika yang kaya alumina, alkali, dan alkali tanah yang mengandung air dan unsur-unsur volatil (Corbett *and* Leach, 1998). Oleh karena itu, PT. TTN berusaha untuk mengidentifikasi himpunan mineral-mineral alterasi hidrotermal secara lebih detail dengan metode yang lebih akurat sehingga menjadi sebuah acuan yang mendukung dalam kegiatan eksplorasi pertambangan selanjutnya.

Beberapa aspek yang belum dilakukan saat ini pada *pit X* PT. TTN di antaranya yaitu mengidentifikasi secara lebih detail himpunan mineral alterasi hidrotermal, membuat peta zonasi alterasi hidrotermal dan paragenesis mineral bijih, khususnya terkait mineralisasi yang terdapat di *pit X* PT. TTN. Selain menyajikan informasi mengenai keterdapatan dan penyebaran mineral-mineral alterasi hidrotermal sesuai zona alterasinya, peta zonasi alterasi hidrotermal juga dapat digunakan sebagai petunjuk menuju ke arah zona mineralisasi utama dalam kegiatan eksplorasi. Oleh karena itu, penulis terdorong untuk melakukan penelitian pada lokasi ini dengan menggunakan data hasil pemetaan geologi permukaan dikombinasikan dengan data pengeboran *Reverse Circulation (RC Drilling)* sehingga dapat diketahui jenis-jenis mineral alterasi apa saja yang berkembang di dalam area *pit X*. Pola dan jenis kumpulan alterasi ini nantinya dapat digunakan oleh PT. Tambang Tondano Nusajaya dan PT. Meares Sopotan Mining (perusahaan induk dari PT. TTN) sebagai pendekatan untuk *vectoring* ke arah mineralisasi pada kegiatan eksplorasi di area-area sekitar tambang yang mempunyai kondisi topografi dan geologi yang relatif sama dengan geologi *pit X*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah yang akan diangkat yaitu:

1. Bagaimana penyebaran litologi di lokasi penelitian.
2. Bagaimana himpunan mineral dan zonasi alterasi hidrotermal di lokasi penelitian.

3. Bagaimana temperatur pembentukan mineral alterasi dan pH larutan hidrotermal pembentuk bijih di lokasi penelitian.
4. Bagaimana himpunan dan paragenesis mineral bijih di lokasi penelitian.
5. Bagaimana tipe genetik mineralisasi yang terbentuk di lokasi penelitian.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi penyebaran litologi di lokasi penelitian.
2. Menentukan himpunan mineral dan zonasi alterasi hidrotermal di lokasi penelitian.
3. Mengestimasi temperatur pembentukan mineral alterasi dan pH larutan hidrotermal pembentuk bijih di lokasi penelitian.
4. Mengidentifikasi himpunan mineral dan paragenesis bijih di daerah penelitian.
5. Menginterpretasi tipe genetik mineralisasi berdasarkan himpunan mineral alterasi dan mineral bijih, temperatur pembentukan mineralisasi serta pH larutan hidrotermal yang membentuknya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah penulis dapat memahami zonasi alterasi dan himpunan mineral bijih pada endapan Au-Ag epitermal. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan manfaat yang berupa data tambahan tentang zonasi alterasi yang berasosiasi dengan endapan Au-Ag epitermal di *pit X* kepada perusahaan PT. Tambang Tondano Nusajaya Sulawesi Utara sebagai pendekatan untuk mengetahui *vector to ore* pada kegiatan eksplorasi di area-area sekitar tambang yang mempunyai kondisi topografi dan geologi yang relatif sama dengan geologi *pit X*.

1.5 Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap awal penelitian berupa pengumpulan berbagai referensi yang diperoleh dari artikel ilmiah, jurnal dan buku terkait penelitian yang akan dilakukan. Referensi yang dikumpulkan kemudian digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian.

2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap menentukan masalah-masalah yang akan dijadikan sebagai pembahasan utama penelitian. Masalah yang dirumuskan untuk menjadi pembahasan utama penelitian ini yaitu identifikasi himpunan mineral alterasi hidrotermal dan zonasi alterasinya, estimasi temperatur pembentukan mineralisasi dan pH larutan hidrotermal yang membentuknya.

3. Pengambilan Data

Pengambilan data primer di lapangan untuk penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pemetaan geologi (*mapping*). Data lapangan yang diambil meliputi koordinat stasiun pengamatan, data kedudukan batuan dan struktur geologi (*strike/dip*), deskripsi batuan dan pengambilan sampel batuan induk yang belum teralterasi ataupun yang sudah teralterasi.

4. Pengolahan Data

Pengolahan data lapangan meliputi *plotting* stasiun dan data singkapan pada peta dasar sesuai titik koordinatnya. Pekerjaan laboratorium meliputi analisis ASD, petrografi, mineragrafi dan XRD untuk mengetahui himpunan mineral alterasi dan mineral bijih. Hasil analisis di laboratorium kemudian digabungkan dengan data lapangan untuk membuat peta zonasi alterasi hidrotermal dan peta sebaran mineral bijih di daerah penelitian.

5. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

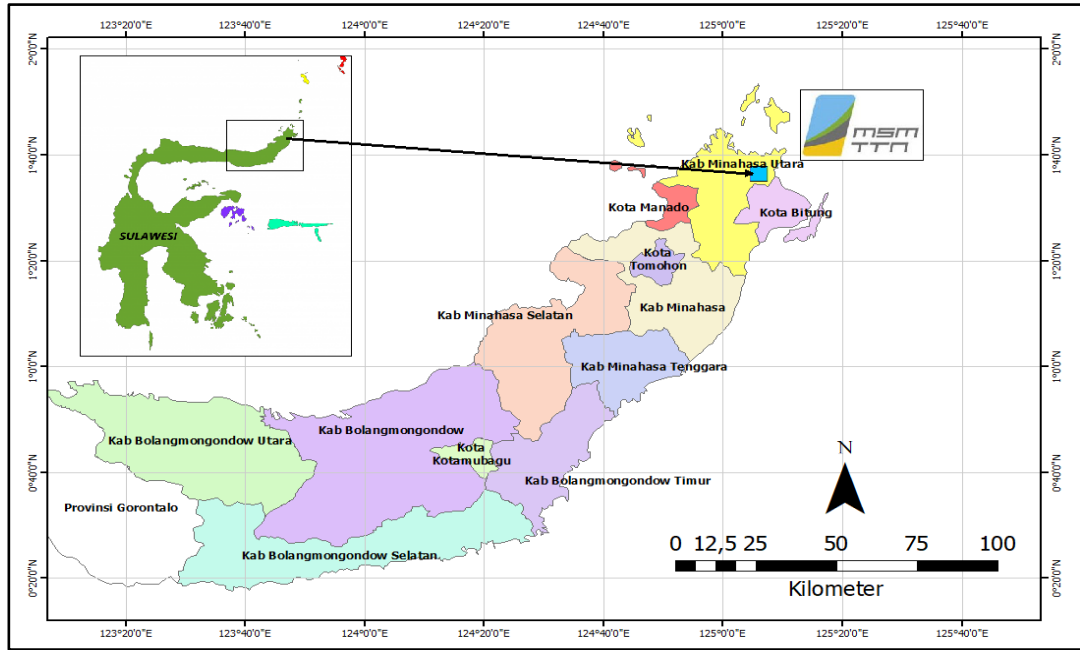
Setelah pengumpulan dan pengolahan data selesai, maka tahap selanjutnya adalah penyusunan laporan. Di akhir penyusunan laporan ini, akan ditarik kesimpulan dari masalah-masalah yang telah dirumuskan sebelumnya berdasarkan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan.

6. Presentasi dan Penyerahan Laporan Tugas Akhir

Laporan tugas akhir yang telah disusun kemudian dipresentasikan di depan pembimbing dan tim penguji dalam seminar hasil dan ujian meja. Laporan tugas akhir yang telah dipresentasikan dalam seminar hasil dan ujian meja serta telah dilakukan perbaikan, selanjutnya diserahkan ke perpustakaan Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin dan perusahaan PT. Tambang Tondano Nusajaya.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administratif terletak di Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara tepatnya di PT. Tambang Tondano Nusajaya (Gambar 1.1). Perjalanan menuju lokasi penelitian dari Kota Makassar dapat ditempuh melalui jalur udara ke Kota Manado dengan waktu tempuh sekitar hampir 2 jam, dan selanjutnya ditempuh dengan jalur darat selama 1 jam dari Kota Manado menuju *site*.



Gambar 1.1. Peta tunjuk lokasi penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Berdasarkan struktur litotektonik, Sulawesi dan pulau-pulau sekitarnya dibagi menjadi empat mandala geologi, yaitu Mandala Barat (*West & North Sulawesi Volcano-Plutonic Arc*) sebagai jalur magmatik yang merupakan bagian ujung timur Paparan Sunda, Mandala Tengah (*Central Sulawesi Metamorphic Belt*) berupa batuan malihan yang ditumpangi batuan banchuh sebagai bagian dari blok Australia, Mandala Timur (*East Sulawesi Ophiolite Belt*) berupa ofiolit yang merupakan segmen dari kerak samudera berimbrikasi dan batuan sedimen berumur Trias-Miosen, dan fragmen benua Banggai-Sula-Tukang Besi, kepulauan paling timur dan tenggara Sulawesi yang merupakan pecahan benua yang berpindah ke arah barat karena *strike-slip faults* dari New Guinea (Sompotan, 2012).

2.1.1 Geomorfologi Regional

Menurut Sompotan (2012) daerah penelitian berada pada Mandala Barat bagian utara. Busur Sulawesi Utara mencakup Propinsi Sulawesi Utara dan Gorontalo, memanjang sekitar 500 km dari 121°E – 125°20'E dengan lebar 50-70 km dan memiliki ketinggian lebih dari 2.065 m, di mana ketinggian daerah di sekitar leher pulau Sulawesi mencapai 3.225 m.

Sebagian besar wilayah dataran Sulawesi Utara terdiri dari pegunungan dan bukit-bukit diselingi oleh lembah yang membentuk dataran. Gunung-gunung terletak berantai dengan ketinggian di atas 1.000 meter dari permukaan laut. Beberapa gunung di Sulawesi Utara yaitu, Gunung Klabat (1.895 m), Gunung Lokon (1.579 m), Gunung Mahawu (1.331 m), Gunung Sopotan (1.789 m), Gunung Dua Saudara (1.468 m),

Gunung Awu (1.784 m), Gunung Ruang (1.245 m), Gunung Karangetan (1.320 m), Gunung Dalage (1.165 m), Gunung Ambang (1.689 m), Gunung Gambula (1.954 m), dan Gunung Batu-Balawan (1.970 m) (Sompotan, 2012).

2.1.2 Struktur Geologi Regional

Struktur geologi yang berkembang di daerah Sulawesi adalah sesar-sesar mendatar yang berasosiasi dengan sesar-sesar naik. Pemicu terbentuknya sesar-sesar di Sulawesi adalah gabungan antara mikrokontinen benua Australia dan mikrokontinen Sunda yang terjadi sejak Miosen. Pergerakan dari pecahan lempeng benua Australia tersebut relatif ke arah barat. Adanya sesar utama seperti Sesar Palu-Koro dan Sesar Walanae juga memberikan peranan dalam pembentukan sesar-sesar kecil di sekitarnya. Data dan hasil analisis struktur geologi, seperti pola kelurusan dan arah pergerakan relatif sesar, mengindikasikan bahwa deformasi di daerah Sulawesi dipengaruhi oleh aktivitas sesar mendatar Palu-Koro dan terusan sesar mendatar Walanae (Sompotan, 2012).

2.1.3 Stratigrafi Regional

Secara regional, geologi daerah Kabupaten Minahasa Utara disusun oleh satuan-satuan batuan dengan urutan stratigrafi dari yang berumur tua ke muda, sebagai berikut (Gambar 2.2) :

- a. Tersier Miosen Vulkanik (Tmv) : terutama terdiri dari breksi, lava dan tuff. Aliran lava pada umumnya berkomposisi andesit-basal. Adanya lava dasit (Tmvl) di hulu Sungai Kotabunan telah dilaporkan oleh Kopenberg (1928). Breksi berbutir sangat kasar, berkomposisi andesit, sebagian bersifat konglomerat, mengandung sisipan tufa, batupasir, batulempung dan lensa batugamping. Fosil foram kecil ditemukan dalam sisipan lempung napalan menunjukkan umur Miosen Tengah, Kopenberg (1928) melaporkan adanya retas andesit dalam satuan ini. Di sepanjang pantai daerah antara Molobok dan Nuangan bagian tenggara di antara

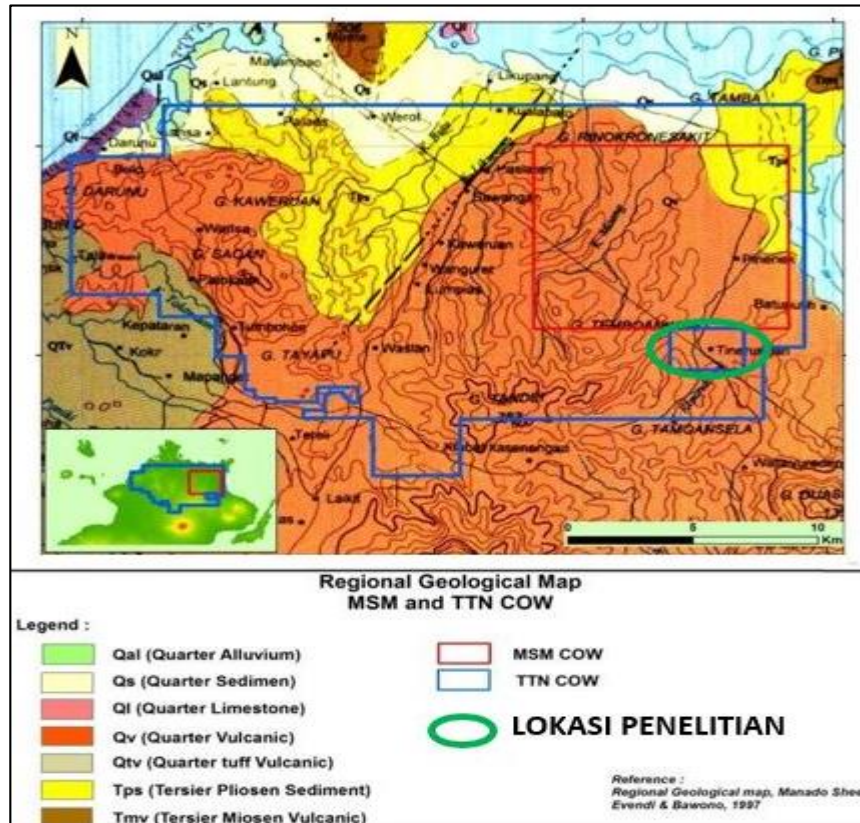
batuan gunungapi ada yang terkarsikan dan mengandung barik-barik kuarsa halus berwarna coklat kemerahan. Mineralisasi Au dan Ag terdapat dalam urat kuarsa di sungai dekat Kepulauan Paslaten. Di Pulau Lembeh satuan ini tersusun dari aliran lava dan breksi berkomposisi andesit sedangkan di Kampung Papusungan telah termineralisasikan dan mengandung mineral pirit. Pulau Lembeh dengan bentuknya yang hampir setengah lingkaran diperkirakan oleh Verbeek (1908) sebagai bagian dari tebing kawah tua umur Miosen Tengah. Lingkungan pengendapan *fluviatil-lacustrine* breksi dan batupasir (Tps), terutama breksi-konglomerat kasar, berselingan dengan batupasir halus hingga kasar, batulanau dan lempung, berumur Pliosen.

- b. Tersier Pliosen Sedimen (TPS) : Terutama breksikonglomerat kasar, berselingan dengan batupasir halus hingga kasar (*greywacke*), batulanau dan batulempung berwarna kelabu kecoklatan. Breksi berkomposisi andesit piroksin terdapat di Pulau Naeng Besar, Pulau Naeng Kecil dan Pulau Talisei (Kopenberg, 1928) di Pulau Bangka terdapat batuan klastika yang sangat lapuk, yang oleh Kopenberg (1928) disebut "batupasir berbesi" menurut Kopenberg (1928) Batuan sedimen ini berumur Pliosen. Lingkungan pengendapan Fluvial.
- c. Kuartar Tufa Vulkanik/Tufa Tondano (Qtv) : Klastika kasar gunungapi yang terutama berkomposisi andesit, tersusun dari komponen menyudut hingga menyudut tanggung, terciirikan oleh banyak pecahan batuapung, batuapung lapilli, breksi, *ignimbrite* sangat padat berstruktur aliran. Satuan ini terdapat disekitar Danau Tondano di bagian utara daerah Minahasa, membentuk punggung yang bergelombang rendah. Aliran lava berkomposisi andesit, trakit, terdapat di daerah Gunung Tanuwantik (QtvI). Tufa bersifat trakitik yang sangat lapuk berwarna putih hingga kelabu kekuningan, terdapat di dekat Kampung Popontelan dan di Sungai Sinengkeian. Di daerah pantai antara Paslaten dan

Sondaken. Satuan ini juga membentuk punggungan bergelombang rendah. Endapan piroklastik ini diperkirakan berasal dari dan terjadi sebagai hasil letusan hebat pada waktu pembentukan Kaldera Tondano. Lingkungan pengendapan subaerial (lingkungan darat). Aluvial (QI), merupakan endapan termuda hasil erosi dan pengendapan yang masih berlangsung sampai sekarang, berupa kerikil, pasir dan lempung.

- d. Batuan Gunungapi Muda (QV) : Lava, bom, lapilli dan abu membentuk gunungapi Strato Muda antara lain Gunung Soputan, Gunung Mahawu, Gunung Locon, Gunung Klabat dan Gunung Tongkoko. Lava yang dikeluarkan oleh Gunung Soputan dan Gunung Lokon terutama berkomposisi basalt, sedangkan Gunung Mahawu dan Gunung Tongkoko berkomposisi andesit, di Kampung Tataaran dan Kampung Kiawa terdapat aliran obsidian, yang mungkin berasal dari Gunung Tomposu dan Gunung Lengkoan. Umurnya diperkirakan *Pliostocen-Recent*.
- e. Kuartar Sedimen/Endapan Danau dan Sungai (QS), terdiri dari pasir, lanau, konglomerat dan lempung napalan. Perselingan lapisan pasir lepas dan lanau, lapisan berangsur, setempat silang siur. Konglomerat tersusun dari pecahan batuan kasar menyudut tanggung, lempung napalan hitam mengandung moluska di Kayuragi (Kopenberg, 1928) mungkin termasuk satuan ini. Satuan ini membentuk undak dengan permukaan bergelombang. Satuan ini berumur Kuartar *Recent*. Lingkungan pengendapan danau/sungai.
- f. Aluvial (QI), merupakan endapan termuda hasil erosi dan pengendapan yang masih berlangsung sampai sekarang, berupa kerikil, pasir dan lempung.

Berdasarkan peta geologi regional Lembar Manado, Sulawesi Utara, Skala 1:250.000 dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung maka daerah penelitian berada pada satuan batuan Gunungapi Muda (QV) seperti pada gambar 2.1 dan gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional daerah penelitian (Sumber: Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, Sekala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung).

BATUAN SEDIMEN DAN ENDAPAN PERMUKAAN <i>SEDIMENT AND SURFICIAL DEPOSITS</i>	BATUAN GUNUNGAPI <i>VOLCANIC ROCKS</i>	UMUR <i>AGE</i>
 Qal		HOLOSEN <i>HOLOCENE</i>
 Qs	 Qv	PLISTOSEN <i>PLEISTOCENE</i>
 Ql	 Qtv	PLIOSEN <i>PLIOCENE</i>
 Tps	 QTvl	
 Tms	 Tml	
	 Tmv	MIOSEN <i>MIOCENE</i>
		AKHIR <i>LATE</i>
		TENGAH <i>MIDDLE</i>
		AWAL <i>EARLY</i>
		OLIGOSEN <i>OLIGOCENE</i>
		EOSEN <i>EOCENE</i>
		KUARTER <i>QUATERNARY</i>
		TERSIER <i>TERTIARY</i>

Gambar 2.2. Kolom stratigrafi regional daerah penelitian (Sumber: Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, Sekala 1: 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung).

2.2 Geologi Lokal

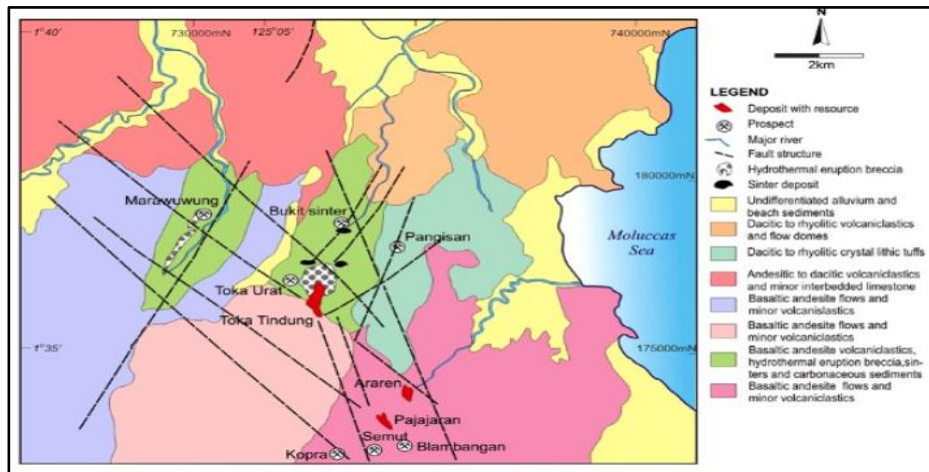
Menurut van Leeuwen (2011), area Toka Tindung terletak di ujung lengan utara Sulawesi dan mencakup area sekitar 400 km². Area ini berisi sejumlah deposit emas dan kejadian di mana deposit Toka Tindung adalah yang terbesar yang diketahui. Daerah Batupangah, yang terletak sekitar 4 km SSE Toka Tindung, berisi empat endapan urat yang signifikan yaitu Araren, Pajajaran, Blambangan, dan Kopra. Endapan tersebut terekspos di jendela-jendela vulkanik Plio-Pleistosen di dalam cakupan luas tefra kuartir akhir dan vulkanik lainnya yang berasal dari letusan relatif baru dari stratovulkano Dua Saudara atau Klabat (Gambar 2.3).

Urutan Plio-Pleistosen sebagian besar terdiri dari aliran andesit basaltik yang mengandung interkalasi batuan vulkaniklastik dengan komposisi mulai dari andesit hingga rhyodasit, dan secara lokal dikaitkan dengan breksi erupsi hidrotermal, silika sinter, dan sedimen tufa karbon. Batuan ini sebagian ditindih oleh vulkaniklastik andesit basaltik dan komposisi rhyodasit yang tidak terkonsolidasi dengan baik, dengan batu kapur kecil berselang-seling yang paling tebal di bagian utara Kabupaten Minahasa Utara. Urutan ini diterobos oleh *dome* dan *dyke-dyke* rhyodasit. Hasil penanggalan usia yang terbatas dan pertimbangan geologis menunjukkan bahwa andesit dan rhyodasit basaltik bersifat kontemporer, yaitu hasil dari magmatisme bimodal (van Leeuwen, 2011).

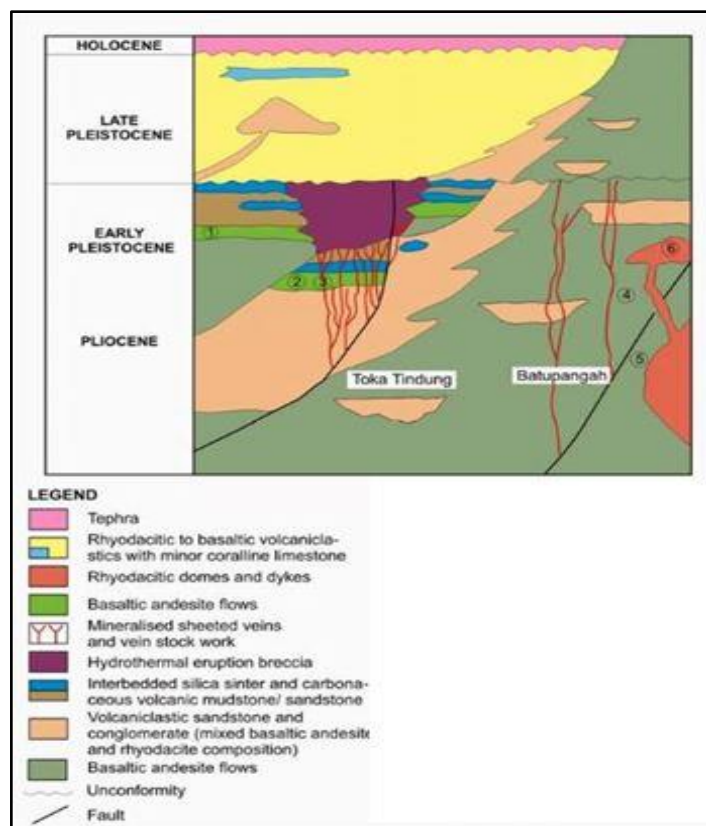
Endapan Toka Tindung dan Batupangah terjadi di jalur struktur selebar 2 km yang ditentukan oleh serangkaian patahan berarah NNW yang memanjang pada panjang *strike* >15 km. Tren struktural terkemuka lainnya di batuan Plio-Pleistosen adalah ENE, NNE dan NW. Mineralisasi emas sebagian besar di-*host* oleh *vein* yang dikontrol oleh *fault*, *stockwork*, dan breksi (van Leeuwen, 2011) (Gambar 2.4).

Sistem *vein* di daerah Batupangah di-*host* di satuan andesit basaltik porfiritik yang ditindih oleh *recent mantle-bedded tefra*, dengan ketebalan hingga 5 m. Deposit emas

utama yang ditemukan sampai saat ini tidak memiliki fitur permukaan dekat yang ada di Toka Tindung, seperti sinters dan breksi hidrotermal, dan ditafsirkan sebagai endapan level yang lebih dalam (van Leuwen, 2011).



Gambar 2.3. Peta Geologi area Toka Tindung yang memperlihatkan prospek tiap lokasi (van Leuwen, 2011).

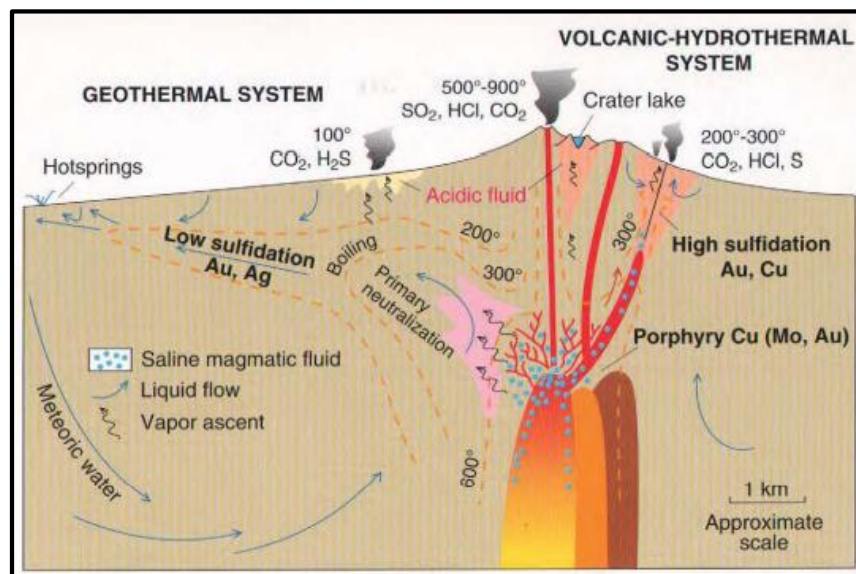


Gambar 2.4. Kolom stratigrafi daerah Batupangah dan Toka Tindung (van Leeuwen, 2011).

2.3 Endapan Epitermal

Endapan epitermal terbentuk di kedalaman dangkal pada sistem hidrotermal bersuhu tinggi yang umumnya berkembang di dalam busur vulkanik. Endapan epitermal merupakan sumber logam dasar dan logam-logam berharga (Simmons *et al.*, 2005). Data hasil studi inklusi fluida menunjukkan bahwa endapan epitermal terbentuk pada kisaran suhu 150°C-300°C dari permukaan sampai kedalaman 1-2km (White *and* Hedenquist, 1995).

Endapan epitermal dibagi menjadi 2 tipe, yaitu tipe sulfidasi tinggi dan tipe sulfidasi rendah. Pembagian ini didasarkan pada kondisi sulfidasi dari kumpulan mineral sulfida yang terbentuk (Hedenquist *et al.*, 2000) (Gambar 2.5).



Gambar 2.5. Skema pembentukan endapan porfiri, epitermal sulfidasi tinggi dan epitermal sulfidasi rendah (Hedenquist *et al.*, 1996).

2.3.1 Epitermal Sulfidasi Tinggi

Endapan sulfidasi tinggi (HS *deposits*) merupakan salah satu dari dua tipe utama endapan epitermal (White *and* Hedenquist, 1995). Endapan sulfidasi tinggi umumnya ditandai dengan hadirnya pirit yang sangat banyak (*pyrite-rich*) dan kumpulan mineral

sulfida lainnya seperti enargit, luzonit, digenit, kalkosit, dan kovelit. Penciri lain dari endapan sulfidasi tinggi adalah terbentuknya tipe alterasi *advanced argillic* yang ditandai oleh kehadiran mineral-mineral alterasi hidrotermal seperti kuarsa, alunite, pirofilit, dan kaolinit/dikit (Arribas, 1995). Tipe alterasi lain yang umumnya berkembang pada endapan sulfidasi tinggi yaitu silisik, argilik, propilitik dan serisitik/filik (Hedenquist *et al.*, 2000). Berikut merupakan tabel perbandingan keterdapatannya mineral-mineral alterasi antara endapan epitermal sulfidasi tinggi dan endapan epitermal sulfidasi rendah (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Perbandingan mineral alterasi yang umum berasosiasi dengan sistem sulfidasi tinggi dan sulfidasi rendah (White and Hedenquist, 1995).

<i>Mineralogy of gangue – frequency of occurrence (abundance)</i>		
	<i>Low-sulphidation</i>	<i>High-sulphidation</i>
<i>Quartz</i>	<i>ubiquitous (abundant)</i>	<i>ubiquitous (abundant)</i>
<i>Chalcedony</i>	<i>common (variable)</i>	<i>common (minor)</i>
<i>Calcite</i>	<i>common (variable)</i>	<i>absent (except as overprint)</i>
<i>Adularia</i>	<i>common (variable)</i>	<i>Absent</i>
<i>Illite</i>	<i>common (abundant)</i>	<i>uncommon (minor)</i>
<i>Kaolinite</i>	<i>rare (except as overprint)</i>	<i>common (minor)</i>
<i>Pyrophyllite-diaspore</i>	<i>absent (except as overprint)</i>	<i>common (variable)</i>
<i>Alunite</i>	<i>absent (except as overprint)</i>	<i>common (minor)</i>
<i>Barite</i>	<i>common (very minor)</i>	<i>common (minor)</i>

2.3.2 Epitermal Sulfidasi Rendah

Endapan sulfidasi rendah (LS *deposits*) umumnya dicirikan dengan tipe mineralisasi berupa *vein* atau *stockwork*. Endapan sulfidasi rendah terbentuk dari temperatur yang rendah dengan pH fluida hidrotermal hampir netral. Tipe alterasi yang umumnya berkembang pada endapan sulfidasi rendah secara berurutan dari luar ke dalam (pusat mineralisasi) yaitu propilitik, argilik dan silisifikasi. Alterasi tipe propilitik umumnya ditandai oleh kehadiran klorit, epidot dan kalsit. Pada tipe argilik, mineral alterasi yang terbentuk meliputi kuarsa, illit, illit/smektit, smektit dan kaolinit. Sedangkan tipe silisifikasi ditandai oleh kuarsa dan silika residu (Hedenquist *et al.*, 1996).

Himpunan mineral bijih yang terdapat pada endapan epitermal sulfidasi rendah cenderung berbeda dengan endapan epitermal sulfidasi tinggi. Hal ini bisa diakibatkan oleh beberapa faktor, salah satu di antaranya adalah komposisi kimia dan tingkat keasaman pada lauratan hidrotermal. Berikut merupakan tabel frekuensi keterdapatannya mineral bijih pada endapan epitermal sulfidasi rendah dan sulfidasi tinggi (Tabel 2.2).

Tabel 2.2. Frekuensi keterdapatannya mineral bijih di dalam sistem sulfidasi tinggi dan sulfidasi rendah (White *and* Hedenquist, 1995).

	<i>Low-sulphidation</i>	<i>High-sulphidation</i>
<i>Pyrite</i>	<i>ubiquitous (abundant)</i>	<i>ubiquitous (abundant)</i>
<i>Sphalerite</i>	<i>common (variable)</i>	<i>common (very minor)</i>
<i>Galena</i>	<i>common (variable)</i>	<i>common (very minor)</i>
<i>Chalcopyrite</i>	<i>common (very minor)</i>	<i>common (minor)</i>
<i>Enargite-Luzonite</i>	<i>rare (very minor)</i>	<i>ubiquitous (variable)</i>
<i>Tennantite-Tetrahedrite</i>	<i>common (very minor)</i>	<i>common (variable)</i>
<i>Covellite</i>	<i>uncommon (very minor)</i>	<i>common (minor)</i>
<i>Stibnite</i>	<i>uncommon (very minor)</i>	<i>rare (very minor)</i>
<i>Orpiment</i>	<i>rare (very minor)</i>	<i>rare (very minor)</i>
<i>Realgar</i>	<i>rare (very minor)</i>	<i>rare (very minor)</i>
<i>Arsenopyrite</i>	<i>common (minor)</i>	<i>rare (very minor)</i>
<i>Cinnabar</i>	<i>uncommon (minor)</i>	<i>rare (very minor)</i>
<i>Electrum</i>	<i>uncommon (variable)</i>	<i>common (minor)</i>
<i>Native Gold</i>	<i>common (very minor)</i>	<i>common (minor)</i>
<i>Tellurides-Selenides</i>	<i>common (very minor)</i>	<i>uncommon (variable)</i>

2.4 Alterasi Hidrotermal

Alterasi hidrotermal merupakan proses yang sangat kompleks meliputi pergantian mineralogi, tekstur dan komposisi kimia hasil dari interaksi cairan panas (fluida hidrotermal) dengan batuan yang dilaluinya di bawah kondisi kimia fisika yang berkembang di dalamnya (Pirajno, 2009). Alterasi umumnya terjadi bersamaan dengan terbentuknya urat-urat atau *gangue* yang mengisi rekahan-rekahan. Jika kenampakan alterasi pada tubuh batuan memiliki pola keteraturan maka dapat dibagi menjadi suatu zona yang disebut zona alterasi hidrotermal. Beberapa faktor yang memengaruhi

pembentukan mineral alterasi dalam sistem hidrotermal yaitu temperatur, sifat kimia larutan hidrotermal, konsentrasi larutan hidrotermal, komposisi batuan sampling, durasi aktivitas hidrotermal dan permeabilitas (Browne, 1978).

Walaupun faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya saling berkaitan, namun, temperatur dan kimia fluida merupakan dua faktor yang sangat berpengaruh dalam proses alterasi hidrotermal. Suhu mempengaruhi tingkat kristalinitas mineral, suhu yang lebih tinggi mendukung pembentukan mineral kristalin yang lebih banyak. Sebagai contoh, mineral kaolinit dan haloisit yang memiliki struktur kristal tidak beraturan terbentuk pada temperatur di bawah kondisi ruangan, sedangkan mineral kaolinit dan dioksid dengan struktur kristal yang beraturan terbentuk di bawah temperatur hidrotermal yang tinggi atau pada kondisi yang lebih panas (Corbett *and* Leach, 1998).

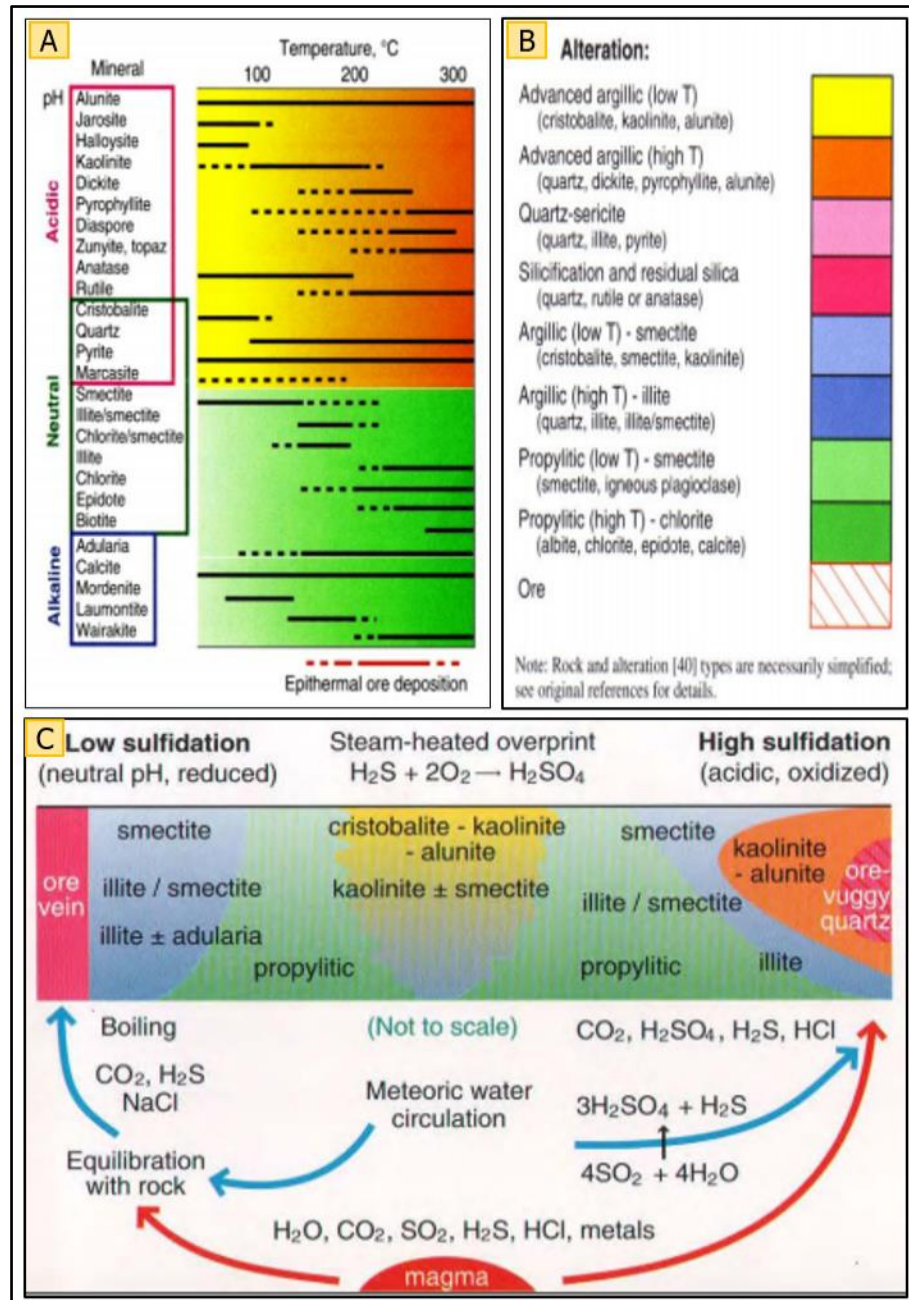
2.4.1 Alterasi dalam Sistem Epitermal

Fase mineral hidrotermal yang berkembang dalam sistem epitermal merupakan fungsi suhu, tekanan, jenis batuan, sifat fluida (seperti pH, aktivitas CO₂, H₂S) dan rasio air/batuan. Alterasi hidrotermal dalam sistem epitermal dapat dilihat dari interaksi fluida asam, fluida klorida hampir netral dan fluida basa. Pengetahuan mengenai himpunan mineral alterasi sangat penting dalam membedakan tipe sistem epitermal sulfidasi rendah, sulfidasi tinggi, sulfidasi intermediet dan basa (Pirajno, 2009).

Banyak mineral alterasi hidrotermal yang stabil pada rentang suhu dan pH di atas rata-rata, sehingga pemetaan distribusi mineral-mineral alterasi dapat digunakan untuk merekonstruksi zonasi termal dan geokimia yang mengarah ke model hidrologi dari sistem hidrotermal yang sudah tidak aktif. Mineral-mineral alterasi juga penting digunakan untuk membedakan suatu endapan termasuk ke dalam jenis sulfidasi rendah atau sulfidasi tinggi (Hedenquist *et al.*, 1996). Stabilitas temperatur mineral-mineral alterasi hidrotermal dapat dilihat pada gambar 2.6A.

Alterasi yang berasosiasi dengan bijih pada endapan sulfidasi rendah dihasilkan oleh fluida panas dengan pH yang hampir netral. Penurunan suhu terjadi seiring dengan menurunnya kedalaman dan meningkatnya jarak dari pusat saluran fluida. Berbeda dengan karakteristik alterasi ber-pH netral pada endapan sulfidasi rendah, endapan sulfidasi tinggi mengandung mineral-mineral yang stabil pada pH asam seperti alunit, kaolinit, dicit, pirofilit, diaspor dan zunit, yang beberapa di antaranya juga sensitif terhadap temperatur. Mineral-mineral tersebut termasuk ke dalam kumpulan alterasi argilik lanjut (*advanced argillic*) yang terbentuk selama proses pelindian awal pada lingkungan sulfidasi tinggi. Batuan yang paling banyak teralterasi asam adalah residu silika yang disebut kuarsa vuggy (*vuggy quartz*) (Hedenquist *et al.*, 1996).

Berdasarkan hasil studi dan penemuan endapan-endapan epitermal di Sirkum Pasifik dan sekitarnya selama beberapa dekade terakhir, saat ini diketahui bahwa endapan dengan tekstur dan kumpulan mineral yang mencirikan lingkungan epitermal mengandung mineral dan inklusi fluida yang merekam temperatur maksimum sekitar 300°C. Sebagian besar di antaranya terbentuk pada kisaran (160-270)°C yang berhubungan dengan kedalaman 50-700 m di bawah muka air tanah purba (Hedenquist *et al.*, 1996). Dari keterangan di atas, maka dibuatlah diagram hubungan antara stabilitas mineral hidrotermal dengan pH dan temperatur pembentukannya serta distribusi skematik alterasi hidrotermal yang berasosiasi dengan endapan epitermal HS dan LS (Gambar 2.6).



Gambar 2.6. (A) Hubungan antara temperatur stabilitas mineral hidrotermal dengan pH. (B) Legenda yang digunakan. (C) Distribusi skematik alterasi hidrotermal yang berasosiasi dengan endapan epitermal LS dan HS (Hedenquist et al., 1996).

2.4.2 Kelompok Mineral Alterasi

Corbett *and* Leach (1998) mengelompokkan mineral-mineral alterasi beserta kondisi lingkungan pembentukannya sebagai berikut:

1. Kelompok mineral silika, terbentuk pada pH rendah (<2) dan umumnya berasosiasi dengan rutil. Pada temperatur $<100^{\circ}\text{C}$ dengan kondisi larutan hidrotermal yang sangat asam, akan terbentuk silika opal, kristobalit dan tridymit. Sedangkan pada temperatur 100°C - 200°C akan terbentuk kalsedon, dan pada suhu yang tinggi ($>200^{\circ}\text{C}$) akan terbentuk mineral silika amorf.
2. Kelompok mineral alunit, terbentuk pada pH >2 bersama mineral silika dengan rentang temperatur yang lebih panjang. Kelompok mineral alunit yang berasosiasi dengan mineral andalusit terbentuk pada temperatur tinggi ($>350^{\circ}\text{C}$ - 400°C) dan kelompok mineral alunit yang berasosiasi dengan mineral korundum terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi yaitu di kisaran $>400^{\circ}\text{C}$ - 450°C .
3. Kelompok mineral kaolin, terbentuk dari fluida dengan pH menengah ke bawah (berkisar 4) dengan mineral yang terbentuk pada kedalaman dangkal berupa kaolinit pada suhu rendah ($<150^{\circ}\text{C}$ - 200°C). Pirofilit terbentuk jauh di dalam kerak bumi pada suhu yang lebih tinggi ($<200^{\circ}\text{C}$ - 250°C), dan dikit terbentuk pada daerah transisi dengan kisaran temperatur di antara kedua tingkatan sebelumnya.
4. Kelompok mineral illit, terbentuk pada kondisi pH larutan hidrotermal 4-6. Pada kondisi pH 4-5, kelompok mineral illit akan terbentuk bersama kelompok mineral kaolin tergantung temperatur dan salinitas fluidanya. Mineral smektit terbentuk pada temperatur $<220^{\circ}\text{C}$, mineral illit-smektit yang *inter-layering* terbentuk pada kisaran temperatur 100°C - 200°C , illit pada kisaran 200°C - 250°C , dan muskovit pada temperatur $>250^{\circ}\text{C}$.
5. Kelompok mineral klorit, terbentuk pada kondisi pH sedikit asam sampai hampir netral. Klorit-karbonat menjadi dominan dan dapat hadir bersama kelompok mineral illit pada lingkungan dengan kondisi pH 5-6. Klorit-smektit *interlayered*

terbentuk pada temperatur rendah, kemudian pada temperatur yang lebih tinggi akan berubah menjadi mineral klorit.

6. Kelompok mineral kalsilikat, terbentuk pada kondisi pH netral sampai basa. Pada temperatur rendah, akan terbentuk mineral zeolit-klorit-karbonat, sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi akan terbentuk epidot disertai amfibol sekunder (aktinolit). Zeolit merupakan jenis mineral yang sensitif terhadap perubahan temperatur, pada temperatur <math><150^{\circ}\text{C}</math>-200°C akan terbentuk mineral-mineral hidrous zeolit (natrolit, kabazit, mordenit, stilbit, dan heulandit), pada temperatur 150°C-200°C terbentuk mineral laumontit, dan pada temperatur 200°C-300°C terbentuk mineral wairakit yang terbentuk di daerah lebih dalam dan lebih panas dalam sistem hidrotermal. Epidot yang terbentuk pada kisaran temperatur 180°C-220°C akan memiliki bentuk butiran yang buruk, dan akan membentuk butiran mineral yang baik pada temperatur $>220^{\circ}\text{C}$-250°C. Amfibol sekunder (aktinolit) terbentuk stabil dalam sistem hidrotermal aktif pada kisaran temperatur $>280^{\circ}\text{C}$-300°C (Browne, 1978). Dalam sistem yang aktif, biotit sekunder terbentuk pada temperatur $>300^{\circ}\text{C}$- 325°C.
7. Fase mineral lainnya, kelompok ini terdiri atas mineral-mineral karbonat yang terbentuk pada rentang temperatur pembentukan dan pH fluida hidrotermal yang lebih panjang, serta berasosiasi dengan kaolin, illit, klorit dan kalsilikat.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara yang dilakukan untuk menentukan jawaban dari rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian. Untuk mencapai tujuan, penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan. Berikut merupakan beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

3.1 Studi Literatur

Studi alterasi diawali dengan kajian literatur atau referensi yang relevan dengan batasan masalah penelitian. Studi literatur mencakup kajian buku, artikel, dan tulisan ilmiah dalam bentuk laporan maupun jurnal. Referensi yang dikaji berhubungan dengan kondisi dan informasi geologi dan mineralisasi di daerah penelitian. Beberapa referensi terkait dengan penelitian yang telah dilakukan juga dikaji, baik secara regional di sekitar lokasi penelitian ataupun di lokasi penelitian.

3.2 Pengambilan Sampel dan Data Lapangan

Pengambilan data di lapangan dilakukan dengan pemetaan (*mapping*) pada *Pit* X di level 10. Pekerjaan di lapangan meliputi pengambilan data koordinat setiap stasiun, kedudukan batuan, deskripsi batuan, dokumentasi lapangan, dan pengambilan sampel. Pengambilan sampel dilakukan mulai dari batuan yang masih segar atau belum teralterasi dan batuan teralterasi lemah, sedang, dan kuat.

Tahapan pekerjaan di lapangan yaitu sebagai berikut:

1. Membuat penomoran atau kode stasiun di setiap lokasi yang didatangi.
Penomoran ini bertujuan untuk memudahkan dalam mengenali sampel pada saat

pengolahan data. Stasiun yang didatangi terdiri dari 177 stasiun terdiri dari kode BLM001 sampai BLM177.

2. Mencatat koordinat stasiun yang terekam pada alat GPS (*Global Positioning System*).
3. Mengukur kedudukan batuan dan struktur geologi menggunakan kompas geologi apabila terlihat jelas jurus (*strike*) dan kemiringan (*dip*) suatu perlapisan batuan (Gambar 3.1A).
4. Melakukan deskripsi batuan. Deskripsi umumnya meliputi pencatatan litologi, warna, komposisi mineral secara makroskopis, serta kondisi geologi di sekitar stasiun.
5. Melakukan dokumentasi berupa foto singkapan yang diamati serta foto aktivitas selama di lapangan.
6. Melakukan pengambilan sampel (*sampling*) menggunakan palu geologi (Gambar 3.1B) kemudian mendeskripsi sampel yang diambil secara makroskopis. Selain dari sampel *mapping*, digunakan sampel *RC drilling* sebanyak 45 *chiptray* dari tujuh *line* bor dengan spasi 25 meter per *line* pada level 10 *Pit X* (BRC10).



Gambar 3.1. (A) Pengambilan data *strike-dip*. (B) Pengambilan sampel.

3.3 Preparasi Sampel

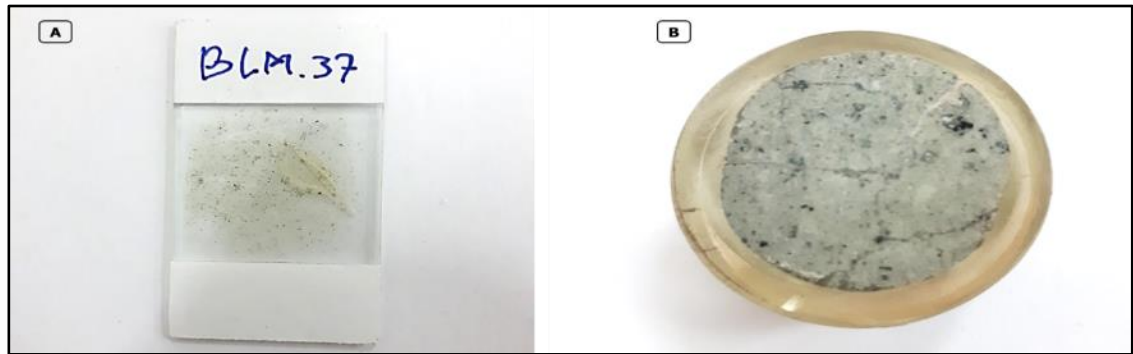
Pada penelitian ini, dilakukan preparasi sampel untuk jenis-jenis analisis laboratorium yang dilakukan meliputi preparasi untuk analisis ASD (*Analytical Spectral Device*), petrografi, mineragrafi, dan XRD (*X-Ray Diffraction*).

Untuk kepentingan analisis ASD, sampel-sampel yang telah diperoleh dari lapangan dan sudah dideskripsi secara makroskopis, kemudian dikeringkan untuk selanjutnya dianalisis. Kegiatan ini dilakukan di *sample house* perusahaan PT. TTN. Gambar 3.2 merupakan gambar pengeringan sampel untuk analisis ASD.



Gambar 3.2. Kegiatan preparasi sampel ASD: (A) Pengeringan sampel *mapping*. (B) Pengeringan sampel RC *drilling*.

Untuk analisis mikroskopis (petrografi dan mineragrafi), sampel-sampel batuan dan alterasi dipreparasi dalam bentuk sayatan tipis (*thin section*), dan sampel-sampel mineralisasi dipreparasi dalam bentuk sayatan poles (*polished section*). Kegiatan preparasi ini dilakukan di Ruang Preparasi Departemen Teknik Geologi Unhas.



Gambar 3.3. (A) Sayatan tipis. (B) Sayatan poles.

Sedangkan untuk analisis XRD, sampel-sampel alterasi dipreparasi dalam bentuk bubuk, di mana reduksi ukuran sampel dilakukan di *Workshop* Laboratorium Eksplorasi Mineral, dan penggerusan sampel dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian Departemen Teknik Pertambangan. Langkah-langkah pembuatan sampel bubuk untuk keperluan analisis XRD yaitu sebagai berikut:

1. Mereduksi sampel berukuran bongkah (*hand specimen*) menjadi lebih kecil ($\leq 0-10\text{mm}$) menggunakan alat *jaw crusher* Controls Model 48-D0530/A.



Gambar 3.4. Proses peremukkan sampel bongkah menjadi berukuran $\leq 0-10\text{mm}$ menggunakan alat *jaw crusher*.

2. Sampel yang telah diolah menggunakan *jaw crusher* kemudian diremukkan kembali menggunakan alat *double roll crusher* untuk memperoleh sampel dengan ukuran yang lebih halus agar mudah digerus pada saat proses penggerusan menggunakan mortar.



Gambar 3.5. Proses peremukkan menggunakan *double roll crusher* untuk memperoleh ukuran butir yang lebih halus.

3. Menggerus secara manual sampel yang telah diolah pada langkah sebelumnya hingga berukuran 200 mesh sebanyak 5 gram menggunakan mortar.



Gambar 3.6. Proses penggerusan sampel hingga berukuran 200 mesh secara manual menggunakan mortar.

4. Sampel yang telah digerus kemudian ditimbang untuk mengetahui massanya. Apabila massa sampel telah mencapai 5 gram, maka sampel telah dapat digunakan untuk keperluan analisis XRD.

3.4 Analisis Laboratorium

3.4.1 *Analytical Spectral Device (ASD)*

Analisis ASD digunakan untuk mengidentifikasi mineral pada sampel berdasarkan kurva reflektansi dari hasil penembakan sinar infra merah. Sampel *mapping* dan sampel pengeboran *Reverse Circulation (RC drilling)* yang sudah dikeringkan kemudian siap untuk ditera (disinari/ditembaki dengan sinar infra merah) dengan alat TerraSpec HALO. Sampel batuan yang dikenai sinar infra merah ini akan direspon oleh mineral-mineral yang ada dalam sampel batuan dalam bentuk nilai kurva reflektansi. Pola kurva reflektansi sangat ditentukan atau dipengaruhi oleh jenis mineral ubahan yang terkandung dalam sampel batuan. Untuk pembacaan nilai reflektansi setiap mineral ubahan dilakukan dengan bantuan perangkat keras komputer yang dilengkapi *software* TSG-8 (*The Spectral Geologist-8*). Gambar 3.7 merupakan gambar proses pen-tera-an sampel *mapping* dan sampel *RC drilling*.



Gambar 3.7. (A) Proses pen-tera-an sampel *RC drilling*. (B) Proses pen-tera-an sampel *mapping*.

3.4.2 Analisis Petrografi dan Mineragrafi

Analisis petrografi merupakan proses pengamatan sampel sayatan tipis di bawah mikroskop polarisasi menggunakan cahaya refleksi untuk mengidentifikasi mineral-mineral utama (*rock forming minerals*) dan sekunder (alterasi) yang terkandung di dalam sampel batuan, sedangkan analisis mineragrafi merupakan proses pengamatan sampel sayatan poles di bawah mikroskop polarisasi menggunakan cahaya refraksi untuk mengidentifikasi mineral-mineral bijih yang terkandung pada sampel batuan dan sampel mineralisasi. Analisis petrografi dan mineragrafi dilakukan menggunakan mikroskop polarisasi di Laboratorium Optik Departemen Teknik Geologi. Secara umum, langkah-langkah pengamatan petrografi dan mineragrafi adalah sama, yaitu sebagai berikut:

1. Menyambungkan mikroskop polarisasi ke aliran listrik.
2. Menyalakan mikroskop dan menyesuaikan *brightness dial control* sesuai dengan tingkat cahaya lampu mikroskop yang diinginkan.
3. Meletakkan dan memosisikan sayatan tipis atau sayatan poles di meja objek.
4. Menentukan perbesaran lensa obyektif mikroskop sesuai dengan kebutuhan pengamatan.
5. Melakukan pengamatan nikol sejajar (tanpa analisator) dan nikol silang (dengan analisator) untuk pengamatan petrografi sayatan tipis.
6. Mendekripsi mineral-mineral yang tampak di bawah mikroskop dan mencatat sifat-sifat optisnya.
7. Melakukan pengambilan foto (*capturing*) kenampakan mikroskopis mineral yang telah diamati.

Gambar 3.8 merupakan gambar pengamatan mikroskopis untuk mengidentifikasi keterdapatan mineral-mineral yang terkandung pada sampel batuan.

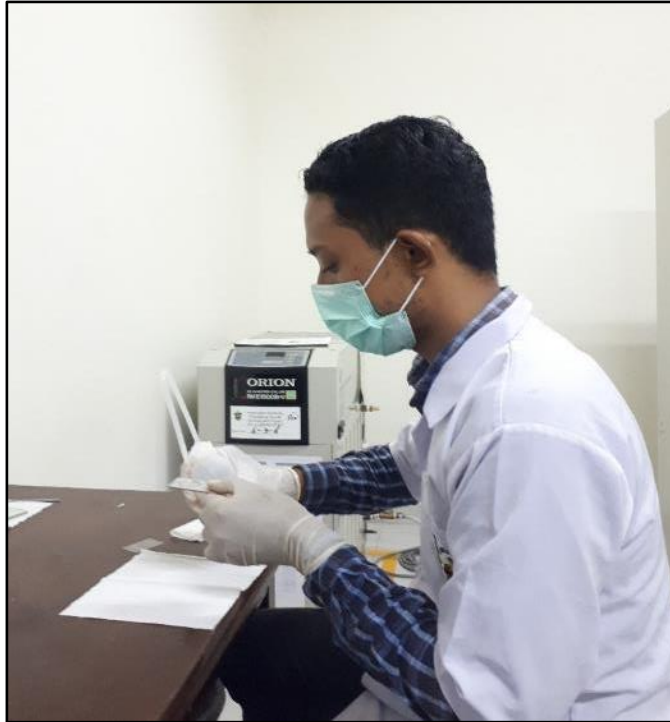


Gambar 3.8. Pengamatan mikroskopis.

3.4.3 Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD)

Analisis XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk mengidentifikasi mineral pada sampel berdasarkan kristalografinya melalui pantulan sinar X. Dibanding analisis ASD yang hanya dapat membaca mineral-mineral alterasi kelompok lempung, analisis XRD lebih banyak dapat membaca jenis mineral seperti mineral utama, mineral sekunder maupun mineral bijih. Analisis XRD pada penelitian ini dilakukan menggunakan mesin x-ray diffractometer Shimadzu Maxima_X XRD-7000, dengan pola-pola difraksi direkam dengan tahapan pemindaian $5-70^{\circ}$ 2-theta. Analisis XRD dilakukan di Ruang XRD Departemen Teknik Geologi. Langkah-langkah dalam melakukan analisis XRD yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan sterilisasi peralatan yang akan digunakan selama bekerja dan setiap pergantian sampel menggunakan larutan etanol untuk menghindari kontaminasi sampel sebelumnya pada sampel yang baru.



Gambar 3.9. Proses pembersihan dan sterilisasi *sample holder* menggunakan alkohol.

2. Meletakkan sampel bubuk 200 mesh ke dalam lingkaran yang terdapat pada *sample holder*, kemudian meratakan bubuk menggunakan bantuan kaca.



Gambar 3.10. Proses peletakan sampel bubuk di atas *sample holder*.

3. Sampel bubuk yang telah diratakan pada *sample holder* kemudian dimasukkan ke dalam alat x-ray diffractometer untuk dilakukan proses *scanning*.



Gambar 3.11. Proses meletakkan sampel ke dalam alat XRD.

4. Setelah sampel dimasukkan ke dalam alat x-ray diffractometer, langkah selanjutnya adalah memulai proses *scanning*. Hasil *scanning* alat x-ray diffractometer kemudian ditampilkan dalam bentuk difraktogram pada monitor komputer.

3.5 Pengolahan Data

3.5.1 *Analytical Spectral Device (ASD)*

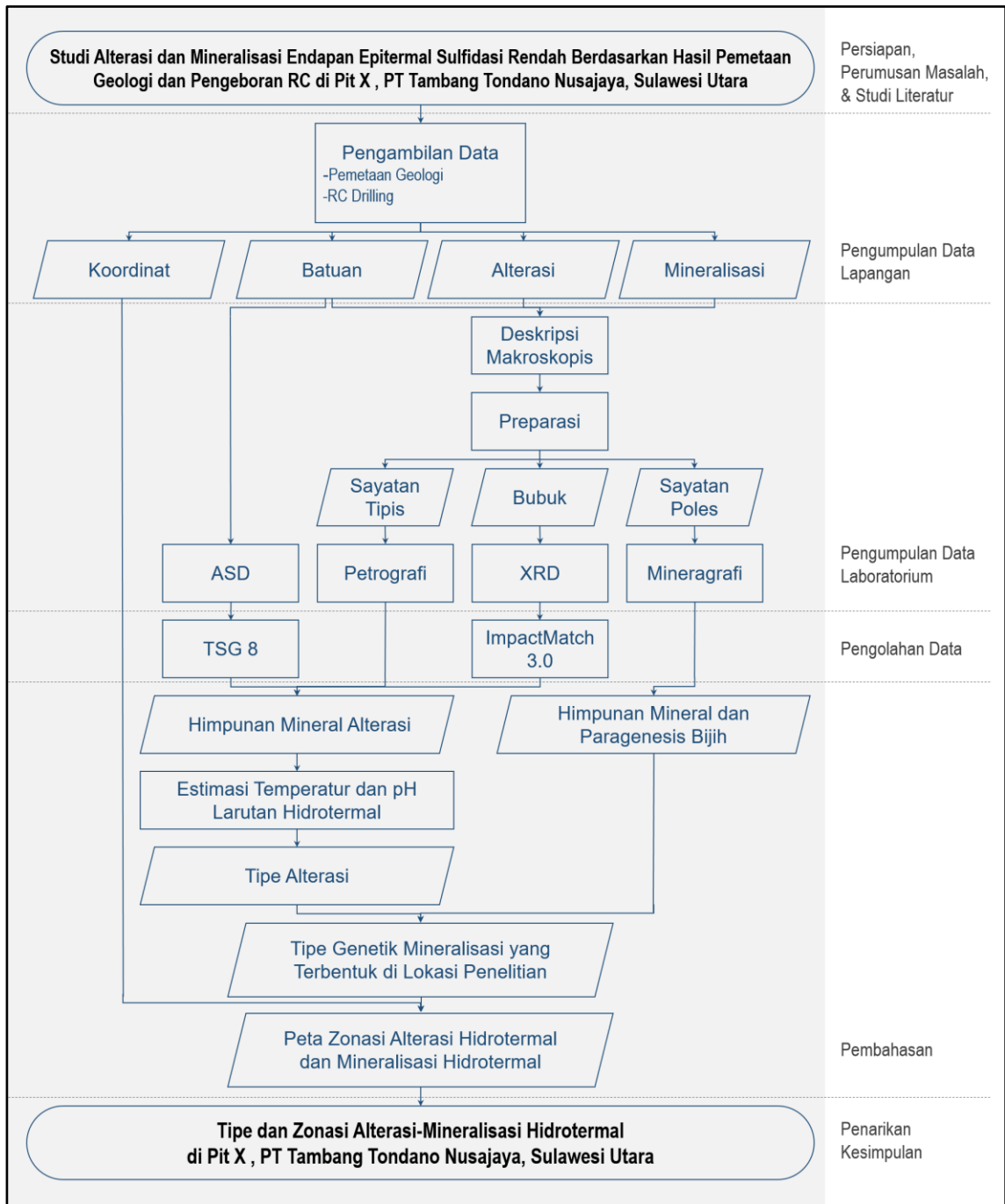
Pengolahan data dengan metode *Analytical Spectral Device (ASD)* berbeda dengan analisis petrografi dan mineragrafi di mana hasil dari kedua analisis mikroskopis tersebut (petrografi dan mineragrafi) langsung berupa mineral-mineral yang terdapat di dalam sampel. Hasil dari spektral pada alat TerraSpec HALO berupa kurva refleksansi yang kemudian digunakan untuk mengidentifikasi mineral-mineral sekunder pada

sampel. Pengolahan data kurva reflektansi ASD dilakukan secara komputerisasi menggunakan software TSG-8.

3.5.2 *X-Ray Diffraction* (XRD)

Hasil *scanning* x-ray diffractometer pada analisis XRD berupa difraktogram, kemudian diolah lebih lanjut baik secara manual ataupun secara komputerisasi menggunakan *software* tertentu untuk memperoleh mineral-mineral yang terdapat pada sampel. Pengolahan data difraktogram XRD dilakukan secara komputerisasi menggunakan *software* Impact Match! versi 3.

Hasil analisis sampel secara keseluruhan akan menghasilkan himpunan mineral alterasi dan mineral bijih. Penulisan simbol mineral pada bab pembahasan hasil penelitian ditulis menggunakan standar umum yang dibuat oleh Whitney *and* Evans (2010) (Lampiran A). Himpunan mineral alterasi yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengestimasi temperatur pembentukan mineralisasi dan pH fluida hidrotermal yang membentuknya mengacu pada tabel stabilitas mineral-mineral alterasi hidrotermal yang dibuat oleh Hedenquist *et al.* (1996). Data himpunan mineral alterasi dan mineral bijih kemudian dikombinasikan dengan data koordinat dan sebaran singkapan untuk membuat peta zonasi alterasi hidrotermal dan sebaran mineral bijih. Keseluruhan kerangka studi ini dirangkum ke dalam satu diagram alir penelitian (Gambar 3.12).



Gambar 3.12. Diagram alir penelitian.

BAB IV

ALTERASI DAN MINERALISASI *PITX* PT. TTN

4.1 *Host Rock* Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di *pit X* PT. Tambang Tondano Nusajaya Sulawesi Utara. Struktur besar yang terdapat di lokasi ini umumnya berarah barat-laut-tenggara (NW-SE). Dari hasil pengamatan dan deskripsi secara makroskopis, maka jenis batuan induk (*host rock*) mineralisasi di lokasi ini adalah sebagai berikut (sistem penamaan batuan mengacu pada sistem penamaan di perusahaan) :

1. *Volcanic Basaltic Andesite* (VBA)

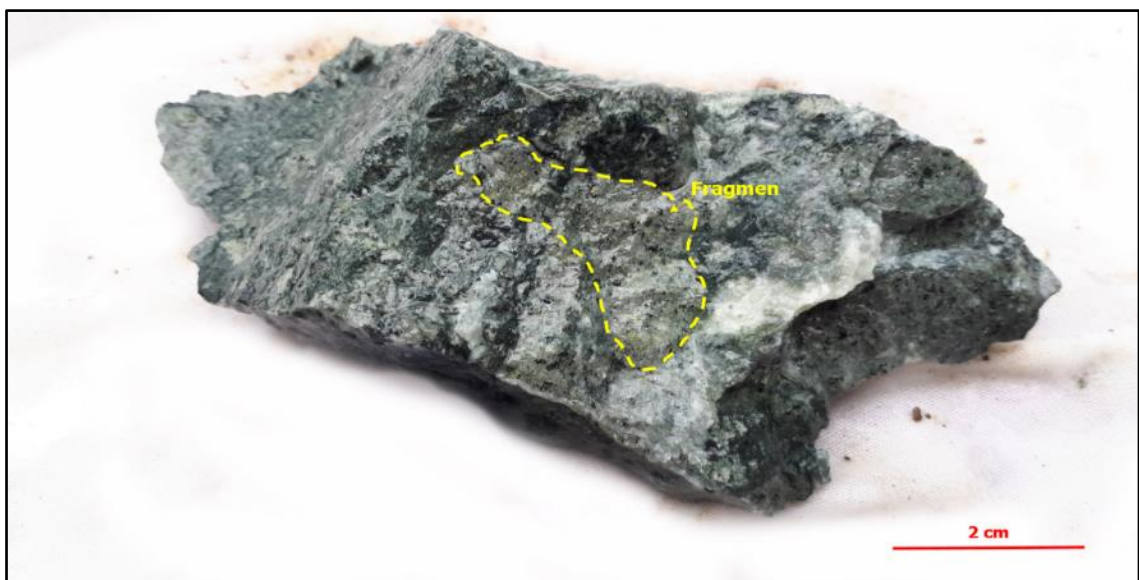
Batuan ini memiliki warna segar hitam-kehijauan untuk batuan yang belum teralterasi ataupun teroksidasi, mempunyai tekstur afanitik hingga porfiritik, derajat kristalisasi hipokristalin, dengan komposisi mineral-mineral mafik batuan beku. Batuan ini belum sepenuhnya teralterasi (*selective alteration*), hal tersebut dapat dilihat dari warna batuan yang masih dominan hitam, serta warna kehijauan yang mengindikasikan hadirnya mineral klorit namun dalam jumlah yang belum intens (Gambar 4.1).



Gambar 4.1. Sampel *volcanic basaltic andesite* teralterasi lemah diambil pada stasiun BLM 163.

2. *Volcanic Andesitic Fragmental* (VAF)

Batuan ini memiliki warna segar abu-abu kehijauan untuk batuan yang belum teroksidasi. Batuan ini bertekstur klastik monomitik, *clast-supported*, dengan komposisi fragmen (*clast*), dan matriks yang sama yaitu *basaltic andesite*, serta semen dari batuan ini adalah terdiri atas mineral-mineral felsik batuan beku. Batuan ini telah teralterasi sebagian hingga secara intensif, hal ini dapat dilihat dari warna batuan abu-abu kehijauan yang mengindikasikan hadirnya mineral-mineral lempung dan klorit. Pada sampel batuan ini juga hadir mineral kuarsa dalam bentuk *vein* dimana dapat dikatakan bahwa mineral kuarsa tersebut merupakan mineral sekunder (Gambar 4.2).



Gambar 4.2. Sampel *volcanic andesitic fragmental* dengan fragmen batuan andesit yang diambil pada stasiun BLM040.

4.2 Alterasi Hidrotermal

Pengambilan data lapangan pada penelitian ini dilakukan di sekeliling dinding *pit* X di level 10 (pada kedalaman 50 m) dengan membuat 177 stasiun pengambilan sampel dan tambahan data pengeboran *RC drilling* pada kegiatan *grade control* perusahaan. Litologi di daerah fokus penelitian umumnya telah mengalami ubahan atau alterasi akibat

pengaruh fluida hidrotermal. Persentasi alterasi hidrotermal pada setiap stasiun di lokasi penelitian berbeda-beda, mulai dari yang teralterasi lemah, sebagian (telah teralterasi sekitar 30-50%), sampai yang telah teralterasi kuat (mencapai 90%).

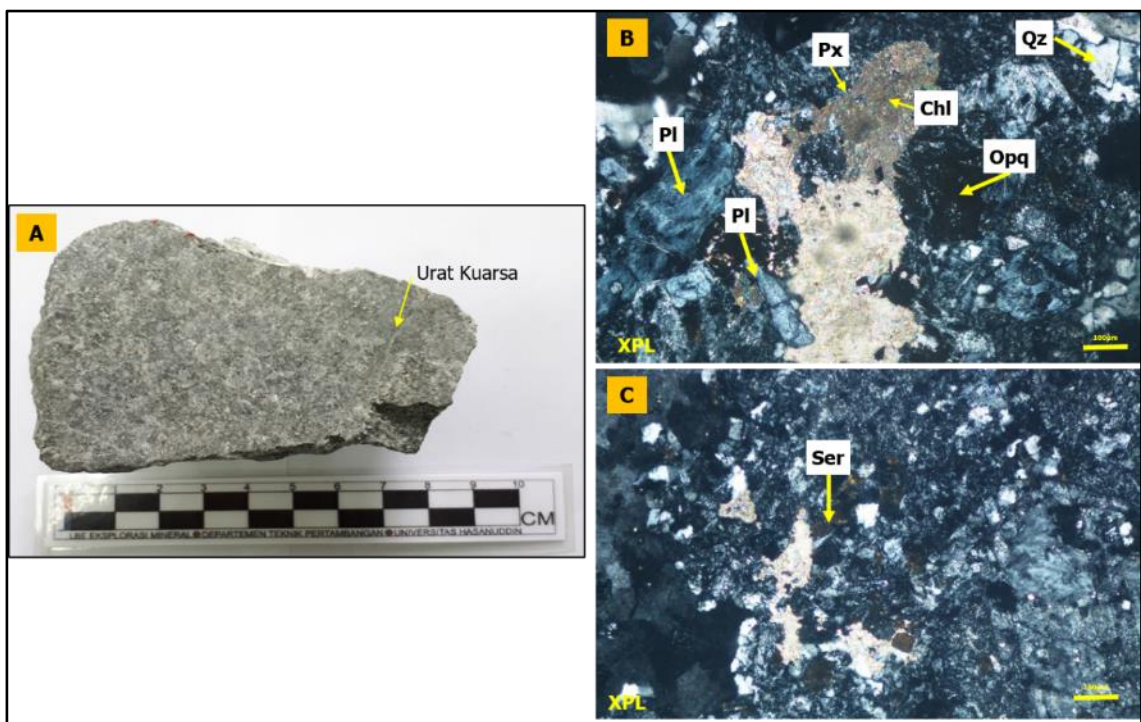
4.2.1 Himpunan Mineral Alterasi

Identifikasi himpunan mineral alterasi di lokasi penelitian dilakukan melalui pengamatan mikroskopis (petrografi), analisis XRD dan analisis ASD. Hasil pengamatan petrografi, analisis XRD dan analisis ASD memperlihatkan kehadiran mineral alterasi dan mineral penyusun batuan (*rock forming minerals*) yang belum teralterasi. Mineral penyusun batuan yang masih dapat dikenali yaitu plagioklas dan piroksen pada sampel *volcanic basaltic andesite* dan *volcanic andesitic fragmental*. Analisis ASD dilakukan pada 918 sampel dari sampel *mapping* dan sampel pengeboran *RC Drilling*. Pada analisis ini memperlihatkan kehadiran mineral-mineral alterasi jenis lempung (*clay*) dan mineral karbonat berupa kalsit. Sedangkan analisis mikroskopis (petrografi) dan analisis XRD hanya dilakukan pada 10 sampel *host rock* yang dipilih di laboratorium yaitu sampel BLM001, BLM005, BLM007, BLM012, BLM014, BLM019, BLM028, BLM037, BLM084, dan BLM092.

Sampel BLM001 merupakan sampel yang diambil pada litolgi *volcanic andesitic fragmental* yang telah teralterasi secara intensif (sekitar 90% telah teralterasi). Secara makroskopis, sampel ini sudah tidak dapat dikenali mineral-mineral penyusun utamanya. Sampel ini berwarna abu-abu kehijauan, granularitas porfiroafanitik, dengan relasi *inequigranular*. Warna dari sampel ini mengindikasikan kehadiran mineral alterasi lempung dan klorit. Sedangkan mineral kuarsa hadir pada sampel ini dengan bentuk urat-urat tipis (*veinlet*); Gambar 4.3A.

Pengamatan mikroskopis pada sampel BLM001 ini memperlihatkan kehadiran mineral-mineral alterasi berupa klorit, serisit, dan kuarsa. Sedangkan mineral utama penyusun batuan pada sampel ini masih bisa dikenali berupa plagioklas dan piroksen

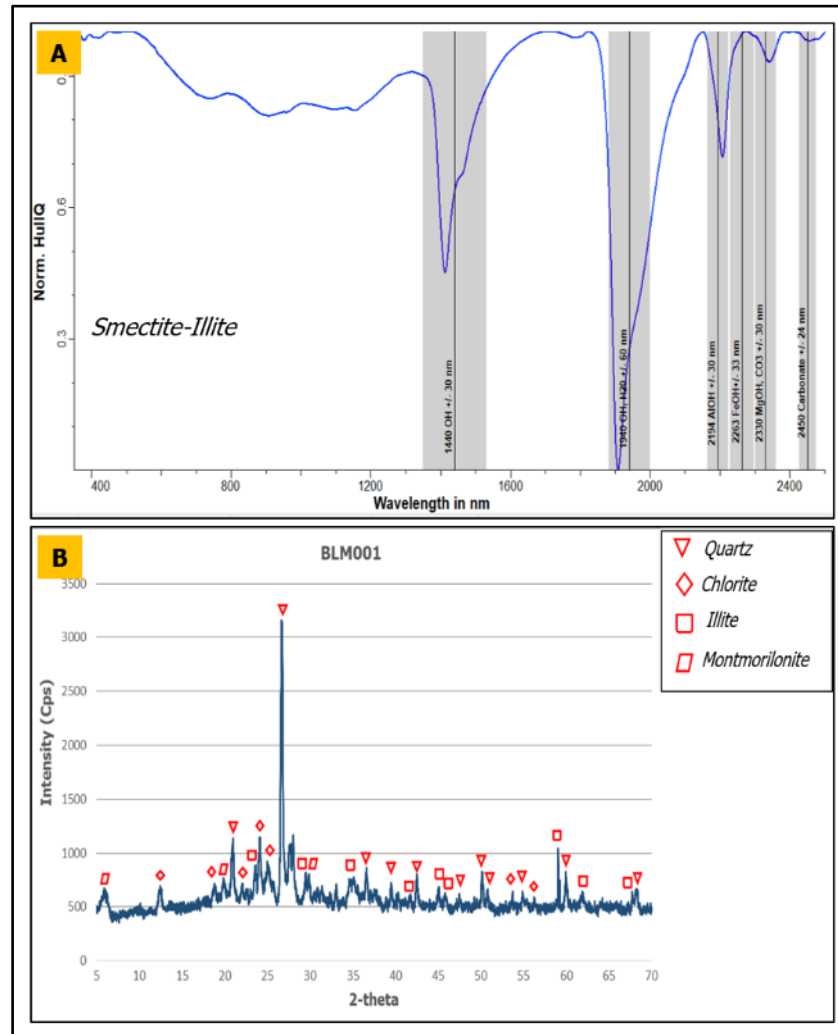
namun relik dari mineral ini yang sudah rusak akibat pengaruh fluida hidrotermal. Mineral klorit pada sampel ini memiliki ciri-ciri fisik berwarna kuning kehijauan dan pada umumnya hadir menggantikan mineral piroksen. Sedangkan mineral plagioklas sudah tidak memperlihatkan warna dan relik aslinya dan sudah berubah menjadi mineral alterasi yang kemungkinan merupakan mineral lempung (*clay*). Mineral kuarsa yang hadir terlihat menggantikan plagioklas dan beberapa pada fenokris. Mineral opak yang teramati pada sampel ini diidentifikasi sebagai mineral bijih pada pengamatan mineragrafi (Gambar 4.3B,C).



Gambar 4.3. (A) Kenampakan sampel BLM001 dari batuan VAF. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM001 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Chl (klorit), Qtz (kuarsa), Ser (serisit), Opq (opak), Pl (plagioklas), Px (Piroksen).

Hasil analisis ASD pada sampel BLM001 memperlihatkan kehadiran mineral smektit dan illit (Gambar 4.4A). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel BLM001 menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentasi kuarsa 62,5 %, klorit 21,3 %, illit 14,8 %, dan montmorilonit 1,5% (Gambar 4.4B). Dalam bidang eksplorasi,

mineral illit yang berbutir sangat halus di bawah mikroskop, dikelompokkan sebagai mineral serisit, sedangkan mineral montmorilonit sebagai grup dari mineral smektit.

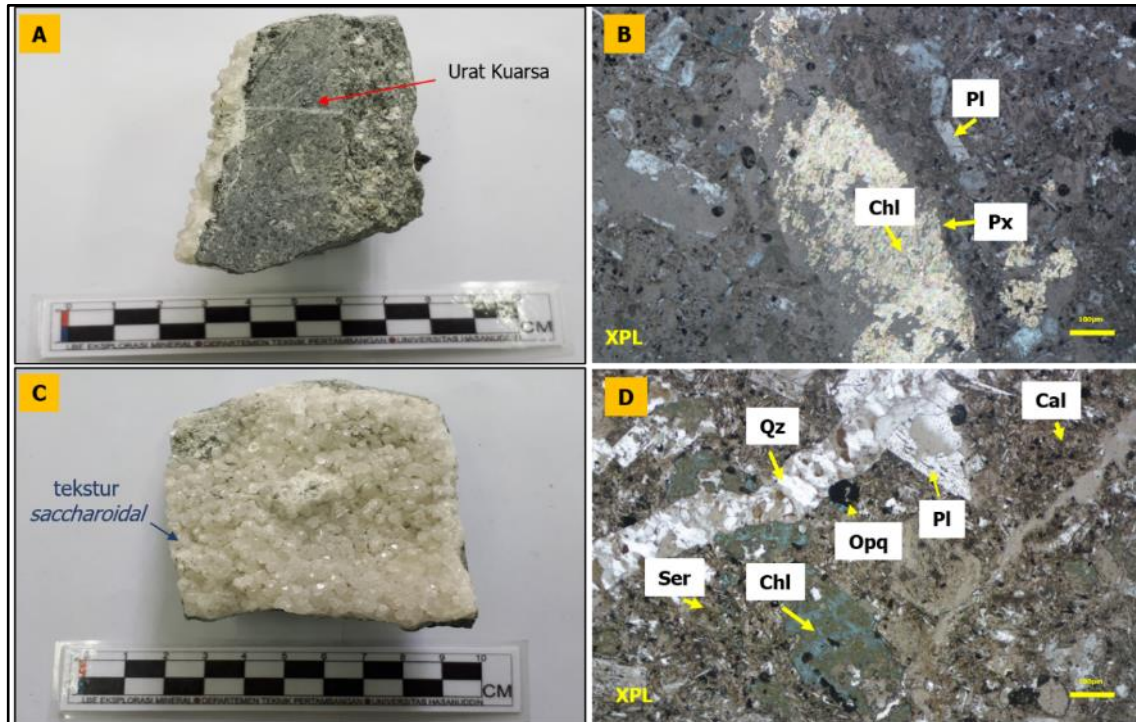


Gambar 4.4. (A) Keterdapatn mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM001 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatn mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM001 berdasarkan hasil analisis XRD.

Sampel selanjutnya yang dianalisis adalah sampel BLM005 diambil dari litologi yang berbeda dari sampel BLM001. Sampel BLM005 merupakan sampel yang diambil pada tubuh batuan *volcanic basaltic andesite*. Secara makroskopis sampel ini memiliki ciri-ciri fisik berwarna abu-abu kehijauan yang mengindikasikan bahwa mineral-mineral utama penyusun batuan pada sampel ini sudah sebagian besar teralterasi menjadi

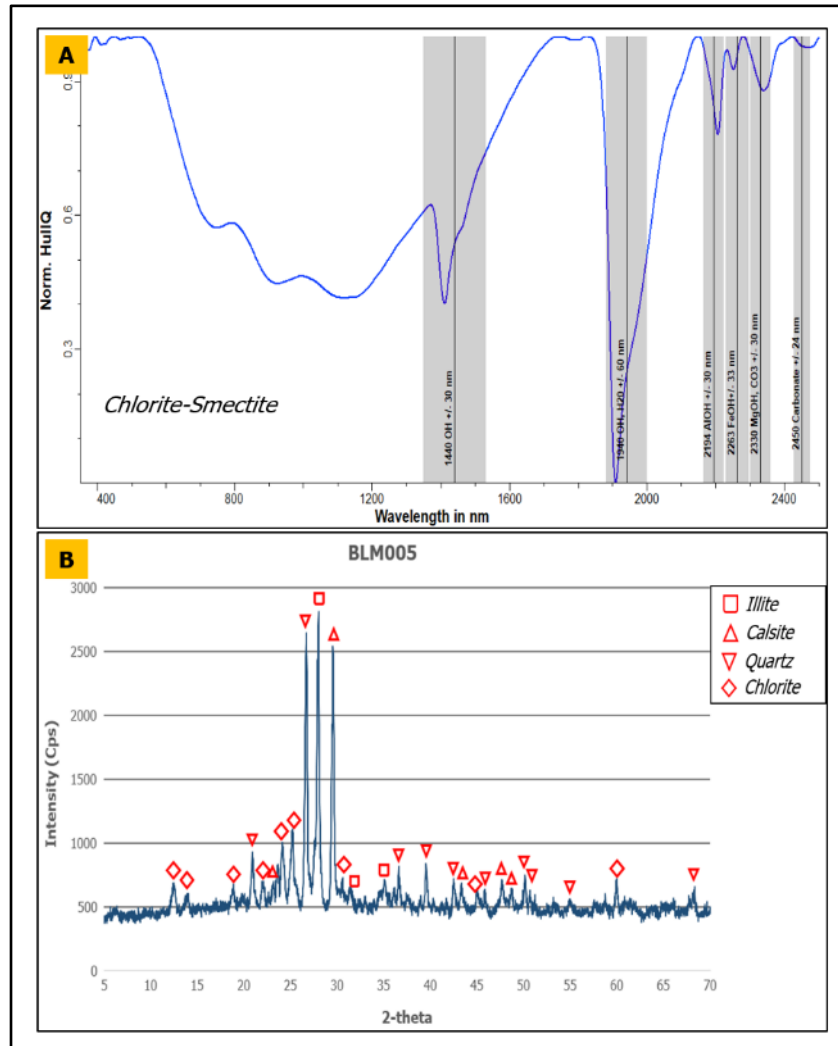
mineral lempung dan klorit. Sampel ini memiliki ukuran butir porfiriografik dengan relasi *unequigranular*, tingkat intensitas alterasi kuat (*pervasive alteration*, mencapai 90 % teralterasi). Pada sampel ini hadir kuarsa sekunder dengan tekstur *sugary/saccharoidal* dan beberapa hadir sebagai urat-urat tipis (*veinlet*); Gambar 4.5A. Tekstur *saccharoidal* dicirikan dengan adanya kristal-kristal kuarsa yang berbentuk kotak-kotak halus menyerupai gula (Gambar 4.5C). Tekstur *saccharoidal* yang terlihat pada sampel ini memiliki dua komposisi yang berbeda yaitu berkomposisi karbonat dan karbonat yang terganti (*replaced*) menjadi silika (kuarsa). Tekstur *saccharoidal* terbentuk karena tergantikannya mineral awal yang berupa karbonat berbutir halus dengan kuarsa yang juga berbutir halus mirip gula pasir. Terbentuknya kristal kalsit berbentuk euhedral namun berukuran halus dikarenakan kecepatan pengendapan dan kristalisasi kalsit. Sedangkan pada komposisi karbonat yang terganti silika menunjukkan bahwa terdapat larutan hidrotermal baru yang melewati tekstur *saccharoidal* kalsit sehingga kalsit larut dan terganti oleh silika (kuarsa).

Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis pada sampel BLM005 memperlihatkan kehadiran mineral-mineral alterasi kuarsa, klorit, serisit, dan kalsit. Sedangkan mineral plagioklas pada sampel ini masih terlihat jelas tekstur aslinya dengan habit yang euhedral dan belahan dengan dua arah walaupun beberapa dari mineral plagioklas ini sudah tergantikan oleh mineral alterasi lempung. Mineral klorit hadir menggantikan mineral piroksen sehingga sebagian besar mineral piroksen pada sampel ini sudah tidak terlihat sifat fisik aslinya. Mineral serisit hadir menggantikan mineral piroksen dan dominan menggantikan massa dasar. Mineral kuarsa hadir berbentuk urat dan kalsit berbentuk urat-urat tipis (*veinlet*). Pada pengamatan ini mineral opak teramati pula di bawah mikroskop (Gambar 4.5B,D).



Gambar 4.5. (A) Kenampakan sampel BLM005 dari batuan VBA dengan *veinlet* kuarsa. (C) Kenampakan tekstur *saccharoidal* pada sampel BLM005. (B dan D) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM005 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Cal (Kalsit) Qtz (kuarsa), Chl (klorit), Ser (serisit), Opq (opak), Pl (plagioklas), Px (Piroksen).

Hasil analisis ASD pada sampel BLM005 memperlihatkan kehadiran mineral klorit dan smektit (Gambar 4.6A). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel BLM005 menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentase illit 35,4 %, kalsit 30,9 %, kuarsa 26,9 %, dan klorit 6,7 % (Gambar 4.6B). Dalam bidang eksplorasi, mineral illit yang berbutir sangat halus di bawah mikroskop, dikelompokkan sebagai mineral serisit. Mineral montmorilonit dikelompokkan sebagai grup dari mineral smektit.

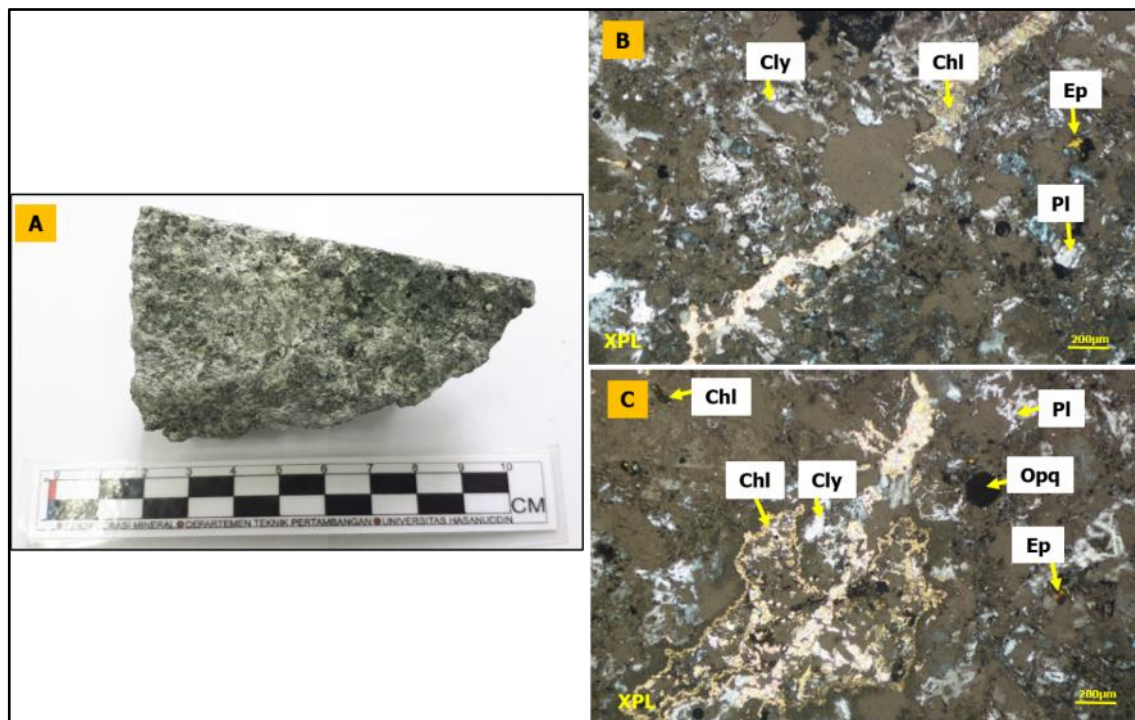


Gambar 4.6. (A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM005 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM005 berdasarkan hasil analisis XRD.

Sampel selanjutnya yang dianalisis adalah sampel BLM007 yang diambil pada litologi yang sama dengan sampel BLM005 yaitu pada tubuh batuan *volcanic basaltic andesite*. Secara makroskopis sampel ini memiliki ciri-ciri fisik berwarna abu-abu kehijauan yang mengindikasikan hadirnya mineral-mineral alterasi berupa mineral-mineral lempung (*clay*) dan klorit. Sampel ini memiliki ukuran butir porfiriafanitik dengan relasi *unequigranular*. Sebagian besar mineral-mineral utama pembentuk batuan pada sampel ini sudah tergantikan menjadi menjadi mineral-mineral alterasi dengan tingkat

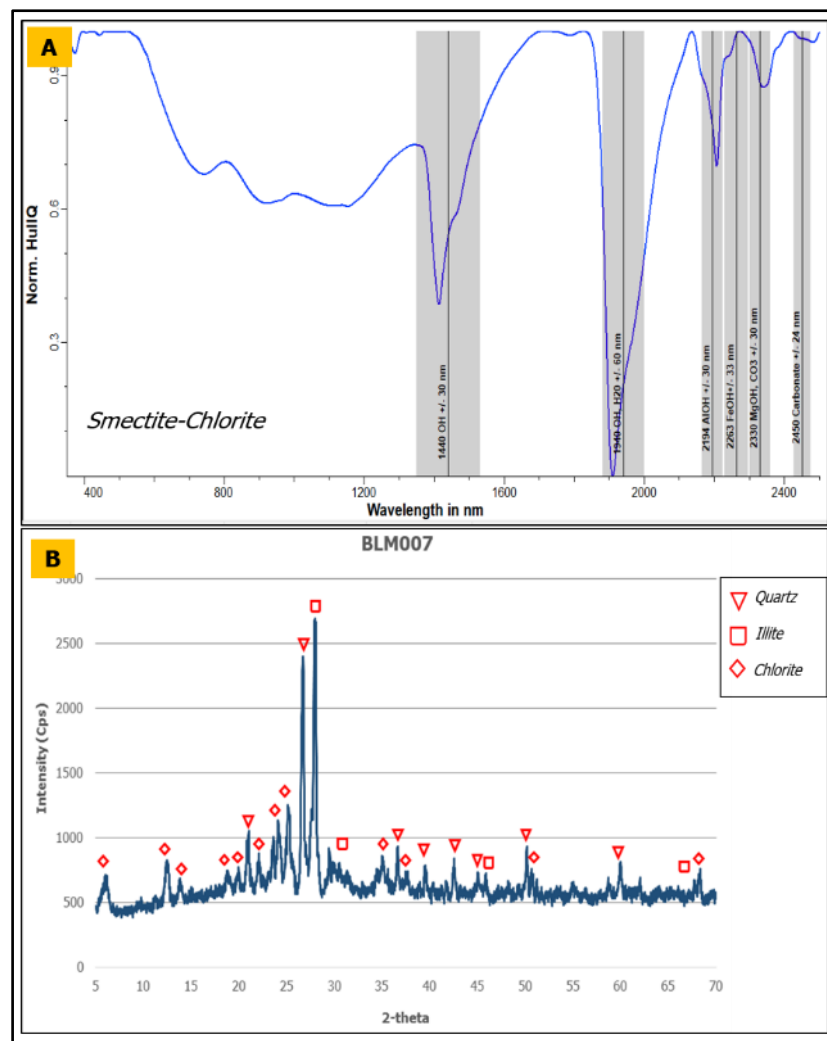
alterasi kuat (mencapai 90% teralterasi) atau tipe alterasi sebagian (*pervasive alteration*); Gambar 4.7A.

Dari hasil analisis sampel secara mikroskopis sampel BLM007, memperlihatkan kehadiran mineral alterasi lempung, klorit dan epidot. Mineral piroksen dan plagioklas sudah tidak terlihat ciri asli mineralnya dan batas dari bidang mineralnya walaupun ada beberapa dari mineral plagioklas yang berukuran kecil masih dapat dilihat habitnya yang euhedral. Mineral lempung terlihat dominan menggantikan massa dasar dan beberapa pada mineral plagioklas. Sedangkan mineral lempung hadir berbentuk urat dan beberapa menggantikan mineral piroksen. Mineral epidot pada sampel ini kemungkinan menggantikan mineral piroksen, dan mineral opak diidentifikasi sebagai mineral bijih pada pengamatan mineragrafi (Gambar 4.7B,C).



Gambar 4.7. (A) Kenampakan sampel BLM007 dari batuan VBA. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM007 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Qtz (kuarsa), Chl (klorit), Ep (Epidot), Cly (lempung), Opq (opak), Pl (plagioklas), Px (Piroksen).

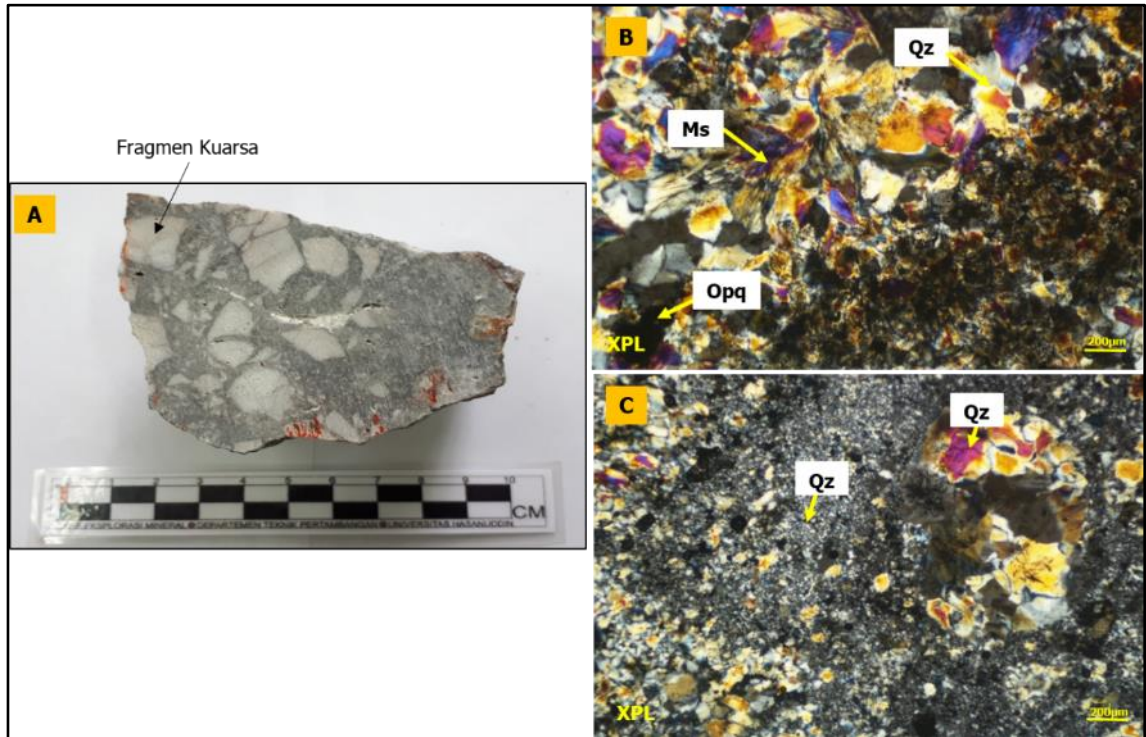
Berdasarkan hasil analisis ASD pada sampel BLM007 memperlihatkan kehadiran mineral smektit dan klorit (Gambar 4.8A). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel ini menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentase kuarsa 43,3 %, klorit 30,2 %, dan illit 26,5 % (Gambar 4.8B). Dalam bidang eksplorasi, mineral illit yang berbutir sangat halus di bawah mikroskop dikelompokkan sebagai mineral serisit.



Gambar 4.8. (A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM007 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM007 berdasarkan hasil analisis XRD.

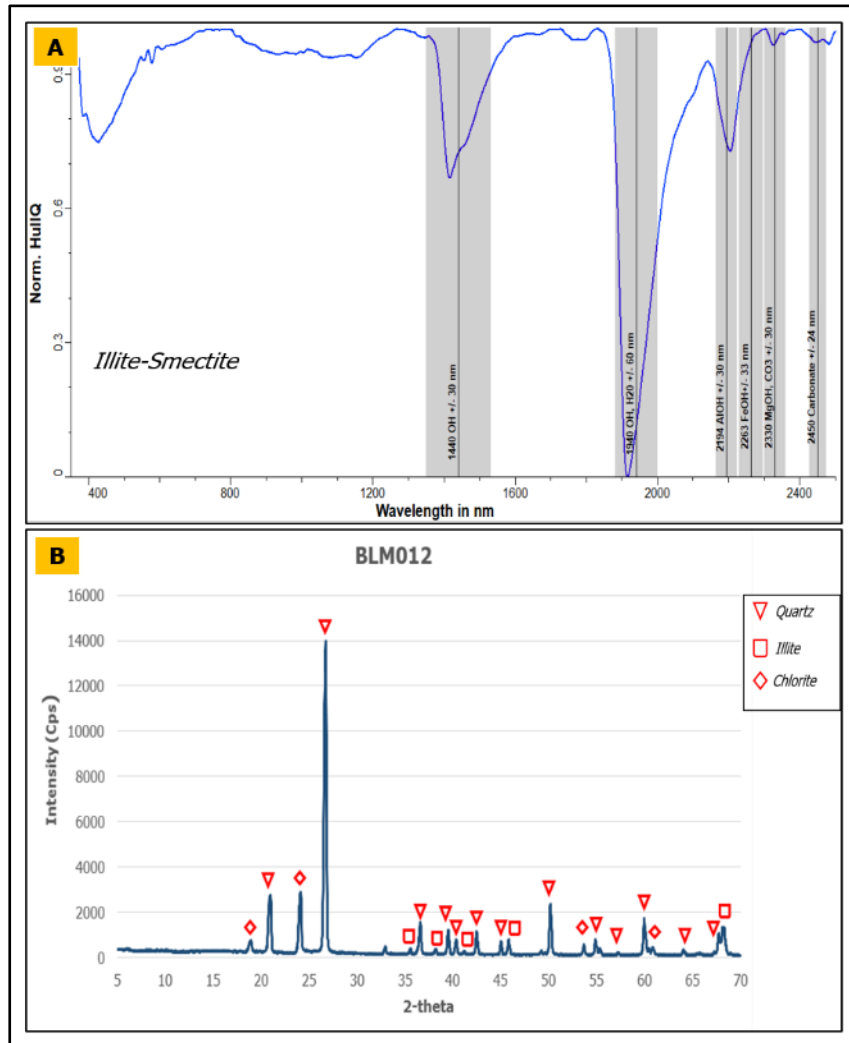
Sampel selanjutnya yang dianalisis adalah sampel BLM012 diambil pada litologi yang sama dengan sampel BLM007 yaitu pada tubuh batuan *volcanic basaltic andesite*. Secara makroskopis sampel ini berwarna putih abu-abu agak kehijauan. Mineral kuarsa hadir pada sampel ini sebagai fragmen sehingga membentuk tekstur breksi hidrotermal (gambar 4.9A). Menurut Taylor dan Pollard (1993, dalam Corbett & Leach, 1996) breksi adalah batuan klastik yang tersusun oleh fragmen-fragmen yang disatukan oleh matriks dan termasuk di dalamnya rongga (*cavity filling*) oleh mineral-mineral hidrotermal. Batuan asal yang menyusun fragmen breksi hidrotermal adalah *volcanic basaltic andesite* yang mengalami fragmentasi akibat proses deformasi yang dikontrol struktur daerah yang dibantu injeksi larutan hidrotermal bertekanan dan bertemperatur tinggi mengikuti jalur struktur sehingga terbentuk tekstur breksi hidrotermal.

Berdasarkan pengamatan mikroskopis pada sampel BLM012 memperlihatkan kehadiran mineral-mineral alterasi berupa kuarsa dan muskovit. Mineral-mineral penyusun utama pada sampel ini sudah tidak dapat teramati karena tergantikan oleh mineral-mineral alterasi yang hadir. Hal ini dapat dikatakan bahwa mineral-mineral utama pada sampel ini sudah tergantikan secara total (teralterasi 100 %) dengan intensitas alterasi kuat (*pervasive alteration*). Mineral kuarsa hadir pada sampel ini sebagai fragmen dan sebagian besar terdesiminasi pada massa dasar. Mineral muskovit hadir pada sampel ini dengan ukuran butir kasar (*coarse-grained*) dan membentuk tekstur pipih dan menjarum (*acicular*). Pada pengamatan mikroskopis, mineral opak teramati pula di bawah mikroskop (Gambar 4.9B,C).



Gambar 4.9. (A) Kenampakan sampel BLM012 dari batuan VBA yang memperlihatkan fragmen kuarsa. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM012 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Qtz (kuarsa), Opq (opak), Ms (Muskovit).

Hasil analisis ASD pada sampel BLM012 memperlihatkan kehadiran mineral illit dan smektit (Gambar 4.10A). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel BLM012 menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentase kuarsa 85,1 %, illit 9,2 %, dan klorit 5,6 % (Gambar 4.10B). Dalam bidang eksplorasi, mineral illit yang berbutir sangat halus di bawah mikroskop, dikelompokkan sebagai mineral serisit. Mineral montmorilonit dikelompokkan sebagai grup dari mineral smektit.

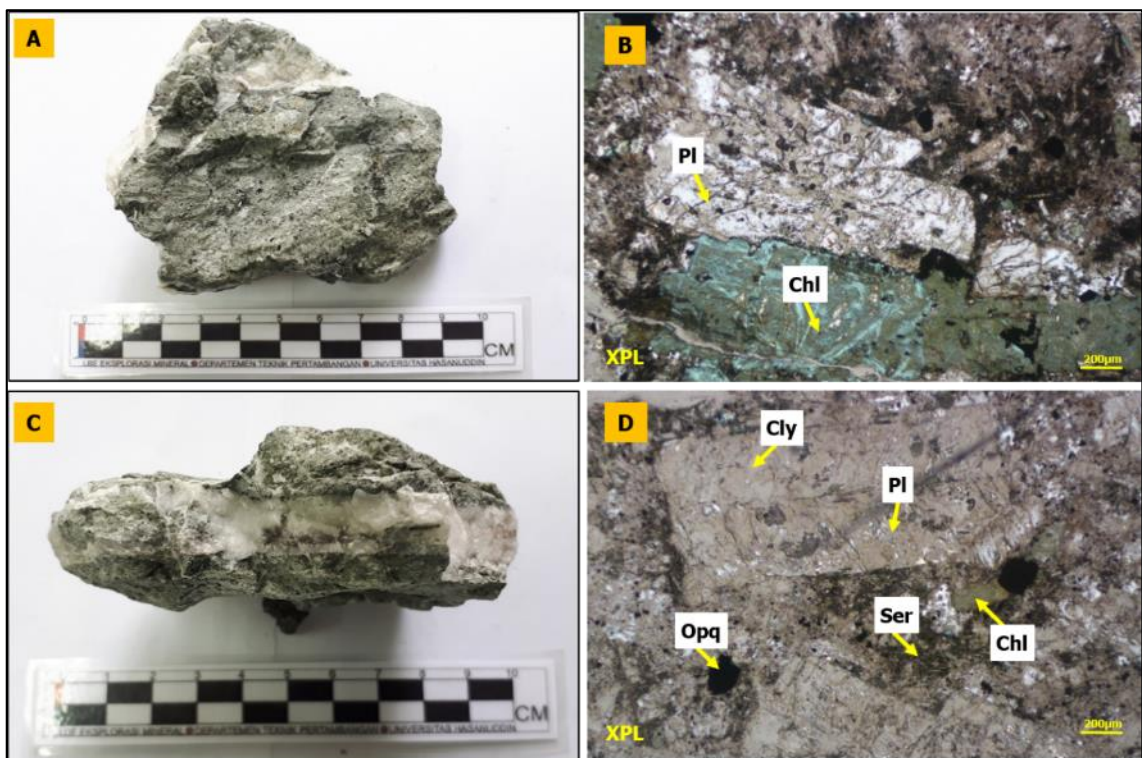


Gambar 4.10. (A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM012 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM012 berdasarkan hasil analisis XRD.

Sampel selanjutnya yang dianalisis adalah sampel BLM014 diambil pada litologi yang sama dengan sampel BLM012 yaitu pada tubuh batuan *volcanic basaltic andesite*. Secara makroskopis sampel ini berwarna putih abu-abu kehijauan yang mengindikasikan hadirnya mineral-mineral alterasi berupa mineral lempung dan klorit. Mineral utama penyusun batuan dari sampel ini sebagian besar sudah teralterasi dengan tingkat ubahan kuat (sekitar 90 % teralterasi), dan beberapa mineral plagioklas dan piroksen masih dapat dikenali namun dengan kondisi relik yang sudah dominan berubah. Mineral kalsit

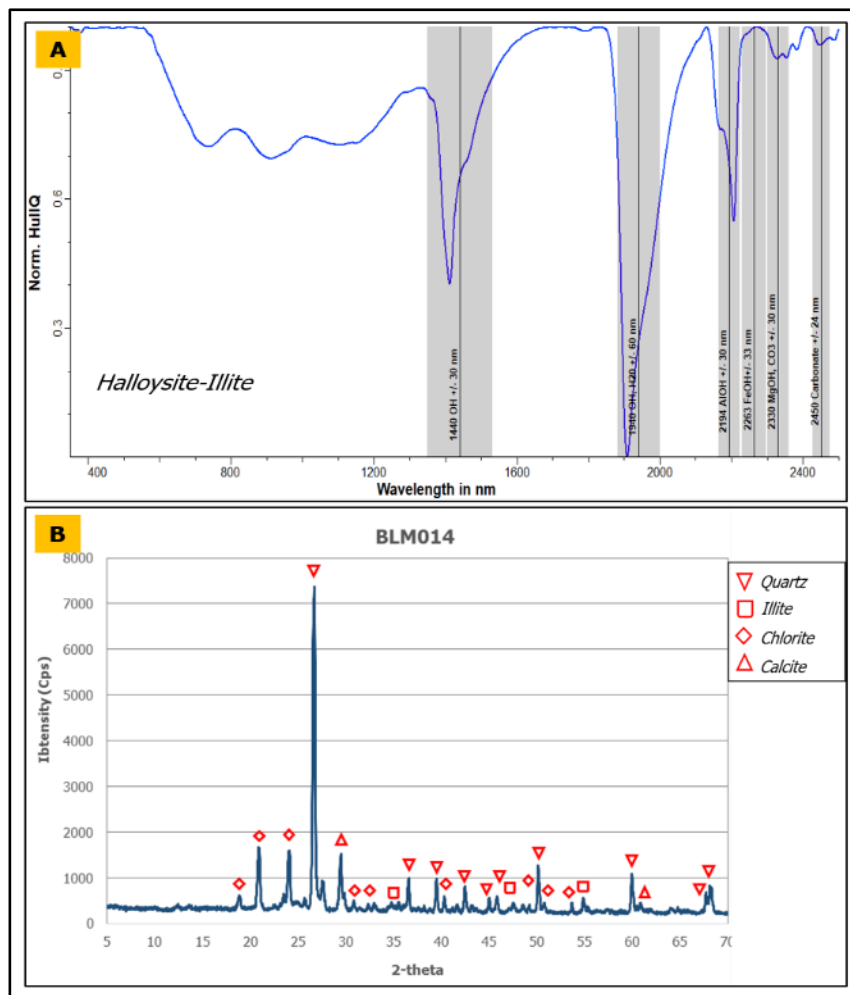
dan kuarsa hadir pada sampel ini dalam bentuk *vein* dengan ketebalan sekitar 1 cm (Gambar 4.11A,C).

Dari hasil analisis sampel secara mikroskopis, sampel BLM014 memperlihatkan kehadiran mineral alterasi lempung, klorit dan serisit. Mineral plagioklas pada sampel ini sebagian masih dapat diidentifikasi dari batas bidang mineralnya dengan habit yang euhedral dan memiliki belahan (*cleavage*), namun mineral ini dominan sudah berubah menjadi mineral-mineral lempung (*clay*). Mineral klorit pada sampel ini hadir menggantikan mineral proksen, sedangkan serisit hadir menggantikan sebagian massa dasar. Mineral opak diidentifikasi sebagai mineral bijih pada pengamatan mineragrafi (Gambar 4.11B,D).



Gambar 4.11. (A dan C) Kenampakan sampel BLM014 dari batuan VBA. (B dan D) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM014 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Chl (klorit), Cly (mineral lempung), Ser (serisit).

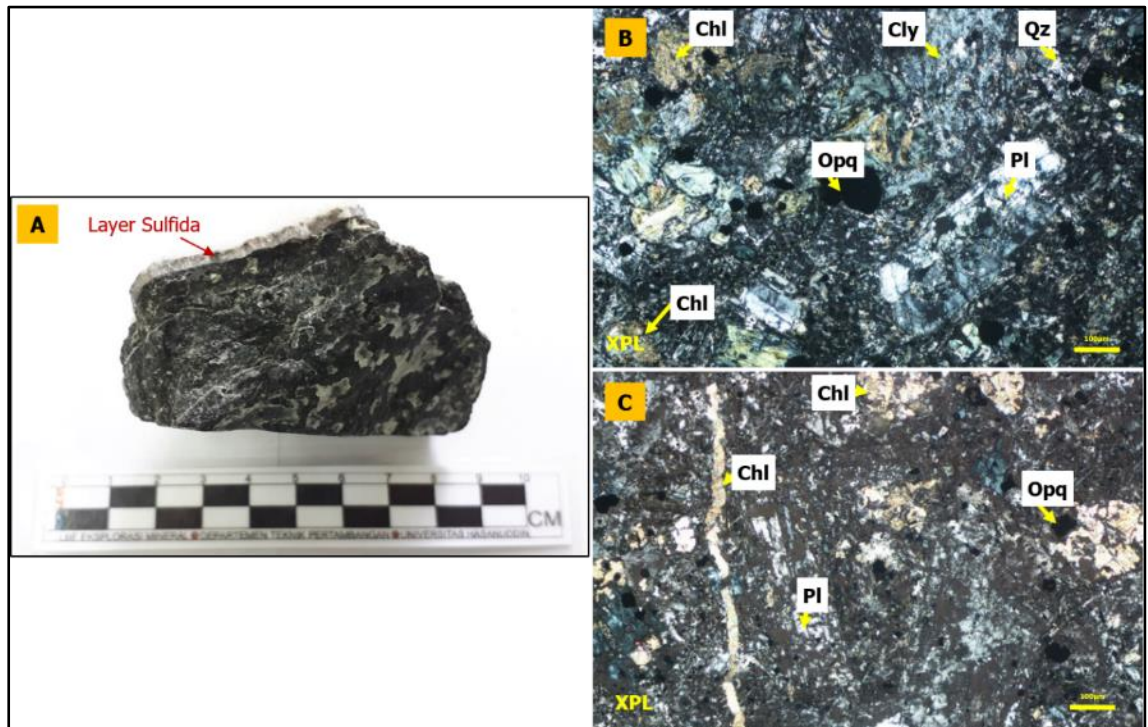
Hasil analisis ASD pada sampel BLM014 memperlihatkan kehadiran mineral *halloysite* dan illit (Gambar 4.12A). Mineral *halloysite* pada sampel ini diidentifikasi sebagai grup mineral kaolinit yang memiliki kristal tidak sempurna (*kaolinite poor crystalline*) yang terbentuk ketika terjadi proses *weathering* (pelapukan). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel BLM014 menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentase kuarsa 68,9 %, illit 13,3 %, klorit 9,9 %, dan kalsit 7,9 % (Gambar 4.12B). Dalam bidang eksplorasi, mineral muskovit dan illit yang berbutir sangat halus di bawah mikroskop, dikelompokkan sebagai mineral serisit.



Gambar 4.12. (A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM014 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM014 berdasarkan hasil analisis XRD.

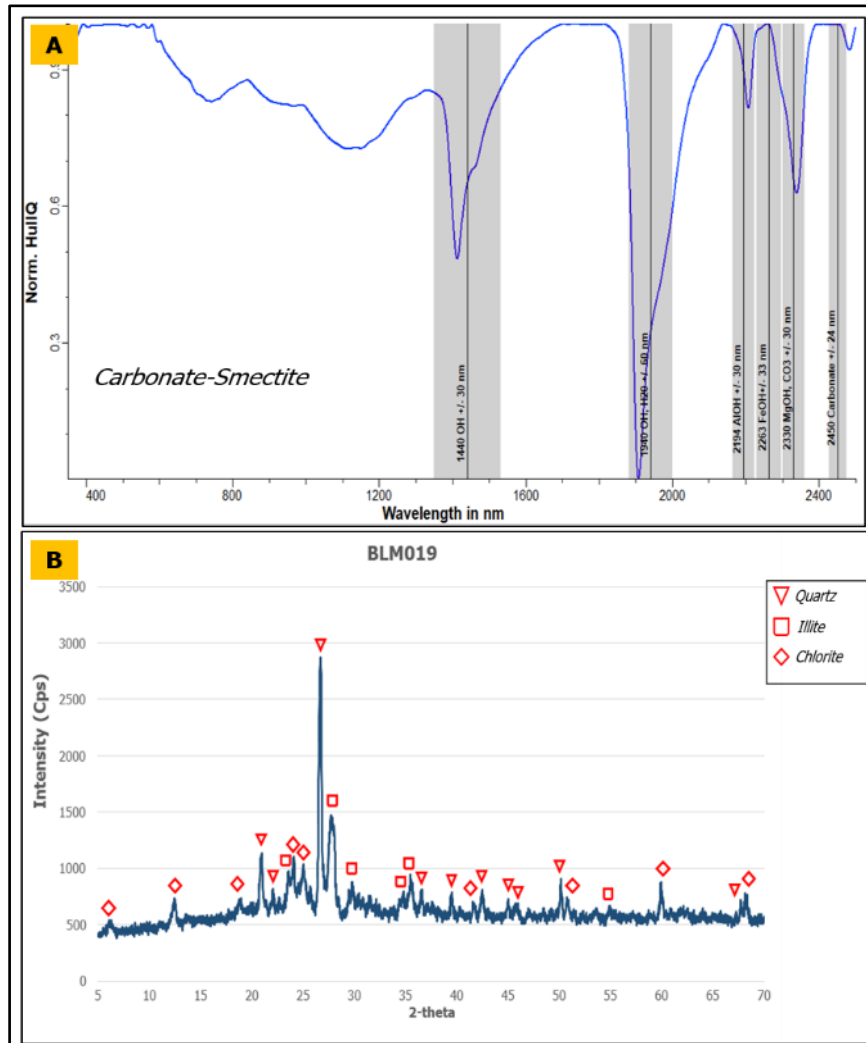
Sampel selanjutnya yang dianalisis adalah sampel BLM019 diambil pada litologi yang sama dengan sampel BLM014 yaitu pada tubuh batuan *volcanic basaltic andesite*. Secara makroskopis sampel ini berwarna hitam kehijauan yang mengindikasikan hadirnya mineral alterasi klorit. Pada sampel ini hadir pula urat kuarsa dengan ketebalan 5 mm yang memperlihatkan *vein* sulfida berwarna abu-abu cerah sampai abu-abu gelap yang berselingan dengan *layer* kuarsa. Sedangkan beberapa mineral kuarsa lain hadir dalam bentuk urat-urat kecil (*veinlet*). Mineral utama pada sampel ini sudah tidak dapat diamati secara makroskopis karena sudah teralterasi kuat (sekitar 90% teralterasi) dengan pola alterasi *pervasive alteration* (gambar 4.13A)

Berdasarkan pengamatan mikroskopis pada sampel BLM019 memperlihatkan kehadiran mineral-mineral alterasi berupa kuarsa, klorit dan mineral lempung. Pada sampel ini, mineral plagioklas hadir dengan relik yang sudah hancur dan dominan telah tergantikan oleh mineral-mineral lempung (*clay*). Sebagian besar mineral lempung (*clay*) menggantikan massa dasar, sedangkan mineral klorit terlihat berbentuk urat dan sebagian besar menggantikan mineral piroksen. Pada pengamatan mikroskopis, mineral kuarsa hadir dan terdesiminasi pada massa dasar. Mineral opak juga teramati di bawah mikroskop (Gambar 4.13B,C).



Gambar 4.13. (A) Kenampakan sampel BLM019 dari batuan VBA yang memperlihatkan *layer* sulfida. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM019 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Chl (klorit), Cly (mineral lempung), Qz (kuarsa), Opq (mialeral opak).

Hasil analisis ASD pada sampel BLM019 memperlihatkan kehadiran mineral karbonat dan smektit (Gambar 4.14A). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel BLM019 menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentase kuarsa 68,9 %, illit 13,3 %, klorit 9,9 %, dan kalsit 7,9 (Gambar 4.14B). Dalam bidang eksplorasi, mineral illit yang berbutir sangat halus di bawah mikroskop, dikelompokkan sebagai mineral serisit. Mineral montmorillonit dikelompokkan sebagai grup dari mineral smektit.

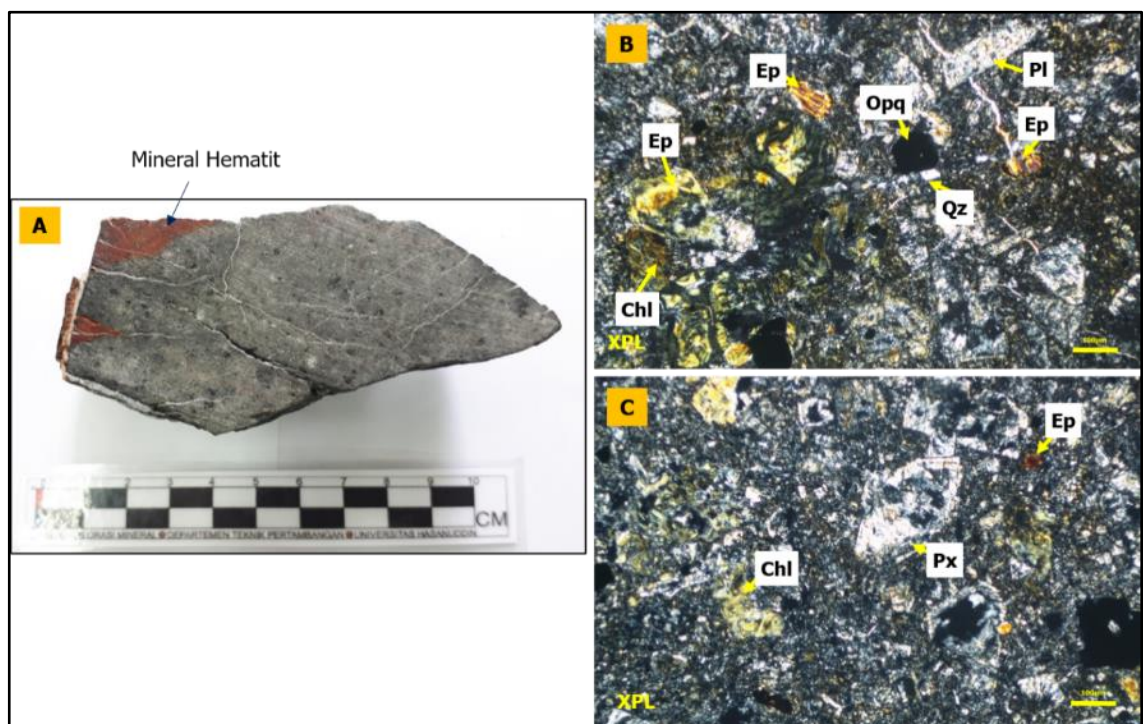


Gambar 4.14. (A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM019 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM019 berdasarkan hasil analisis XRD.

Sampel selanjutnya yang dianalisis adalah sampel BLM028 diambil pada litologi yang sama dengan sampel BLM019 yaitu pada tubuh batuan *volcanic basaltic andesite*. Secara makroskopis sampel ini memiliki ciri-ciri fisik berwarna hitam abu-abu kehijauan yang mengindikasikan hadirnya mineral-mineral alterasi berupa mineral lempung dan klorit. Mineral utama penyusun batuan dari mineral ini sudah tidak dapat diamati secara makroskopis karena sudah teralterasi dengan tingkat ubahan kuat (sekitar 90 % teralterasi) atau tipe *pervasive alteration*. Secara makroskopis, terlihat mineral klorit

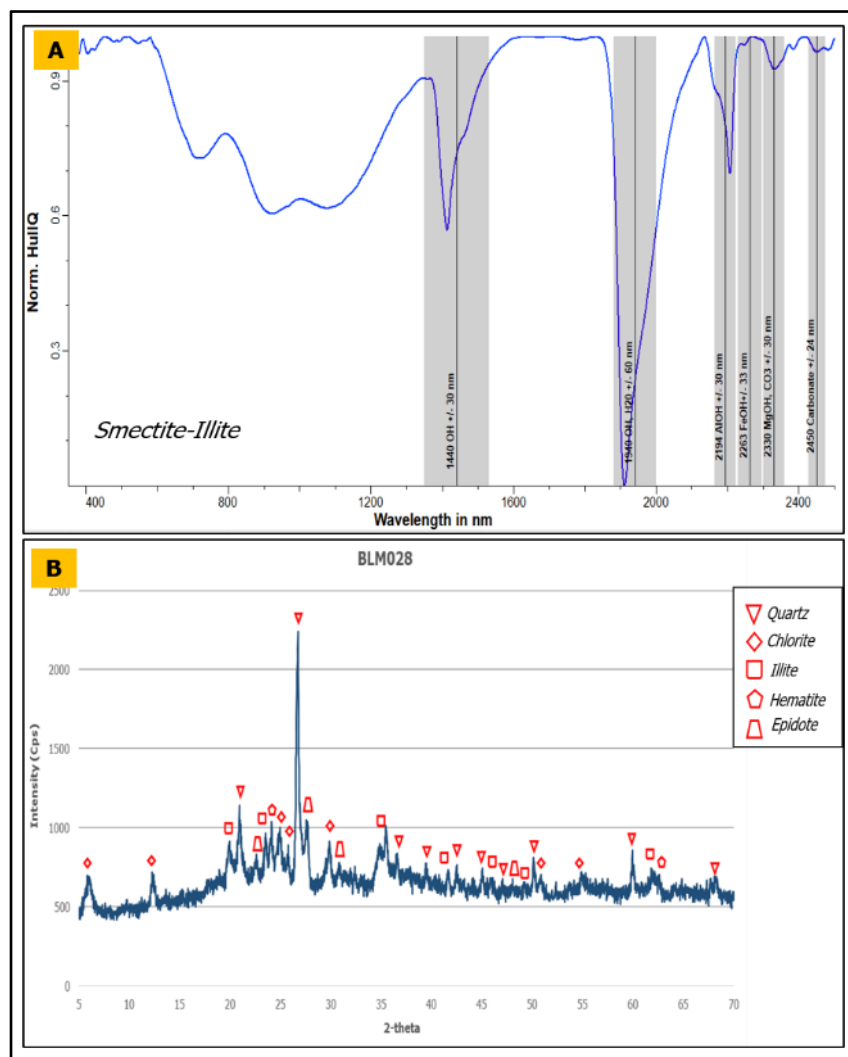
hadir menggantikan mineral piroksen. Sedangkan mineral kuarsa hadir dalam bentuk urat-urat tipis (*veinlet*). Pada sampel ini menunjukkan adanya oksidasi besi dengan ciri-ciri berwarna coklat kemerahan yang mengindikasikan hadirnya mineral hematit (Gambar 4.15A).

Berdasarkan pengamatan mikroskopis pada sampel BLM028 memperlihatkan kehadiran mineral-mineral alterasi berupa kuarsa, klorit dan epidot. Pada sampel ini, mineral klorit dan epidot sebagian besar hadir menggantikan mineral piroksen. Mineral plagioklas hadir dengan memperlihatkan relik yang sudah hancur dan sudah tidak memperlihatkan sifat fisik aslinya. Mineral kuarsa hadir dominan dengan membentuk urat (*vein*) dan beberapa terdesiminasi pada massa dasar. Kehadiran mineral opak kemungkinan besar merupakan mineral hematit yang teramati secara makroskopis (Gambar 4.15B,C).



Gambar 4.15. (A) Kenampakan sampel BLM028 dari batuan VBA. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM028 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Px (piroksen), Chl (klorit), Ep (epidot), Qz (kuarsa), Opq (mialer opak).

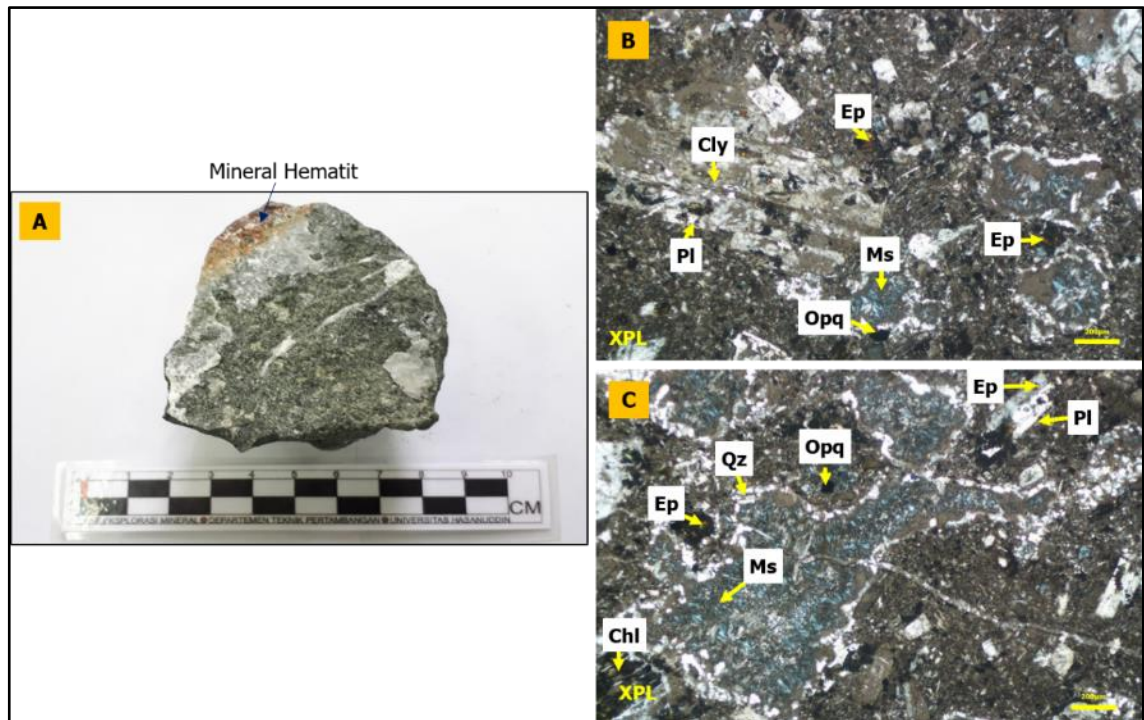
Hasil analisis ASD pada sampel BLM028 memperlihatkan kehadiran mineral smektit dan illit (Gambar 4.16A). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel BLM028 menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentase kuarsa 50,6 %, klorit 27,4 %, illit 16,8 %, hematit 2,6 %, dan epidot 2,5 %. Dalam bidang eksplorasi mineral illit yang berbutir sangat halus di bawah mikroskop, dikelompokkan sebagai mineral serisit. (Gambar 4.16B).



Gambar 4.16. (A) Keterdapatn mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM028 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatn mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM028 berdasarkan hasil analisis XRD.

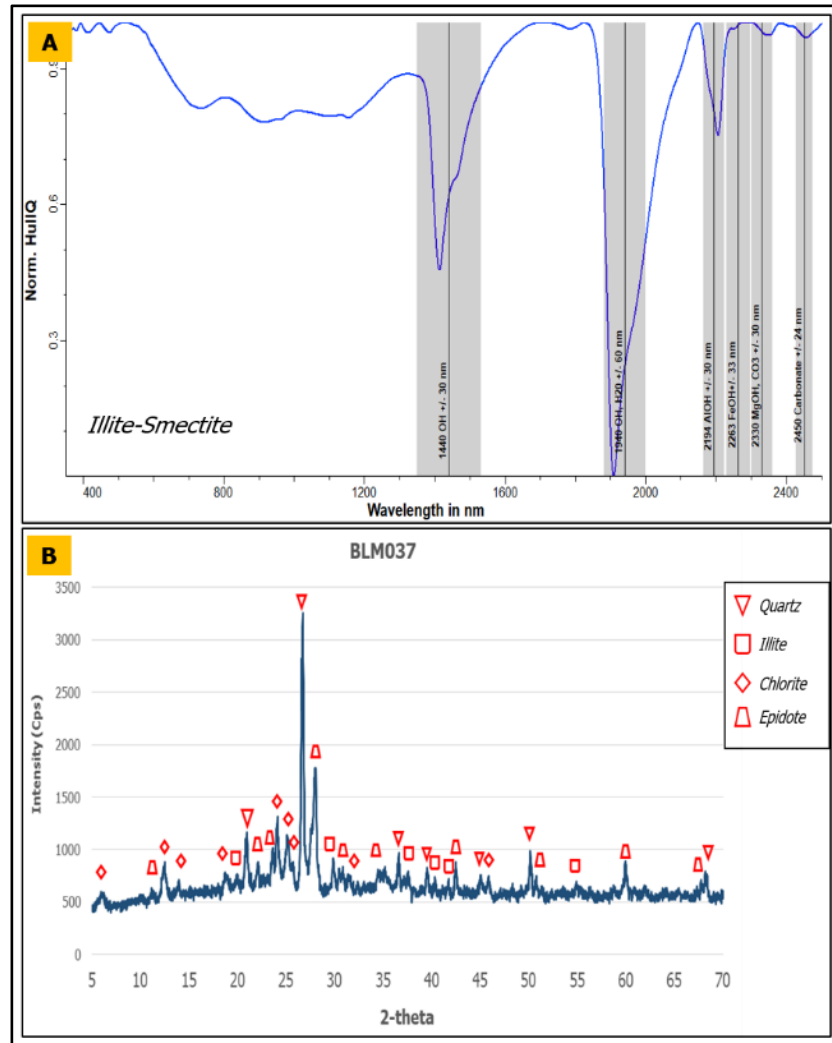
Sampel selanjutnya yang dianalisis adalah sampel BLM037 diambil pada litologi yang sama dengan sampel BLM028 yaitu pada tubuh batuan *volcanic basaltic andesite*. Secara makroskopis sampel ini memiliki ciri-ciri fisik berwarna abu-abu kehijauan yang mengindikasikan hadirnya mineral-mineral alterasi berupa mineral lempung dan klorit. Mineral utama penyusun batuan dari mineral ini sudah tidak dapat diamati secara makroskopis karena sudah teralterasi dengan tingkat ubahan kuat (sekitar 90 % teralterasi) atau tipe *pervasive alteration*. Secara makroskopis, terlihat butiran-butiran halus mineral muskovit. Sedangkan mineral kuarsa hadir dalam bentuk urat (*vein*) dan sebagian hadir dengan tekstur masif. Pada sampel ini hadir pula adanya oksidasi besi dengan ciri-ciri berwarna coklat kemerahan yang mengindikasikan hadirnya mineral hematit (Gambar 4.17A).

Berdasarkan pengamatan mikroskopis pada sampel BLM037 memperlihatkan kehadiran mineral-mineral alterasi berupa kuarsa, muskovit, mineral lempung, klorit dan epidot. Pada sampel ini, mineral lempung sebagian besar hadir menggantikan mineral plagioklas sehingga relik asli dari mineral ini sudah dominan berubah. Mineral muskovit hadir sebagai fenokris dengan memperlihatkan tekstur yang pipih dan menjarum (*acicular*). Mineral muskovit diidentifikasi merupakan bentuk ubahan dari mineral piroksen. Mineral klorit hadir dengan ciri fisiknya yang berwarna hijau kekuningan dan terlihat menggantikan mineral piroksen. Mineral epidot hadir dengan warna kuning keunguan dan menggantikan mineral piroksen. Kehadiran mineral opak kemungkinan besar merupakan mineral hematit yang teramati secara makroskopis (Gambar 4.17B,C).



Gambar 4.17. (A) Kenampakan sampel BLM037 dari batuan VBA. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM037 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Px (piroksen), Ms (muskovit), Chl (klorit), Ep (epidot), Qz (kuarsa), Cly (mineral lempung), Opq (mialer opak).

Berdasarkan hasil analisis ASD pada sampel BLM037 memperlihatkan kehadiran mineral illit dan smektit (Gambar 4.18A). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel BLM037 menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentase kuarsa 48 %, illit 27,4 %, klorit 17,9 %, dan epidot 6,8 % (Gambar 4.18B). Dalam bidang eksplorasi, mineral illit yang berbutir sangat halus di bawah mikroskop, dikelompokkan sebagai mineral serisit.

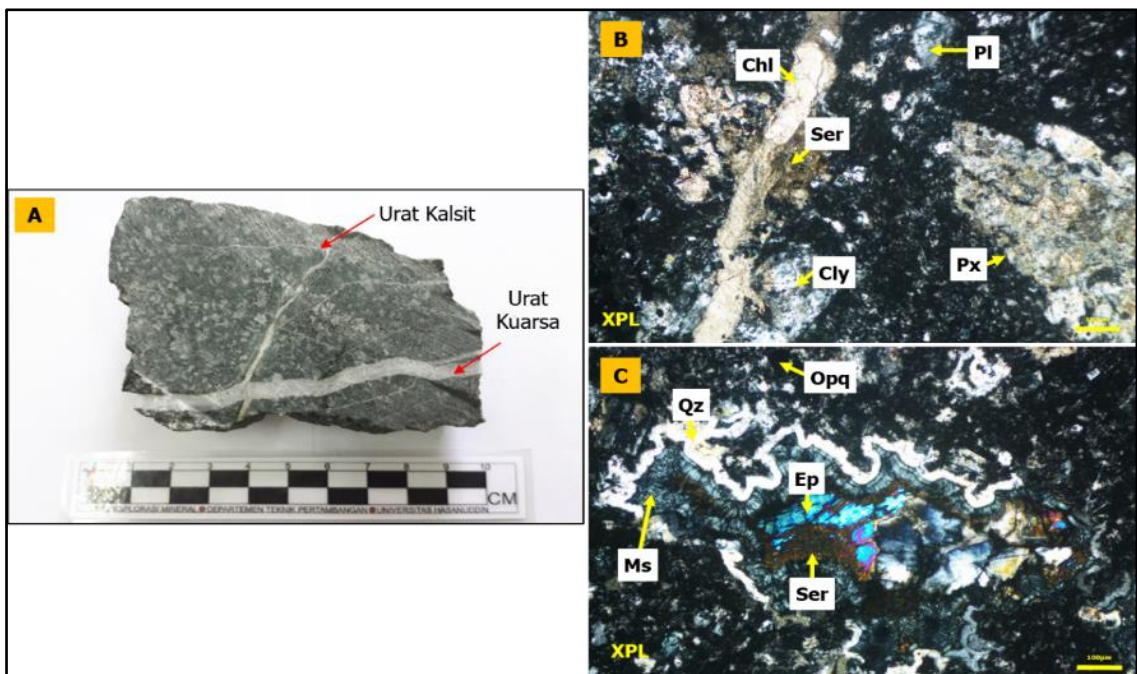


Gambar 4.18. (A) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM037 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatan mineral alterasi batuan VBA pada sampel BLM037 berdasarkan hasil analisis XRD.

Sampel selanjutnya yang dianalisis adalah sampel BLM084 diambil pada litologi yang berbeda dengan sampel BLM037 yaitu pada tubuh batuan *volcanic andesitic fragmental*. Secara makroskopis sampel ini memiliki ciri-ciri fisik berwarna abu-abu kehijauan yang mengindikasikan hadirnya mineral-mineral alterasi berupa mineral lempung dan klorit. Mineral utama penyusun batuan dari mineral ini sudah tidak dapat diamati secara makroskopis karena sudah teralterasi dengan tingkat ubahan kuat (sekitar 90 % teralterasi) atau tipe *pervasive alteration*. Secara makroskopis, sampel ini

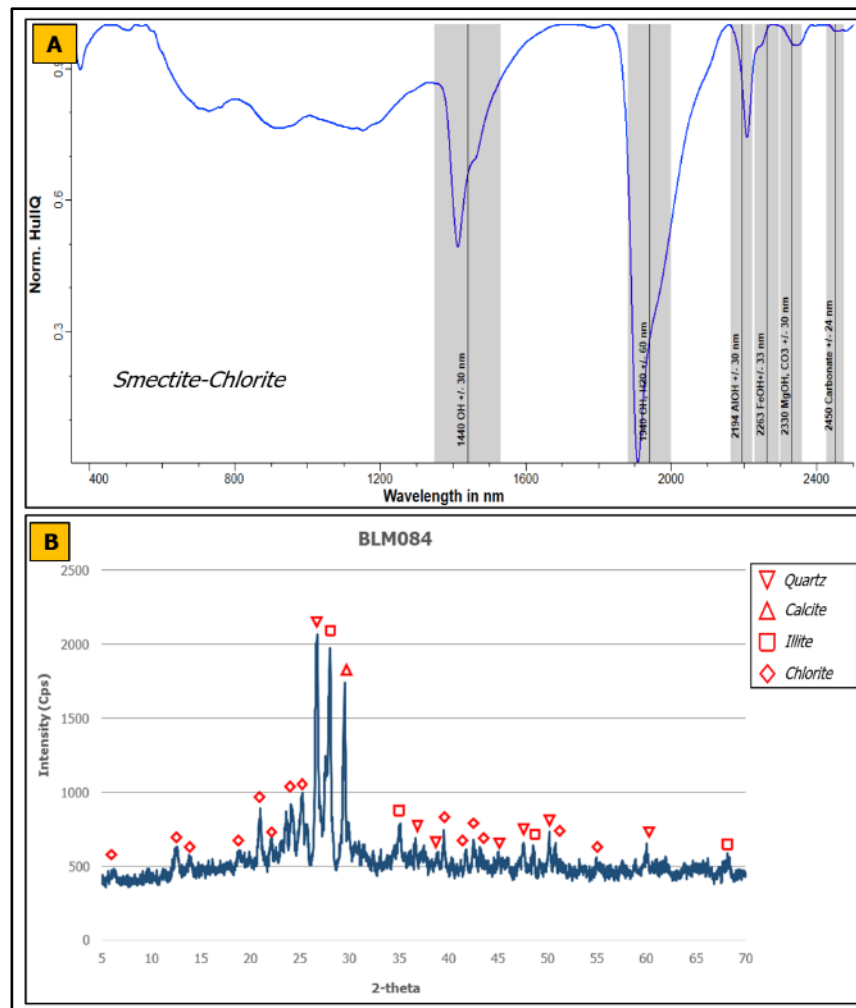
sudah tidak memperlihatkan fragmen akibat pengaruh proses alterasi. Secara mikroskopis terlihat mineral muskovit hadir dominan menggantikan mineral piroksen. Sedangkan mineral kuarsa hadir dalam bentuk urat (*vein*) dengan tekstur yang masif dan mineral kalsit hadir berbentuk urat-urat tipis (*veinlet*); Gambar 4.19A.

Berdasarkan pengamatan mikroskopis pada sampel BLM084 memperlihatkan kehadiran mineral-mineral alterasi berupa kuarsa, muskovit, mineral lempung, serisit, klorit dan epidot. Pada sampel ini, mineral lempung hadir menggantikan mineral plagioklas dan dominan menggantikan mineral piroksen sehingga relik asli dari mineral ini sudah tidak dapat diamati. Sebagian mineral piroksen tergantikan oleh mineral serisit, sedangkan sebagian mineral klorit hadir berbentuk urat. Mineral muskovit hadir memperlihatkan tekstur yang pipih dan menjarum (*acicular*) dan menggantikan sebagian sisi mineral piroksen. Mineral epidot hadir dengan warna kuning biru sampai keunguan dan menggantikan sebagian sisi mineral piroksen (Gambar 4.19B,C).



Gambar 4.19. (A) Kenampakan sampel BLM084 batuan VAF. (B dan C) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM084 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Px (piroksen), Ms (muskovit), Chl (klorit), Ep (epidot), Qz (kuarsa), Cly (mineral lempung), Ser (Serisit).

Berdasarkan hasil analisis ASD pada sampel BLM084 memperlihatkan kehadiran mineral smektit dan klorit (Gambar 4.20A). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel BLM084 menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentase illit 31,4 %, kuarsa 29,7 %, kalsit 22,6 %, dan klorit 16,2 % (Gambar 4.20B). Mineral illit dikelompokkan sebagai serisit.

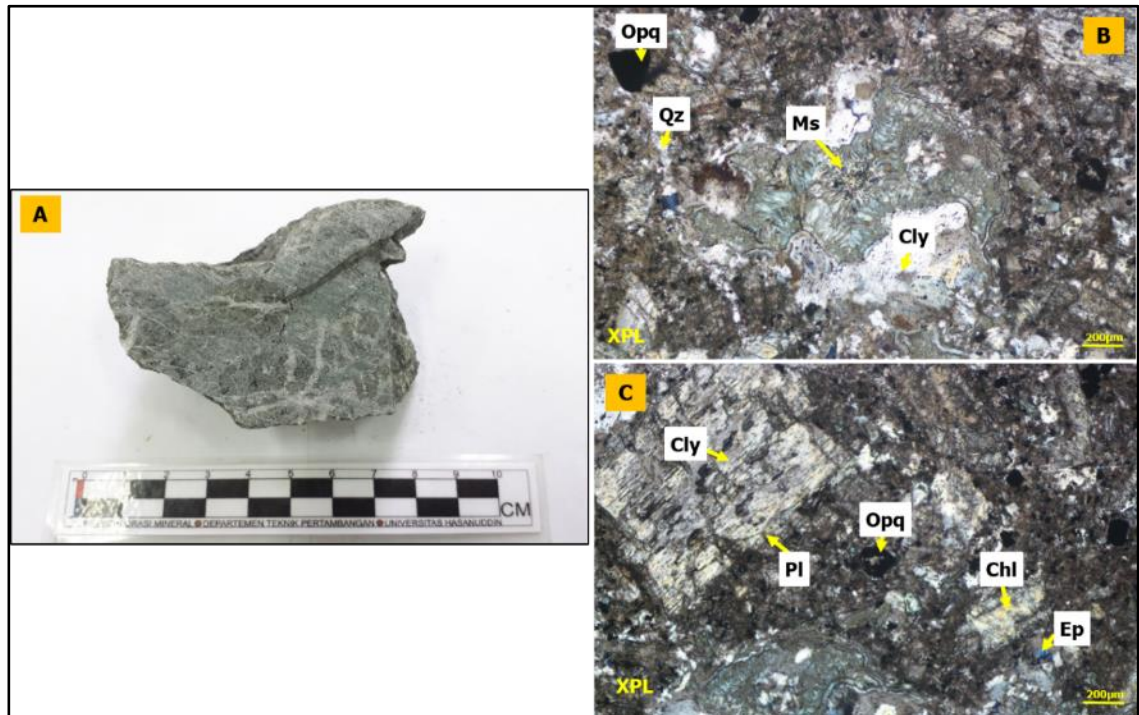


Gambar 4.20. (A) Keterdapatn mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM084 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatn mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM084 berdasarkan hasil analisis XRD.

Sampel selanjutnya yang dianalisis adalah sampel BLM092 diambil pada litologi yang sama dengan sampel BLM084 yaitu pada tubuh batuan *volcanic andesitic fragmental*. Secara makroskopis sampel ini memiliki ciri-ciri fisik berwarna abu-abu

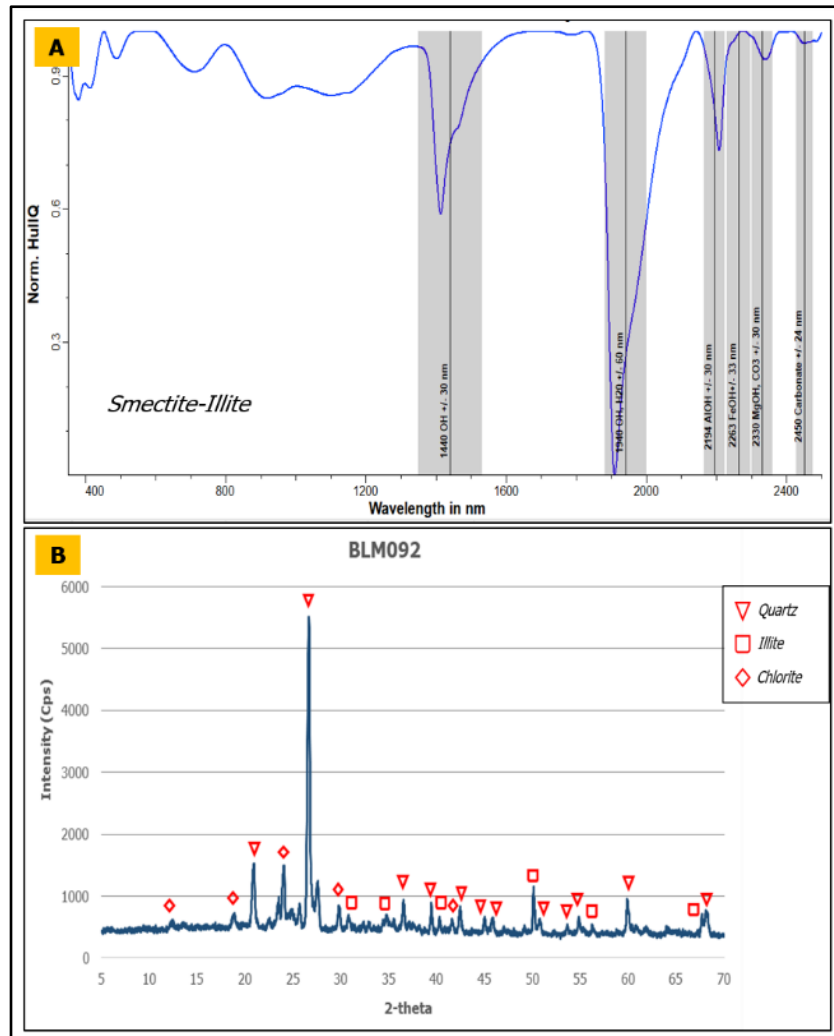
kehijauan yang mengindikasikan hadirnya mineral-mineral alterasi berupa mineral lempung dan klorit. Mineral utama penyusun batuan dari mineral ini sudah tidak dapat diamati secara makroskopis karena sudah teralterasi dengan tingkat ubahan kuat (sekitar 90 % teralterasi) atau tipe *pervasive alteration*. Secara makroskopis, sampel ini sudah tidak memperlihatkan fragmen akibat pengaruh proses alterasi. Pada sampel ini mineral kuarsa hadir berbentuk urat-urat kecil (*veinlet*). Sedangkan beberapa mineral klorit hadir menggantikan mineral piroksen (Gambar 4.21A).

Berdasarkan pengamatan mikroskopis pada sampel BLM092 memperlihatkan kehadiran mineral-mineral alterasi berupa kuarsa, muskovit, mineral lempung, klorit dan epidot. Pada sampel ini, mineral muskovit hadir dominan menggantikan mineral piroksen dan memperlihatkan sifat fisik yang berwarna hijau kebiruan pada nikol silang dengan tekstur yang pipih dan menjarum (*acicular*). Mineral lempung (*clay*) dominan hadir menggantikan mineral plagioklas dan sebagian pada mineral piroksen. Mineral plagioklas pada sampel ini sebagian masih terlihat berbentuk euhedral dan masih menunjukkan belahan. Mineral kuarsa hadir berbentuk urat dengan sifat fisik berwarna putih terang dan beberapa diantaranya terdesiminasi pada massa dasar. Mineral klorit hadir sedikit mengubah mineral piroksen, sedangkan mineral epidot hadir dengan sifat fisik berwarna biru keunguan dan menggantikan mineral piroksen (Gambar 4.21B,C).



Gambar 4.21. (A) Kenampakan sampel BLM092 dari batuan VAF. (B) Kenampakan petrografis mineral alterasi pada sampel BLM092 melalui pengamatan nikol silang. Keterangan: Pl (plagioklas), Ms (muskovit), Chl (klorit), Ep (epidot), Qz (kuarsa), Cly (mineral lempung).

Berdasarkan hasil analisis ASD pada sampel BLM092 memperlihatkan kehadiran mineral smektit dan illit (Gambar 4.22A). Sedangkan pada hasil analisis XRD pada sampel BLM092 menunjukkan kehadiran mineral-mineral alterasi dengan persentase kuarsa 70 %, illit 20,5 %, dan klorit 9,4 %. Dalam bidang eksplorasi, mineral illit yang berbutir sangat halus di bawah mikroskop, dikelompokkan sebagai mineral serisit (Gambar 4.22B).



Gambar 4.22. (A) Keterdapatn mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM092 berdasarkan hasil analisis ASD. (B) Keterdapatn mineral alterasi batuan VAF pada sampel BLM092 berdasarkan hasil analisis XRD.

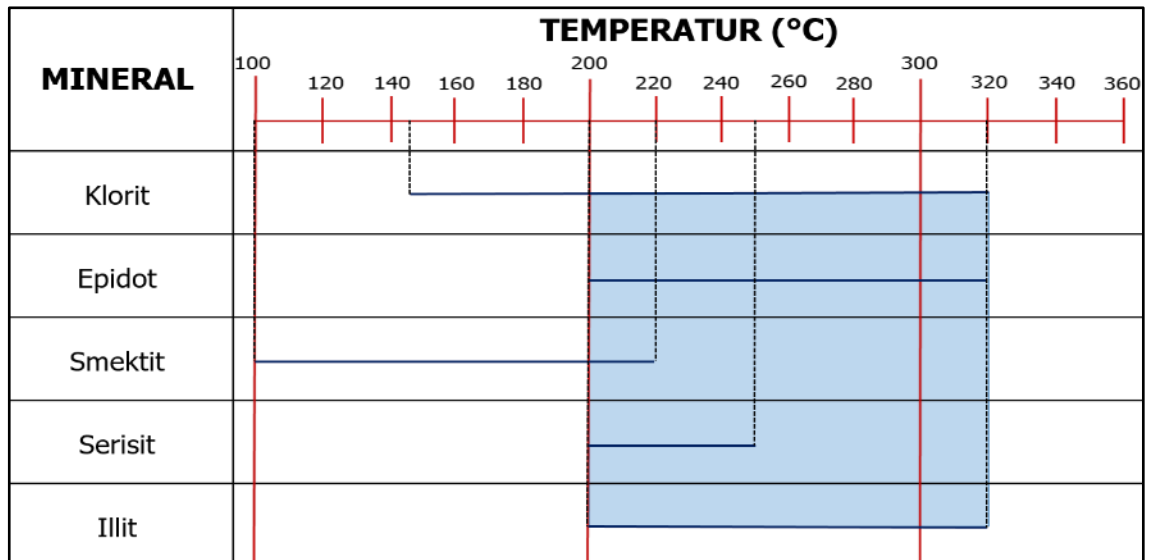
Berdasarkan keterdapatn mineral-mineral alterasi yang hadir pada tiap sampel batuan maka dapat dibuat tabulasi himpunan mineral alterasi seperti pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1. Himpunan mineral alterasi.

No	Kode Sampel	Mineral Alterasi	Tipe alterasi
1	BLM001	Klorit , Smektit, Serisit, Kuarsa	Propilitik
2	BLM005	Klorit, Kalsit , Serisit, Smektit	Propilitik
3	BLM007	Klorit, Epidot , Serisit, Kuarsa	Propilitik
4	BLM012	Serisit, Smektit , Kuarsa, Klorit	Argillik
5	BLM014	Serisit, Smektit , Kuarsa, Klorit	Argillik
6	BLM019	Klorit, Kalsit , Kuarsa, Serisit, Smektit	Propilitik
7	BLM028	Klorit, Epidot , Kuarsa, Serisit, Smektit	Propilitik
8	BLM037	Serisit, Smektit Kuarsa, Klorit, Epidot	Argillik
9	BLM084	Serisit, Smektit , Kuarsa, Klorit, Epidot	Argillik
10	BLM092	Serisit, Smektit , Kuarsa, Klorit	Argillik

4.2.2 Estimasi Temperatur Pembentukan Mineralisasi dan pH Fluida Hidrotermal

Estimasi temperatur pembentukan mineralisasi dan pH fluida hidrotermal dibuat berdasarkan himpunan mineral alterasi di lokasi penelitian. Himpunan mineral alterasi tersebut kemudian diinterpretasi temperatur dan pH fluida hidrotermal pembentukannya dengan mengacu pada tabel stabilitas mineral-mineral alterasi hidrotermal yang dibuat oleh Hedenquist *et al.* (1996) (Gambar 2.6). Mineral alterasi hidrotermal yang digunakan untuk mengestimasi temperatur dan pH hanya mineral dengan temperatur pembentukan yang sensitif (*range* temperatur pembentukan yang relatif pendek). Mineral yang digunakan untuk mengestimasi temperatur pembentukan mineralisasi dan pH fluida hidrotermal di daerah penelitian yaitu klorit, epidot, smektit, dan illit. Klorit terbentuk pada kisaran temperatur 145°-320°C, epidot pada temperatur 200°-320°C, smektit pada temperature <100°-220°C, illit pada temperatur 200°-320°C (Hedenquist *et al.*, 1996), sedangkan serisit terbentuk pada temperatur 200°-250°C (Corbett *and* Leach, 1998).



Gambar 4.23. Estimasi temperatur pembentukan mineralisasi di lokasi penelitian.

Berdasarkan hasil estimasi temperatur pembentukan mineralisasi di lokasi penelitian menunjukkan bahwa pembentukan mineralisasi pada lokasi penelitian terbentuk pada kisaran temperatur 200°-320°C dengan fluida hidrotermal ber-pH netral. Tingkat keasaman (pH) fluida hidrotermal ditentukan berdasarkan hadirnya mineral alterasi klorit, smektit, dan illit sebagai mineral yang bersifat netral. Mineral *halloysite* yang hadir pada analisis sampel merupakan mineral yang terbentuk akibat proses pelapukan (*weathering*) sehingga mengakibatkan kondisi pH yang cenderung asam. Kondisi fluida yang cenderung asam ini diinterpretasikan sebagai hasil pelapukan dari batuan-batuan yang mengandung sulfida membentuk fluida asam sulfat. Begitupula pada mineral kalsit sebagai mineral yang bersifat alkalin diindikasikan sebagai mineral yang terbentuk akibat migrasi mineral-mineral dari batuan-batuan yang mengandung karbonat.

4.2.3 Zonasi Alterasi Hidrotermal

Zonasi alterasi hidrotermal dibuat berdasarkan kehadiran satu atau lebih mineral alterasi yang dominan di suatu area. Dominasi ini dapat dilihat dari persentase kehadiran mineral alterasi di setiap sampel melalui pengamatan mikroskopis, analisis XRD dan dari

hasil analisis ASD. Kuarsa, serisit, smektit, klorit, epidot, dan kalsit merupakan mineral alterasi yang dominan hadir di daerah penelitian berdasarkan sampel yang diambil dari 177 stasiun pengambilan sampel dengan tambahan 45 sampel permukaan lubang bor. Berdasarkan kehadiran himpunan mineral pada tabel 4.1 dan mengacu pada klasifikasi mineral alterasi hidrotermal yang ada, maka lokasi penelitian dapat dibagi menjadi dua zona alterasi yaitu zona alterasi klorit - epidot – kalsit ± smektit ± serisit ± kuarsa (zona propilitik) dan zona serisit – smektit – kuarsa ± klorit ± epidot (zona argillik).

4.2.3.1 Zona klorit-epidot–kalsit±smektit±serisit±kuarsa (zona propilitik)

Secara makroskopis sampel batuan yang teralterasi pada zona ini berwarna hijau kehitaman. Batuan yang dominan mengalami alterasi ini adalah *volcanic basaltic andesite* (VBA). Secara umum zona ini telah mengalami ubahan secara *pervasive* dengan intensitas ubahan lemah hingga kuat (*weak-moderate alteration*). Penciri dari zona ini, yaitu kehadiran dari mineral klorit yang cukup melimpah dan berasosiasi dengan mineral epidot dan kalsit. Zona alterasi ini umumnya tersebar di lokasi yang lebih jauh dari *vein* dibanding zona alterasi tipe argillik. Zona propilitik merupakan zona terluar dari pusat mineralisasi di lokasi penelitian. Hal ini diinterpretasikan karena umumnya tingkat porositas dan permeabilitas batuan yang kecil pada satuan batuan *volcanic basaltic andesite* yang memiliki tekstur afanitik hingga porfiritik.

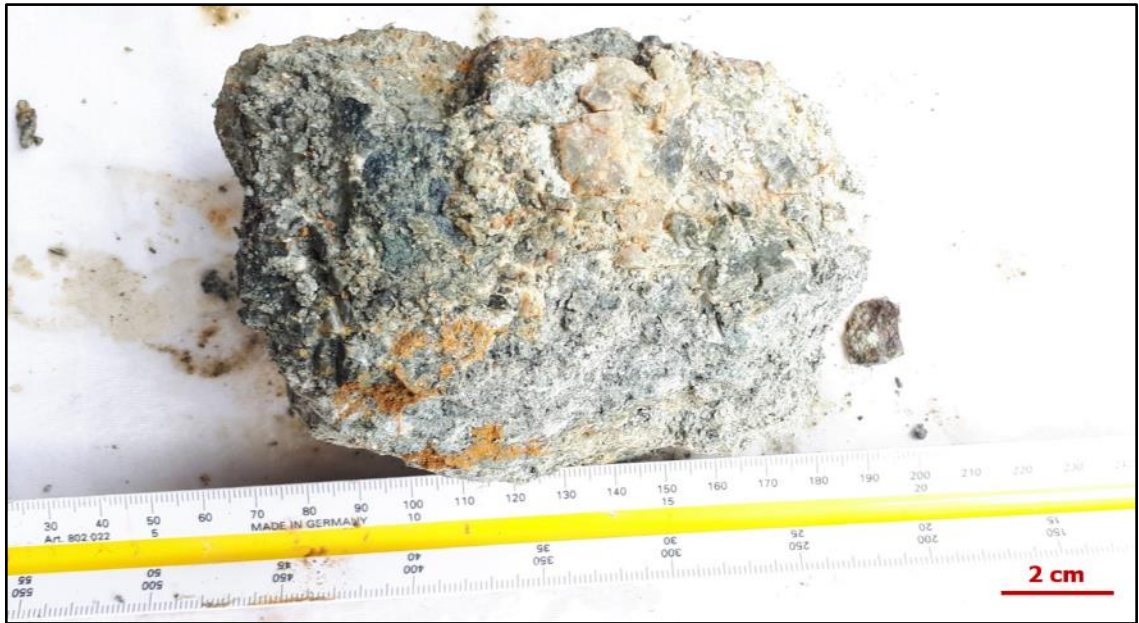
Secara makroskopis di lapangan, zona alterasi ini memperlihatkan warna hijau kehitaman. Pada zona ini mineral kuarsa-klorit-epidot diinterpretasikan terbawa oleh fluida yang berasal dari fluida magmatik. Sedangkan, kehadiran mineral karbonat juga diinterpretasikan berasal dari hasil reaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan sampling atau *hostrock*. Hadirnya mineral epidot diinterpretasikan hadir seiring adanya perubahan temperatur dan pH yang lebih netral dari zona alterasi argillik.



Gambar 4.24. Kenampakan sampel BLM164 dari batuan VBA pada zona alterasi propilitik.

4.2.3.2 Zona serisit–smektit–kuarsa±klorit±epidot (zona argillik).

Zona alterasi ini dominan berkembang pada litologi *volcanic andesite fragmental* (VAF) dengan ciri fisik berwarna putih sampai abu-abu kehijauan. Secara umum zona alterasi ini telah dominan berubah secara *pervasive* dengan intensitas alterasi sedang hingga kuat (*moderate-strong alteration*). Mineralisasi yang dijumpai di daerah ini berupa pirit (FeS_2) dan kalkopirit (CuFeS_2) diamati secara makroskopis terdesiminasi. Alterasi ini berkembang pada zona struktur utama sebagai *channel way* dari fluida hidrotermal. Litologi yang dijumpai pada zona alterasi ini adalah VAF dengan tingkat porositas dan permeabilitas yang relatif lebih tinggi dari litologi yang lain. Hal ini menyebabkan tingkat/intensitas alterasi di zona ini lebih tinggi. Alterasi ini dijumpai berasosiasi dengan zona mineralisasi dan umumnya meliputi zona *ore* baik di zona *hanging wall* maupun di zona *foot wall* mineralisasi (*vein*). Pada zona *hanging wall*, alterasi ini relatif lebih luas dibandingkan dengan zona *foot wall* mineralisasi. Batuan *volcanic basaltic andesite* (VBA) juga mengalami alterasi ini namun tidak dominan karena lebih bertekstur afanitik sehingga tingkat porositas dan permeabilitasnya rendah.

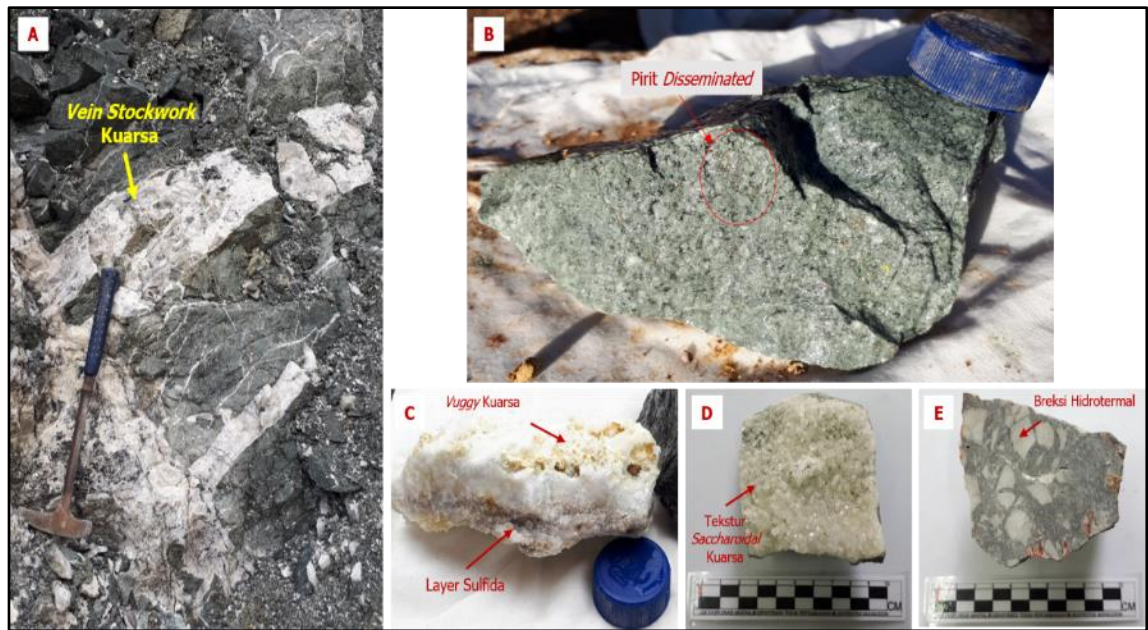


Gambar 4.25. Kenampakan sampel BLM069 dari batuan VAF pada zona alterasi argillik.

Zonasi alterasi hidrotermal kemudian digambarkan penyebarannya dengan membuat peta zona alterasi. Peta zona alterasi daerah penelitian dapat dilihat pada lampiran A2.

4.3 Mineralisasi dan Paragenesis Mineral Bijih

Mineralisasi di lokasi penelitian umumnya dijumpai dalam bentuk *vein* kuarsa yang mengisi rekahan-rekahan pada batuan VBA dan VAF. *Vein* kuarsa pembawa mineral bijih yang tersingkap jelas di permukaan memiliki ketebalan maksimal 18-20 cm. Berdasarkan identifikasi sampel urat yang mengacu pada klasifikasi tekstur urat oleh (Morrison et al., 1990), tekstur urat di daerah penelitian dikelompokkan menjadi empat yaitu tekstur *vuggy* kuarsa, tekstur *saccharoidal*, tekstur breksi hidrotermal, tekstur *sulfide banded-disseminated sulfide* dan *vein stockwork* kuarsa.



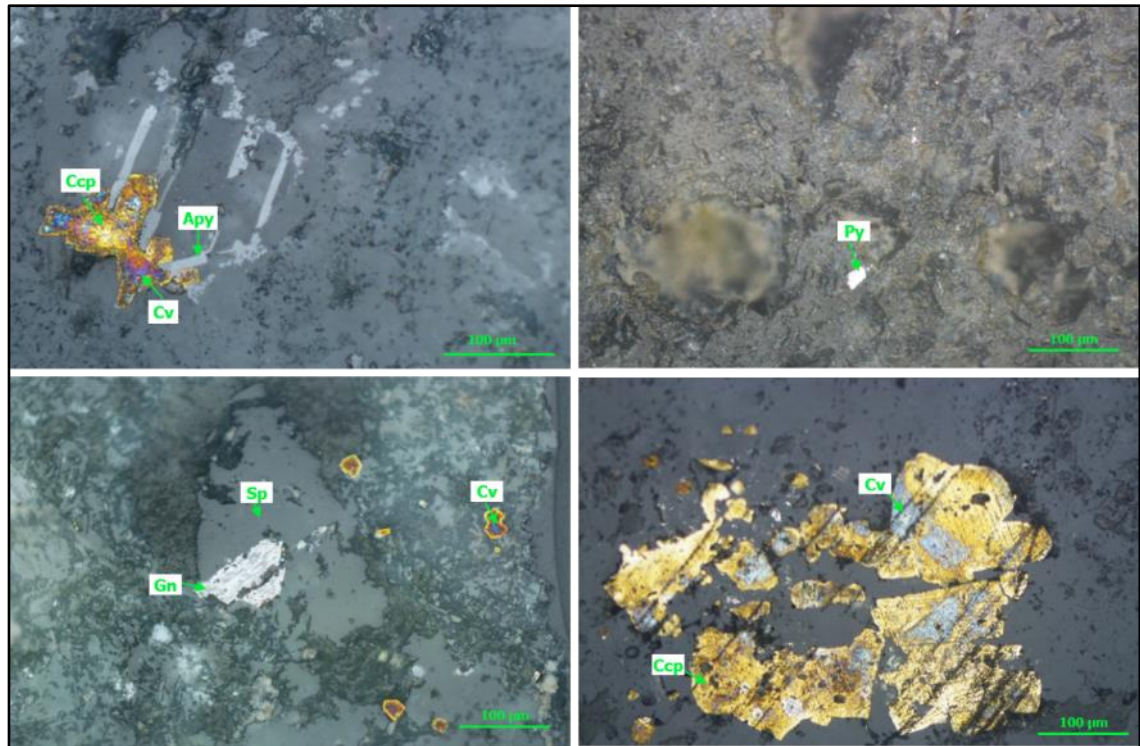
Gambar 4.26. Kenampakan tekstur mineralisasi. (A) *Vein stockwork* kuarsa. (B) Diseminasi pirit. (C) Tekstur *vuggy* dan *sulfide banded*. (D) Tekstur *sachharoidal*. (E) Tekstur breksi.

4.3.1 Mineralogi Bijih

Himpunan mineral bijih yang terdapat di lokasi penelitian termasuk ke dalam kelompok mineral sulfida. Identifikasi mineral bijih didasarkan pada pengamatan makroskopis, mikroskopis (mineragrafi) dan analisis XRD. Himpunan mineral bijih di lokasi penelitian teramati secara mikroskopis maupun makroskopis pada sampel BLM001, BLM005, BLM007, BLM012, BLM014, BLM019, BLM037, BLM084, dan BLM092.

Secara makroskopis, terdapat dua jenis mineral bijih yang dijumpai di lokasi penelitian yaitu mineral bijih hipogen (primer) dan supergen (sekunder) yang merupakan hasil pengayaan mineral primer. Mineral bijih hipogen yang dapat teramati secara makroskopis adalah pirit (FeS_2) dan kalkopirit (CuFeS_2), sedangkan untuk mineral supergen hanya dapat teramati berdasarkan pengamatan mikroskopis (mineragrafi) berupa kovelit (CuS). Kovelit (CuS) merupakan mineral tembaga sekunder yang hadir di lokasi penelitian yang terbentuk dari hasil proses pelapukan mineral bijih tembaga

hipogen dalam hal ini kalkopirit pada zona oksidasi yang umumnya terjadi di permukaan (Komov *et al.*, 1994).



Gambar 4.27. Kenampakan mikroskopis himpunan mineral bijih. Keterangan: Py (pirit), Apy (arsenopirit), Ccp (kalkopirit), Cv (kovelit), Sp (sfalerit), Gn (galena).

Berdasarkan pengamatan mikroskopis, secara keseluruhan mineral bijih yang dapat diamati pada penelitian ini adalah pirit (FeS_2), kalkopirit (CuFeS_2), arsenopirit (FeAsS), sfalerit (ZnS), dan galena (PbS) sebagai mineral bijih hipogen (primer) dan kovelit (CuS) sebagai mineral bijih supergen (sekunder). Mineral pirit teramati dengan memperlihatkan sifat fisik berwarna kuning pucat, dengan habit euhedral-anhedral, bersifat isotropik dan tidak memperlihatkan adanya pleokroisme. Mineral kalkopirit teramati dengan memperlihatkan sifat fisik berwarna kuning cerah, dengan habit subhedral-anhedral, bersifat anisotropik, dan tidak memperlihatkan adanya pleokroisme. Mineral arsenopirit teramati dengan memperlihatkan sifat fisik berwarna abu-abu kebiruan, dengan habit euhedral-subhedral, bersifat anisotropik yang relatif kuat, dan tidak memperlihatkan adanya pleokroisme. Mineral sfalerit teramati dengan

memperlihatkan sifat fisik berwarna abu-abu gelap sampai abu-abu cerah, dengan habit subhedral-anhedral, bersifat isotropik, dan tidak menunjukkan adanya pleokroisme. Mineral galena teramati dengan memperlihatkan sifat fisik berwarna abu-abu gelap sampai cerah, dengan habit euhedral-anhedral, bersifat anisotropik dan tidak menunjukkan adanya pleokroisme. Mineral kovelit teramati dengan menunjukkan sifat fisik berwarna biru sampai ungu, dengan habit yang subhedral-anhedral, bersifat anisotropik dan tidak memperlihatkan adanya pleokroisme.

Mineral kalkopirit dan kovelit merupakan mineral pembawa logam tembaga (Cu), mineral sfalerit merupakan mineral pembawa logam seng (Zn), sedangkan galena merupakan mineral pembawa logam timbal (Pb).

Berikut merupakan tabel himpunan mineral-mineral bijih dari tiap sampel yang telah dianalisis (Tabel 4.2).

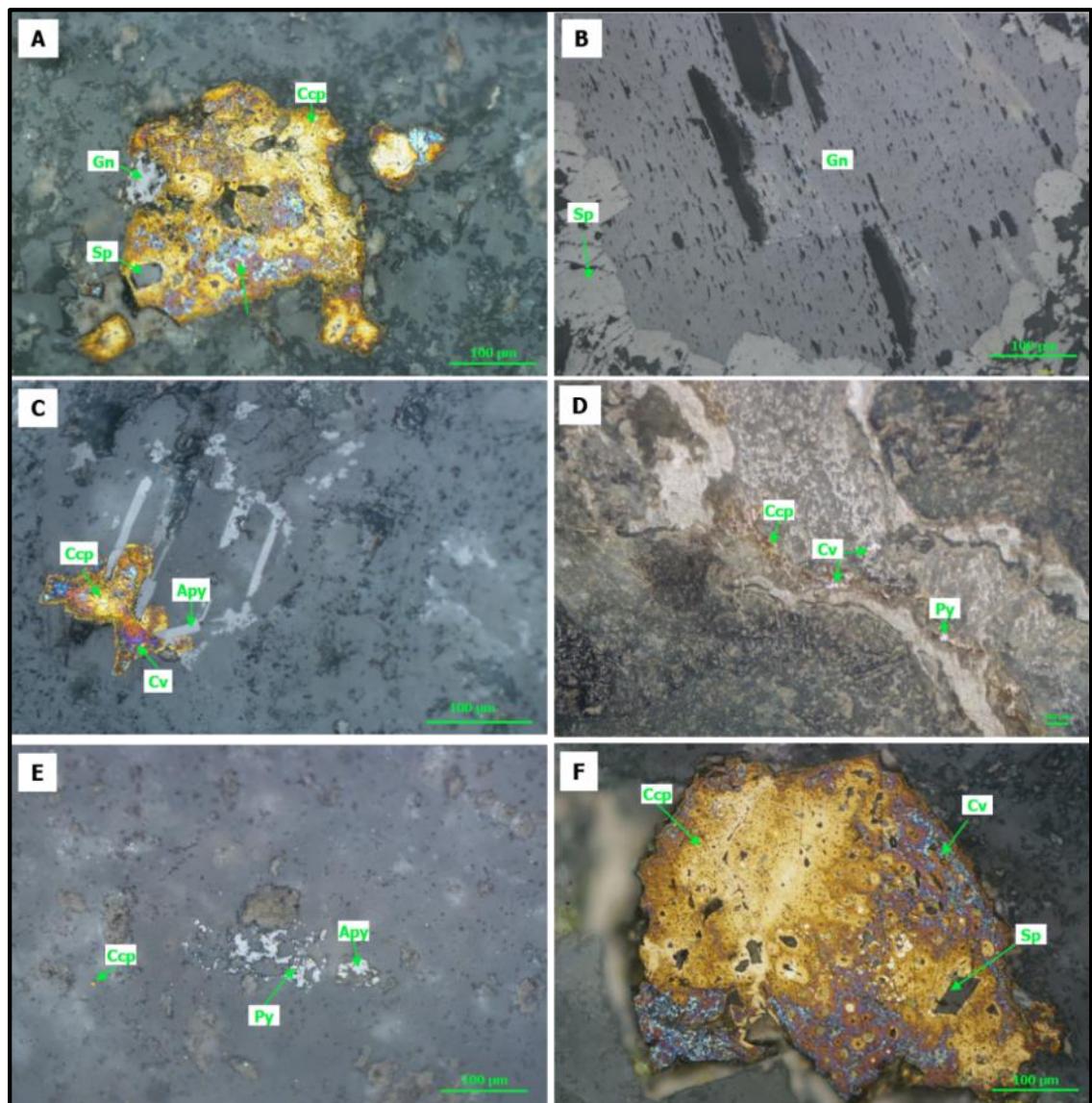
Tabel 4.2. Himpunan mineral bijih di lokasi penelitian.

Sampel	Mineral Bijih					
	Hipogen				Supergen	
	Pirit	Arsenopirit	Kalkopirit	Sfalerit	Galena	Kovelit
BLM001			✓	✓		✓
BLM005		✓	✓	✓		✓
BLM007			✓	✓	✓	✓
BLM012	✓	✓	✓	✓		
BLM014	✓		✓			✓
BLM019			✓		✓	✓
BLM028	✓		✓			✓
BLM037			✓	✓	✓	✓
BLM084		✓	✓		✓	✓
BLM092			✓		✓	✓

4.3.2 Paragenesis Mineral Bijih

Paragenesis mineral bijih merupakan suatu metode mengenai urutan waktu pengendapan mineral dalam suatu periode tertentu. Paragenesis mineral bijih pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui urutan pengendapan mineral bijih

berdasarkan hasil pengamatan karakteristik tekstur antara mineral bijih yang teramati di bawah mikroskop. Tekstur mineral bijih yang teramati berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis adalah tekstur *granular*, pergantian (*replacement*), tekstur tumbuh bersama (*intergrowth*), dan tekstur pengisian (*open space filling*).



Gambar 4.28. Kenampakan asosiasi mineral bijih di bawah mikroskop. Keterangan: Py (pirit), Apy (arsenopirit), Ccp (kalkopirit), Cv (kovelit), Sp (sfalerit), Gn (galena).

Berdasarkan hasil identifikasi himpunan mineral bijih dan variasi teksturnya, maka paragenesis mineral bijih pada mineralisasi di lokasi penelitian dapat diuraikan

sebagai berikut. Mineral-mineral bijih yang diidentifikasi di bawah mikroskop meliputi pirit, arsenopirit, kalkopirit, galena, sfalerit, dan kovelit. Pada gambar 4.28A, gambar 4.28B, dan gambar 4.28F, terlihat mineral sfalerit digantikan oleh mineral galena dan beberapa berada di bawah kalkopirit (*overprinted*). Hal tersebut dapat dilihat dari *crack* atau hancuran mineral kalkopirit yang mengalami korosi sehingga dapat dikatakan bahwa mineral sfalerit adalah mineral yang pertama kali terendapkan setelah kuarsa. Pada gambar 4.28C, terlihat tekstur *intergrowth* pada mineral kalkopirit dan arsenopirit dimana masih terlihat adanya batas bidang mineral yang jelas pada kedua mineral tersebut. Hal ini dapat dikatakan bahwa mineral galena, kalkopirit dan arsenopirit terendapkan kemudian setelah sfalerit. Pada gambar 4.28D, terlihat mineral kalkopirit yang mengalami *fracture* akibat struktur sehingga memungkinkan pirit mengisi rekahan-rekahan yang ada, membentuk tekstur *open-space filling*. Begitupula pada gambar 4.28E, terlihat mineral pirit me-*replace* mineral arsenopirit. Berdasarkan tekstur *open space filling* dan *replacement* pada mineral pirit, maka dapat dikatakan pirit adalah mineral hipogen yang terendapkan terakhir setelah mineral galena, arsenopirit, dan kalkopirit. Pada gambar 4.28A, gambar 4.28C, dan 4.28F, terlihat mineral kovelit me-*replace* sebagian tepi dari mineral kalkopirit. Mineral kovelit merupakan mineral bijih sekunder hasil pengayaan supergen dari mineral tembaga sulfida hipogen, dalam hal ini kalkopirit yang mengalami pelapukan secara perlahan mulai kehilangan unsur Fe sehingga tersisa unsur Cu dan S, akibatnya pada tepi luar kalkopirit berubah menjadi kovelit (Craig and Vaughan, 1994).

Tabel 4.3. Paragenesis Mineral Bijih Lokasi Penelitian.

Mineral Bijih	Hipogen		Supergen
	Tahap Awal	Tahap Akhir	
Sfalerit	—————		
Kalkopirit		—————	
Arsenopirit	—————		
Galena		—————	
Pirit		—————	
Kovelit			—————

Keterangan: tebal garis menunjukkan kelimpahan mineral.

4.4 Tipe Genetik Mineralisasi

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan beberapa referensi terkait, maka dapat diinterpretasikan bahwa tipe genetik (*genetic type*) mineralisasi di daerah penelitian adalah mineralisasi tipe epitermal. Hal tersebut ditentukan berdasarkan himpunan mineral alterasi, himpunan mineral bijih, temperatur pembentukan mineralisasi, dan pH fluida hidrotermal yang membentuk mineralisasi, serta tipe mineralisasi (*mineralization style*) yang dikenali di lapangan. Hadirnya mineral-mineral alterasi seperti klorit, smektit, dan illit yang terbentuk pada kisaran temperature 200-320° C dengan pH netral, serta kehadiran mineral bijih hipogen seperti pirit, sfalerit, arsenopirit, dan galena di daerah penelitian (Tabel 4.2) merupakan penciri khas dari mineralisasi tipe epitermal sulfidasi rendah (*low-sulphidation epithermal*) (White and Hedenquist, 1995).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi alterasi dan mineralisasi di *Pit X* PT TTN Sulawesi Utara, maka kesimpulan yang dapat diambil yaitu sebagai berikut:

1. *Host rock* di lokasi penelitian terdiri atas dua litologi yaitu *volcanic basaltic andesite* (VBA) dan *volcanic andesitic fragmental* (VAF).
2. Himpunan mineral alterasi yang berasosiasi dengan mineralisasi di lokasi penelitian terdiri atas kuarsa, serisit, muskovit, illit, smektit, klorit, epidot dan kalsit, dengan zona alterasi hidrotermal dari luar ke dalam adalah zona klorit-epidot-kalsit±smektit±serisit±kuarsa (zona propilitik) berada pada bagian luar, dan zona serisit-smektit-kuarsa±klorit±epidot (zona argilik) berada pada bagian dalam.
3. Berdasarkan kehadiran mineral alterasi klorit, epidot, smektit, serisit dan illit, mineralisasi di lokasi penelitian terbentuk pada kisaran temperatur sekitar 200°C-320°C dengan fluida hidrotermal yang membentuknya ber-pH netral.
4. Himpunan mineral bijih yang terbentuk di lokasi penelitian terdiri atas dua jenis, yaitu mineral bijih hipogen yang terdiri dari sfalerit, kalkopirit, arsenopirit, galena, dan pirit, serta mineral bijih supergen yaitu kovelit, dengan urutan pembentukan dari yang pertama sampai yang terakhir yaitu sfalerit, kalkopirit, arsenopirit, galena, pirit, dan kovelit.
5. Tipe genetik mineralisasi di lokasi penelitian diinterpretasi sebagai mineralisasi tipe epitermal sulfidasi rendah (*low-sulphidation epithermal*).

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut disarankan untuk dilakukan studi mikrotermometri inklusi fluida pada sampel-sampel kuarsa termineralisasi, agar temperatur pembentukan mineralisasi dapat diestimasi secara lebih akurat. Pada studi ini estimasi temperatur masih dilakukan berdasarkan interpretasi kisaran temperatur pembentukan mineral-mineral alterasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arribas, A., 1995. *Characteristics of High-Sulfidation Epithermal Deposits, and Their Relation to Magmatic Fluid*. Mineralogical Association of Canada 23, pp.419-454.
- Browne, P.R.L., 1978. *Hydrothermal Alteration in Active Geothermal Fields*. Annual Reviews in Earth and Planetary Sciences, Vol.6, pp.229-250.
- Corbett, G.J, & Leach., T.M., 1996, *Southwest Pasific Rim Gold Copper System: Structure, Alteration, and Mineralization*, Manual for an Exploration Workshop, Jakarta
- Corbett, G.J., and Leach, T.M., 1998. *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization*. Society of Economic Geologists Special Publication, 6, p.237.
- Craig, J.R., and Vaughan, D.J., 1994. *Ore Microscopy and Ore Petrography*. Canada: John Wiley & Sons Inc, p.350.
- Hedenquist, J.W., Izawa, E., Arribas, A., and White, N.C., 1996. *Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration*. Tokyo: The Society of Resource Geology, p.16.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A., and Gonzalez-Urien, E., 2000. *Exploration for Epithermal Gold Deposits*. Reviews in Economic Geology, Vol.13, pp.245-277.
- Komov, I.L., Lukashev, A.N., and Koplus, A.V., 1994. *Geochemical Methods of Prospecting for Non-Metallic Minerals (New and Expanded Edition)*. Utrech: VSP, p.405.
- Marshall, D., Anglin, C.D., and Mumin, H., 2004. *Ore Mineral Atlas*. Newfoundland: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, p.112.
- Morrison, G.W., Dong, G. and Jaireth, S., 1990. *Textural zoning in epithermal quartz veins*. Klondike Exploration Services, Townsville, Australia, p.10.
- Pirajno, F., 2009. *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Berlin: Springer-Verlag, p.1250.
- Simmons, S.F., White, N.C., and John, D.A., 2005. *Geological Characteristics of Epithermal Precious and Base Metal Deposits. Society of Economic Geologist, 100th Anniversary Volume*, pp.485-522.
- Sompotan, A.F., 2012. *Struktur Geologi Sulawesi*. Perpustakaan Sains Kebumihan, Institut Teknologi Bandung. Bandung, Indonesia
- Tim Departemen Eksplorasi PT MSM/TTN. 2017. *Geologi Regional Minahasa*. PT MSM/TTN. Minahasa Utara.

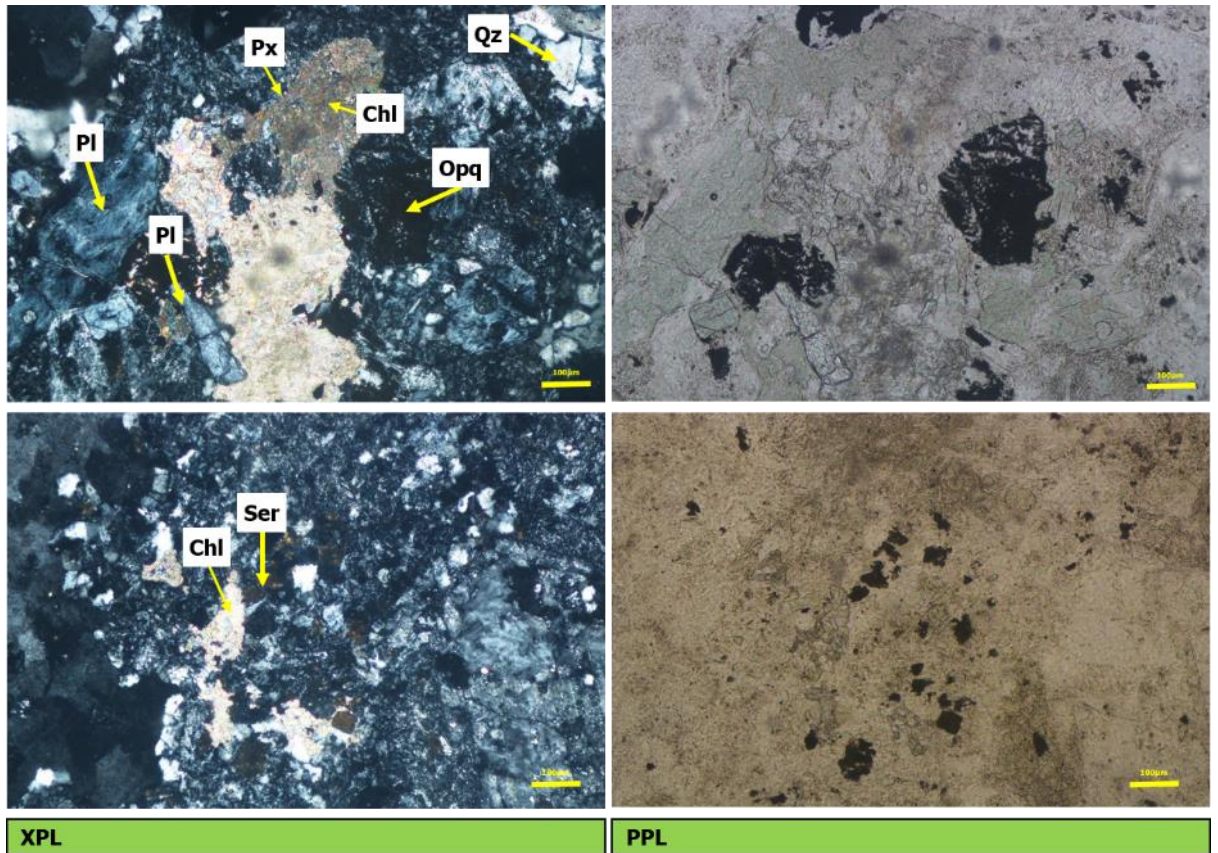
- Van Leeuwen, T.M., and Pieters, P.E., 2011. *Mineral Deposits of Sulawesi*. Proceedings Of The Sulawesi Mineral Resources 2011, MGEI-IAGI 28-29. Manado, North Sulawesi, Indonesia.
- White, N.C. and Hedenquist, J.W., 1995. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration. *Society Economic Geologist Newsletter* 23, pp.1, and 9-13.

LAMPIRAN A
PETA PENELITIAN

1. Peta Geologi
2. Peta Zonasi Alterasi Hidrotermal
3. Peta Sebaran Mineralisasi
4. Peta Titik Pengambilan Sampel

No Stasiun : BLM001		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID) : BLM001		
Jenis Sampel (Sample type) : Batuan teralterasi		
Tipe Alterasi (Alteration type) : Propilitik		
Mikroskopis (Microscopic) :		
Kenampakan mikroskopis batuan ini berwarna hijau kecoklatan pada nikol sejajar, dan berwarna abu-abu kehitaman pada nikol silang. Batuan ini telah teralterasi 90% dengan ukuran mineral $\leq 0,05 - 0,7$ mm, mineral alterasinya terdiri atas kuarsa, klorit, serisit dan mineral opak.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy Of Description)		
Komposisi Mineral Competition of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Plagioklas (Pl)	10	Warna absorpsi abu-abu kecoklatan, warna putih kehitaman, pecahan tidak ada, belahan 1 arah, sudut gelapan 9° , intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme dwikroik, ukuran mineral $0,05 - 0,4$ mm
Piroksen (Px)	15	Warna absorpsi abu-abu kecokelatan, warna interferensi coklat kemerahan, pecahan tidak rata, belahan tidak jelas, sudut gelapan 37° , pleokroisme monokroik, ukuran $0,05 - 0,7$ mm.
Klorit (Chl)	20	Warna absorpsi abu-abu kehijauan dan interferensi kuning kehijauan, belahan satu arah, sudut gelapan 32° , intensitas lemah, relief rendah, pleokroisme monokroik, ukuran mineral $0,05-0,6$ mm
Serisit (Ser)	15	Warna absorpsi abu-abu kecoklatan, warna interferensi coklat kemerahan, pecahan tidak ada, belahan tidak jelas, sudut gelapan 21° , indeks bias $n_{\text{mineral}} < n_{\text{cb}}$, relief rendah, pleokroisme monokroik, intensitas lemah, ukuran mineral $0,05$ mm
Kuarsa (Qtz)	25	Warna absorpsi putih, warna interferensi putih abu-abu, pecahan tidak ada, belahan tidak ada, pleokroisme monokroik, intensitas sedang-kuat, relief sedang-tinggi, sudut gelapan 6° , indeks bias $n_{\text{mineral}} > n_{\text{cb}}$, ukuran mineral $0,05-0,1$ mm
Mineral Opak (Opq)	10	Warna absorpsi dan warna interferensi hitam, ukuran $0,1 - 0,15$ mm.

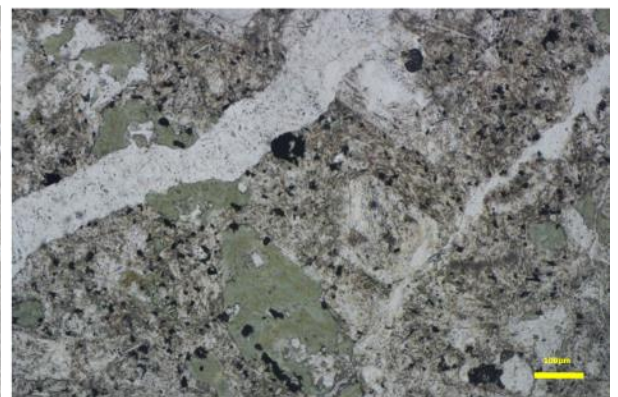
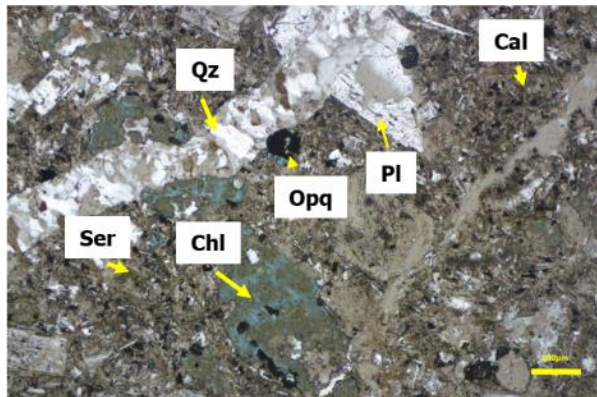
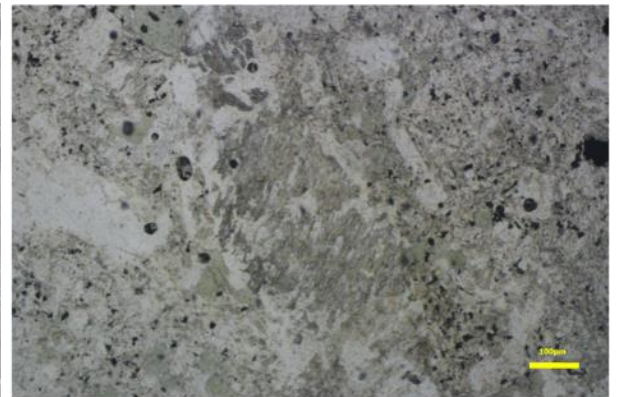
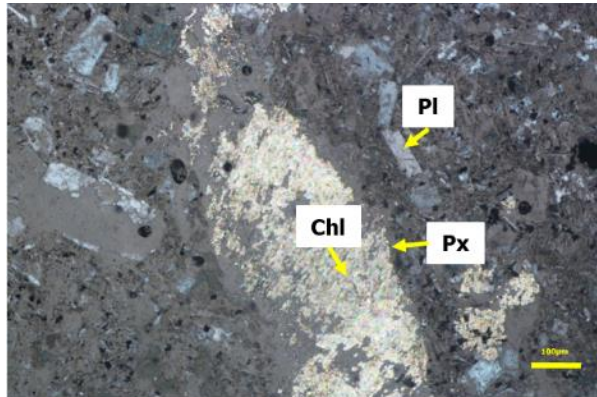
Foto :



Gambar D.1. Fotomikrograf sampel BLM001 yang memperlihatkan kehadiran mineral plagioklas, piroksen, kuarsa, klorit, serisit, dan mineral opak

No Stasiun : BLM005		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID)		: BLM005
Jenis Sampel (Sample type)		: Batuan teralterasi
Tipe Alterasi (Alteration type)		: Propilitik
Mikroskopis (Microscopic) :		
Kenampakan mikroskopis batuan ini berwarna hijau keabu-abuan pada nikol sejajar, dan berwarna hijau kecoklatan pada nikol silang. Batuan ini telah teralterasi 90% dengan ukuran mineral $\leq 0,05 - 1$ mm, mineral alterasinya terdiri atas serisit, kalsit, kuarsa, klorit, dan mineral opak.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Plagioklas (Pl)	10	Warna absorpsi abu-abu, warna interferensi abu-abu kehitaman, pecahan tidak rata, belahan 2 arah, sudut gelapan 24° , intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 - 0,3 mm.
Piroksen (Px)	15	Warna absorpsi abu-abu kecoklatan, warna interferensi cokelat kemerahan, pecahan tidak rata, belahan tidak jelas, sudut gelapan 40° , pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 - 0,5 mm.
Kalsit (Cal)	25	Warna absorpsi abu-abu kecoklatan, warna interferensi kuning kecoklatan, pecahan tidak ada, belahan tidak jelas, sudut gelapan 33° , intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,6 mm.
Klorit (Chl)	15	Warna absorpsi hijau keabu-abuan, warna interferensi kuning kehijauan, pecahan tidak ada, belahan tidak jelas, sudut gelapan 33° , intensitas lemah, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 - 0,5 mm
Kuarsa (Qtz)	20	Warna absorpsi putih, warna interferensi putih abu-abu, pecahan tidak ada, belahan tidak ada, pleokroisme monokroik, intensitas sedang-kuat, relief sedang-tinggi, sudut gelapan 6° , indeks bias $n_{\text{mineral}} > n_{\text{cb}}$, ukuran mineral 0,1 - 1 mm
Serisit (Ser)	15	Warna absorpsi abu-abu kecoklatan, warna interferensi coklat kemerahan, pecahan tidak ada, belahan tidak jelas, sudut gelapan 18° , indeks bias $n_{\text{mineral}} < n_{\text{cb}}$, relief rendah, pleokroisme monokroik, intensitas lemah, ukuran mineral 0,1-0,7 mm
Mineral Opak (Opq)	5	Warna absorpsi dan interferensi hitam, ukuran 0,05 - 0,1 mm

Foto :



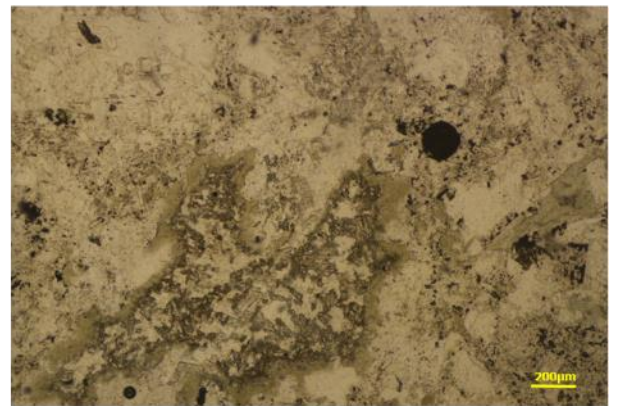
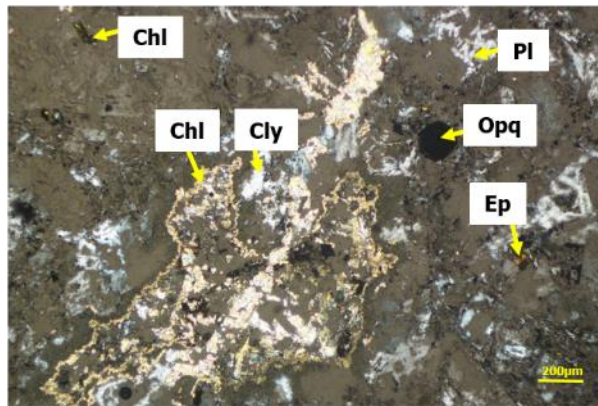
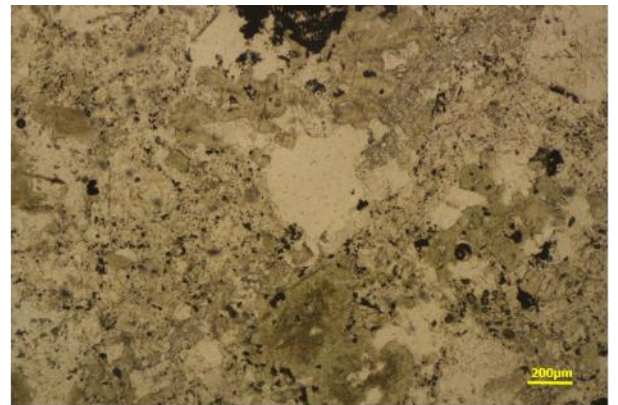
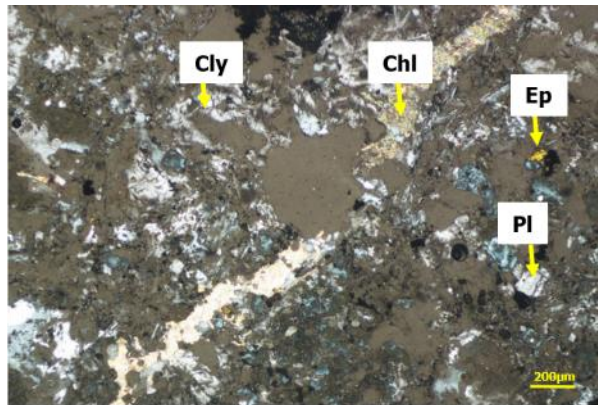
XPL

PPL

Gambar D.2. Fotomikrograf sampel ST.03 yang memperlihatkan kehadiran mineral plagioklas, piroksen, seirisit, kalsit, kuarsa, klorit, dan mineral opak

No Stasiun : BLM007		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID)		: BLM007
Jenis Sampel (Sample type)		: Batuan teralterasi
Tipe Alterasi (Alteration type)		: Propilitik
Mikroskopis (Microscopic) :		
Kenampakan mikroskopis batuan ini berwarna hijau kecoklatan pada nikol sejajar, dan berwarna putih abu-abu kehijauan pada nikol silang. Batuan ini telah teralterasi 90% dengan ukuran mineral <0,05 – 1,8 mm, mineral alterasinya terdiri atas serisit, mineral lempung, klorit, epidot, dan mineral opak.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral Compositon of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Plagioklas (Pl)	10	Warna absorpsi abu-abu, warna interferensi abu-abu keputihan, pecahan tidak rata, belahan 2 arah, sudut gelapan 24°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 – 0,2 mm.
Klorit (Chl)	15	Warna absorpsi hijau kecoklatan, warna interferensi kuning kehijauan, pecahan tidak ada, belahan tidak jelas, sudut gelapan 35°, intensitas lemah, relief seadang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 – 1,8 mm
Mineral Lempung (Cly)	20	Warna absorpsi coklat, warna interferensi putih keabu-abuan, ukuran butir halus, relief sedang, intensitas sedang, tidak memiliki pleokrisme, sudut gelapan 29°, ukuran minera <1,2 mm
Epidot (Ep)	5	Warna absorpsi abu-abu kecoklatan, warna interferensi kuning sampai biru keunguan, pecahan tidak rata, belahan tidak jelas, sudut gelapan 13°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme dwikroik, ukuran 0,05 – 0,1 mm.
Mineral Opak (Opq)	10	Warna absorpsi dan interferensi hitam, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 – 0,4 mm.

Foto :



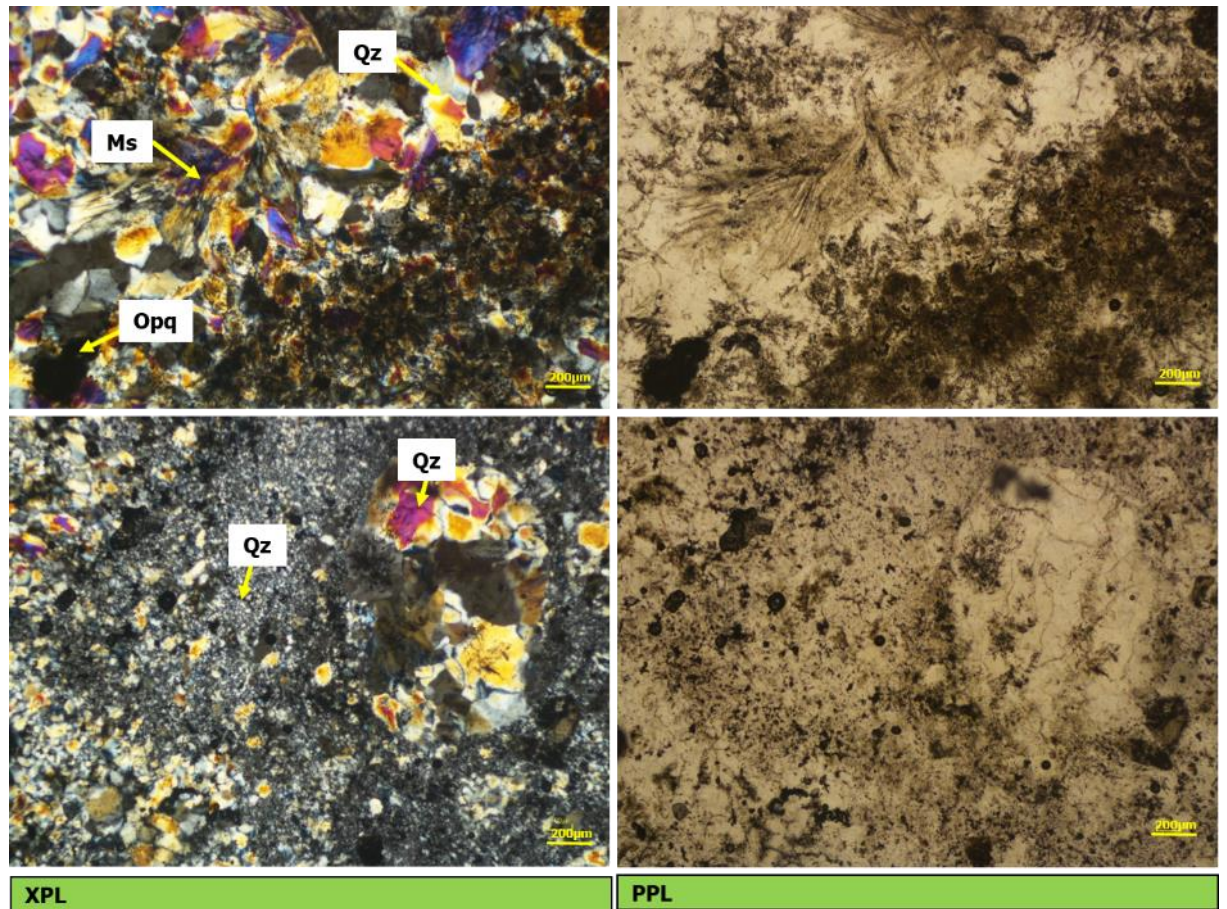
XPL

PPL

Gambar D.3. Fotomikrograf sampel BLM007 yang memperlihatkan kehadiran plagioklas, klorit, epidot, dan mineral lempung.

No Stasiun : BLM012		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID)		: BLM012
Jenis Sampel (Sample type)		: Batuan teralterasi
Tipe Alterasi (Alteration type)		: Argillik
Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan mikroskopis batuan ini berwarna coklat kemerahan pada nikol sejajar, dan berwarna abu-abu kuning kebiruan pada nikol silang. Batuan ini telah teralterasi 90% dengan ukuran mineral <0,05 – 1,8 mm, mineral alterasinya kuarsa, muskovit dan mineral opak.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy Of Description)		
Komposisi Mineral Compositon of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Muskovit (Ms)	30	Warna absorpsi coklat kemerahan, warna interferensi kuning biru sampai ungu, pecahan tidak rata, belahan tidak jelas, sudut gelapan 27°, intensitas lemah, relief rendah, pleokroisme monokroik, ukuran < 1,4 mm.
Kuarsa (Qtz)	35	Warna absorpsi putih, warna interferensi putih kuning biru sampai ungu, pecahan tidak ada, belahan tidak ada, pleokrisme monokroik, intensitas sedang-kuat, relief sedang-tinggi, sudut gelapan 9°, indeks bias $n_{\text{mineral}} > n_{\text{cb}}$, ukuran mineral < 1,8 mm
Mineral Opak (Opq)	5	Warna absorpsi dan interferensi hitam, pleokroisme monokroik, ukuran 0,05 -0,2 mm.

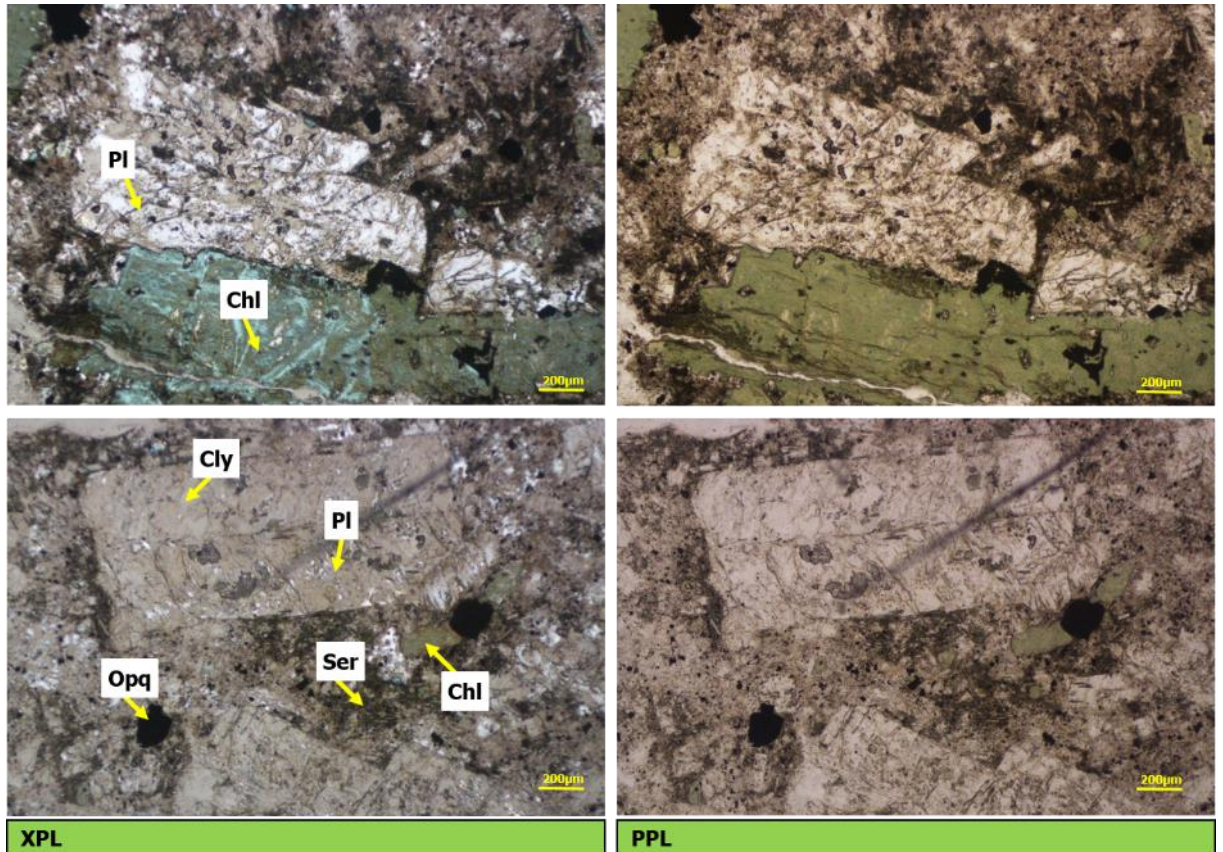
Foto :



Gambar D.4. Fotomikrograf sampel BLM012 yang memperlihatkan kehadiran mineral kuarsa, muskovit dan mineral opak.

No Stasiun : BLM014		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID)		: BLM014
Jenis Sampel (Sample type)		: Batuan teralterasi
Tipe Alterasi (Alteration type)		: Argillik
Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan mikroskopis batuan ini berwarna abu-abu kecoklatan pada nikol sejajar, dan berwarna hijau coklat keabu-abuan pada nikol silang. Batuan ini telah teralterasi 90% dengan ukuran mineral <0,01 – 1,4 mm, mineral alterasinya serisit, klorit, mineral lempung dan mineral opak.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy Of Description)		
Komposisi Mineral Compositon of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Serisit (Ser)	25	Warna absorpsi coklat, warna interferensi kuning kecoklatan, pecahan tidak ada, belahan tidak jelas, sudut gelapan 18°, pleokroisme monokroik, ukuran <1 mm.
Klorit (Chl)	15	Warna absorpsi hijau, warna interferensi hijau kebiruan, pecahan tidak ada, belahan tidak jelas, sudut gelapan 30°, intensitas lemah, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 1,4 mm
Plagioklas (Pl)	15	Warna absorpsi abu-abu, warna interferensi abu-abu kehitaman, pecahan tidak rata, belahan 2 arah, sudut gelapan 19°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 – 1,2 mm.
Mineral Lempung (Cly)	20	Warna absorpsi coklat, warna interferensi coklat keabu-abuan, ukuran butir halus, relief sedang, intensitas sedang, tidak memiliki pleokroisme, sudut gelapan 35°, ukuran mineral <1,2 mm
Mineral Opak (Opq)	5	Warna absorpsi dan interferensi hitam, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1-0,1 mm.

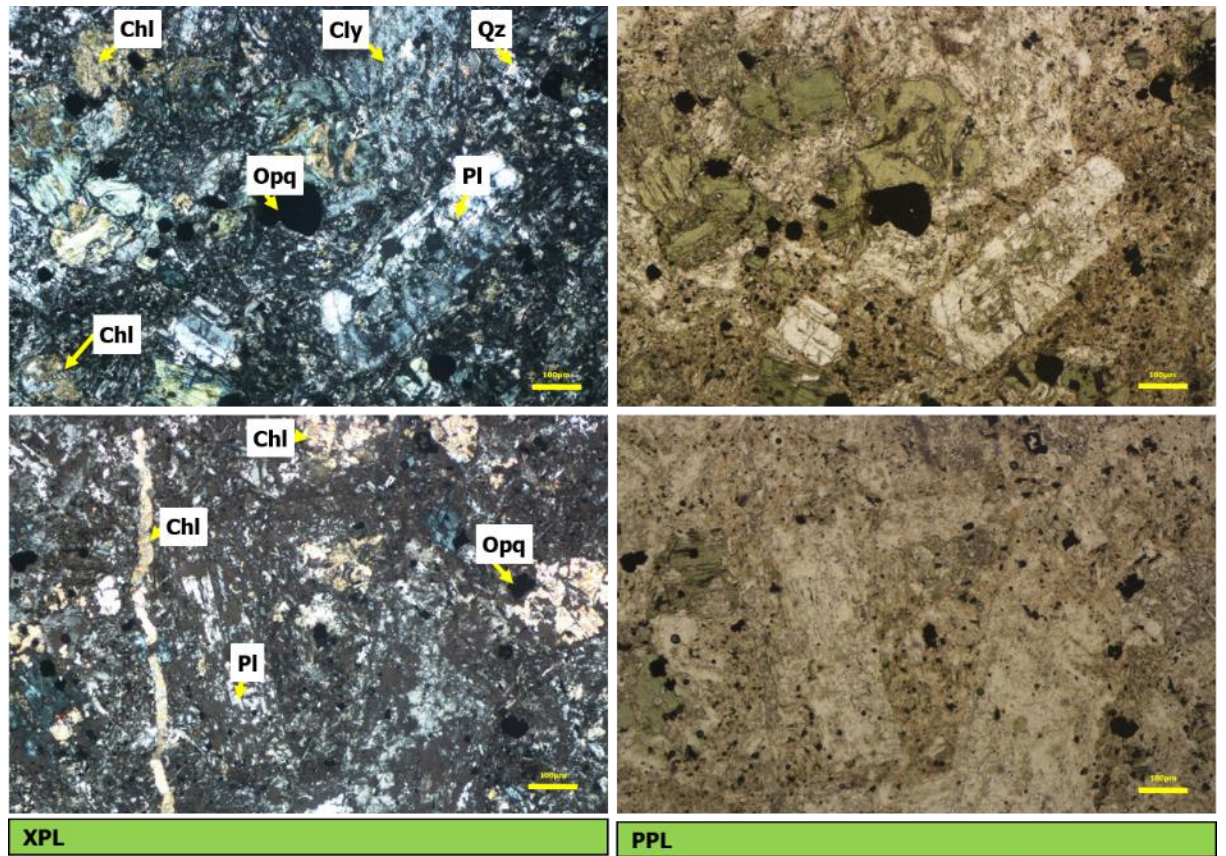
Foto :



Gambar D.5. Fotomikrograf sampel BLM014 yang memperlihatkan kehadiran mineral serisit, klorit, plagioklas, mineral lempung, dan mineral opak.

No Stasiun : BLM019		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID)		: BLM019
Jenis Sampel (Sample type)		: Batuan teralterasi
Tipe Alterasi (Alteration type)		: Propilitik
Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan mikroskopis batuan ini berwarna hijau kecokelatan pada nikol sejajar dan berwarna hijau abu-abu kehitaman pada nikol silang. Batuan ini telah teralterasi 90% dengan ukuran mineral 0,05-0,7 mm, mineral alterasinya berupa mineral lempung, serisit, klorit, epidot, kuarsa dan mineral opak.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy Of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Plagioklas (Pl)	15	Warna absorpsi abu-abu, warna interferensi abu-abu kehitaman, pecahan tidak rata, belahan 2 arah, sudut gelapan 14°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 – 0,4 mm.
Klorit (Chl)	20	Warna absorpsi hijau kecokelatan dan warna interferensi hijau kekuningan, pecahan tidak jelas, belahan tidak jelas, berbentuk urat, sudut gelapan 20°, intensitas lemah, relief rendah, pleokroisme monokroik, ukuran mineral 0,1 mm.
Kuarsa (Qtz)	10	Warna absorpsi putih, warna interferensi putih abu-abu, pecahan tidak ada, belahan tidak ada, pleokroisme monokroik, intensitas sedang-kuat, relief sedang-tinggi, sudut gelapan 8°, indeks bias $n_{\text{mineral}} > n_{\text{cb}}$, ukuran mineral 0,7 mm
Mineral Lempung (Cly)	15	Warna putih kecokelatan, warna interferensi abu-abu kecokelatan, ukuran butir halus, relief sedang, intensitas sedang, tidak memiliki pleokroisme, sudut gelapan 32°, ukuran mineral <0,6 mm
Mineral Opak (Opq)	10	Warna absorpsi dan interferensi hitam, pleokroisme monokroik, ukuran <0,1 mm.

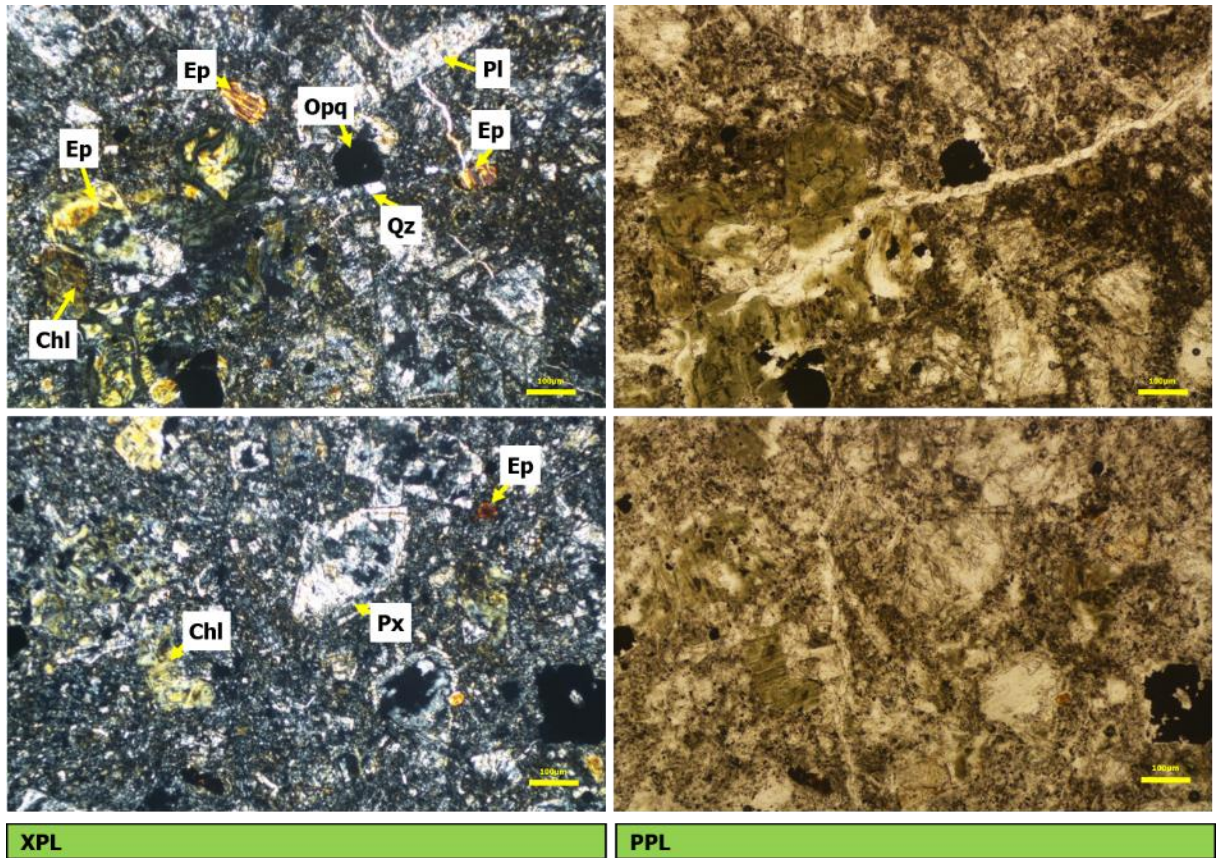
Foto



Gambar D.6. Fotomikrograf sampel BLM019 yang memperlihatkan kehadiran mineral plagioklas, mineral lempung, klorit, kuarsa, dan mineral opak.

No Stasiun : BLM028		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID)	: BLM028	
Jenis Sampel (Sample type)	: Batuan teralterasi	
Tipe Alterasi (Alteration type)	: Propilitik	
Mikroskopis (Microscopic) :		
Kenampakan mikroskopis batuan ini berwarna hijau kecokelatan pada nikol sejajar dan berwarna hijau abu-abu kehitaman pada nikol silang. Batuan ini telah teralterasi 90%, mineral alterasinya terdiri atas kuarsa, klorit, epidot, dan mineral opak, dengan ukuran mineral 0,05 – 1 mm.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy Of Description)		
Komposisi Mineral Compositon of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Plagioklas (Pl)	20	Warna absorpsi coklat keabu-abuan, warna interferensi abu-abu kehitaman, pecahan rata, belahan tidak jelas, sudut gelap 20°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran <0,2 mm.
Piroksen (Px)	5	Warna absorpsi abu-abu kecokelatan, warna interferensi putih keabu-abuan, pecahan tidak jelas, belahan tidak jelas, sudut gelap 39°, pleokroisme monokroik, ukuran 0,3 mm.
Klorit (Chl)	15	Warna absorpsi hijau, warna interferensi hijau kekuningan, pecahan tidak rata, belahan tidak jelas, pleokroisme monokroik, intensitas rendah, relief lemah, sudut gelap 7°, ukuran mineral 0,1 – 0,5 mm.
Epidot (Ep)	15	Warna absorpsi hijau kecokelatan, warna interferensi kuning sampai ungu, pecahan tidak rata, belahan tidak jelas, sudut gelap 4°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme dwikroik, ukuran 0,05 – 0,1 mm.
Kuarsa (Qtz)	20	Warna absorpsi putih, warna interferensi putih abu-abu, pecahan tidak ada, belahan tidak ada, berbentuk urat (<i>vein</i>), pleokroisme monokroik, intensitas sedang-kuat, relief sedang-tinggi, sudut gelap 14°, indeks bias $n_{\text{mineral}} > n_{\text{cb}}$, ukuran mineral 0,05 - 1 mm
Mineral Opak (Opq)	10	Warna absorpsi dan interferensi hitam, pleokroisme monokroik, ukuran 0,05-0,1 mm.

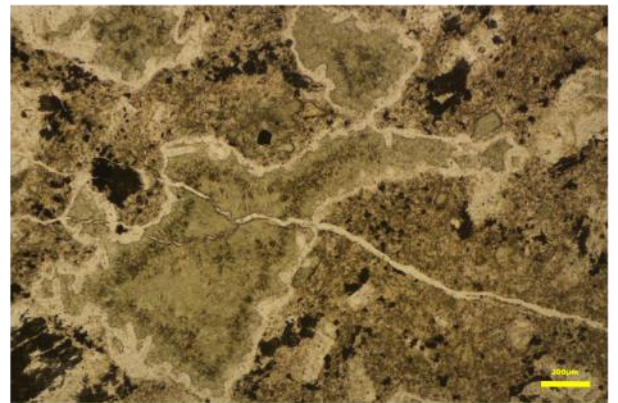
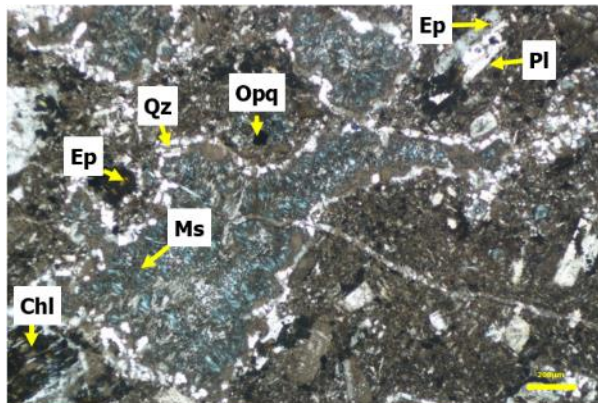
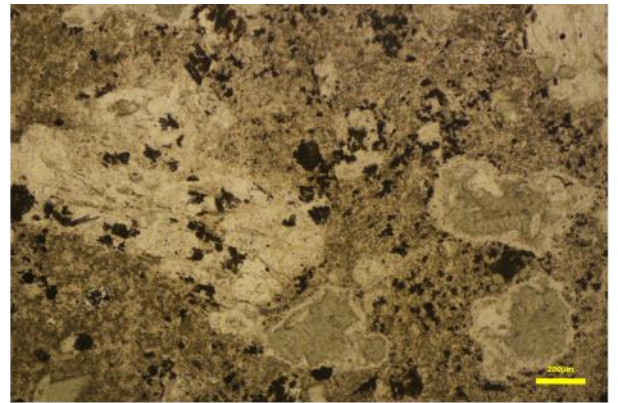
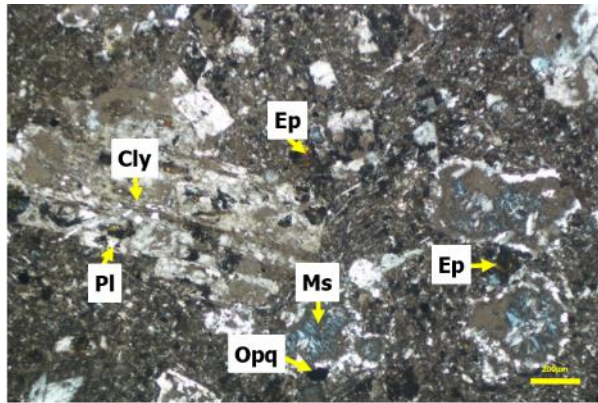
Foto :



Gambar D.7. Fotomikrograf sampel BLM028 yang memperlihatkan kehadiran mineral plagioklas, piroksen, kuarsa, klorit, epidot, dan mineral opak.

No Stasiun : BLM037		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID)	: BLM037	
Jenis Sampel (Sample type)	: Batuan teralterasi	
Tipe Alterasi (Alteration type)	: Argillik	
Mikroskopis (Microscopic) :		
Kenampakan mikroskopis sayatan batuan ini memiliki warna absorpsi hijau kecoklatan, warna interferensi abu-abu kebiruan. Batuan ini telah mengalami alterasi sekitar 85% ukuran mineral 0,01 mm – 2,2 mm, dengan mineral alterasi yaitu kuarsa, klorit, muskovit, mineral lempung, epidot, dan mineral opak.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy Of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Plagioklas (Pl)	20	Warna absorpsi coklat keabu-abuan, warna interferensi abu-abu kehitaman, pecahan rata, belahan tidak jelas, sudut gelapan 24°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 - 1 mm.
Kuarsa (Qtz)	25	Warna absorpsi putih, warna interferensi putih abu-abu, pecahan tidak ada, belahan tidak ada, berbentuk urat (<i>vein</i>), pleokrisme monokroik, intensitas sedang-kuat, relief sedang-tinggi, sudut gelapan 18°, indeks bias $n_{\text{mineral}} > n_{\text{cb}}$, ukuran mineral 0,1 - 2 mm
Klorit (Chl)	10	Warna absorpsi hijau, warna interferensi hijau kekuningan, pecahan tidak rata, belahan tidak jelas, pleokrisme monokroik, intensitas rendah, relief lemah, sudut gelapan 9°, ukuran mineral <0,2 mm.
Muskovit (Ms)	20	Warna absorpsi coklat kehijauan, warna interferensi hijau kebiruan, pecahan tidak jelas, belahan tidak jelas, sudut gelapan 24°, intensitas lemah, relief rendah, pleokroisme monokroik, ukuran 0,2 – 2,2 mm.
Mineral Lempung (Cly)	15	Warna absorpsi cokelat, warna interferensi putih keabu-abuan, ukuran butir halus, relief sedang, intensitas sedang, tidak memiliki pleokrisme, sudut gelapan 30°, ukuran mineral <0,8 mm
Epidot (Ep)	10	Warna absorpsi hijau kecoklatan, warna interferensi kuning sampai ungu, pecahan tidak rata, belahan tidak jelas, sudut gelapan 8°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme dwikroik, ukuran 0,01 – 0,1 mm.
Mineral Opak (Opq)	5	Pada kenampakan nikol sejajar mineral ini berwarna hitam, bentuk subhedral, ukuran mineral 0,1 mm.

Foto :



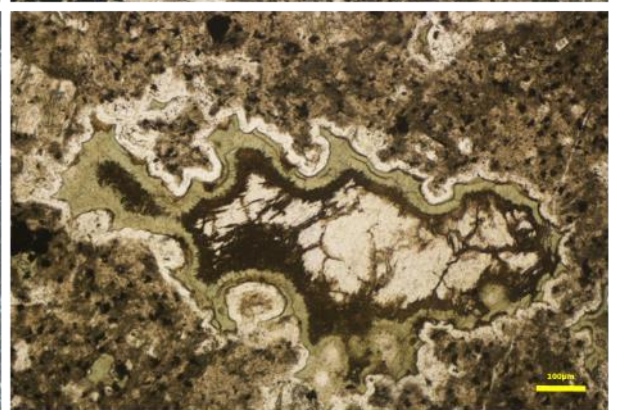
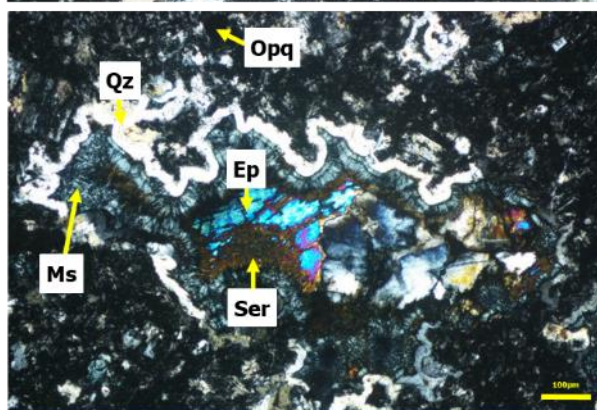
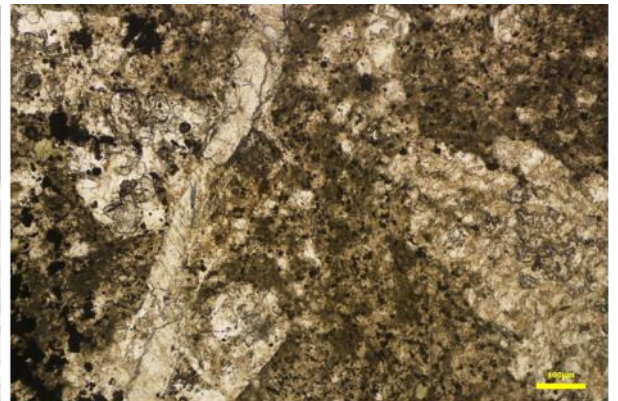
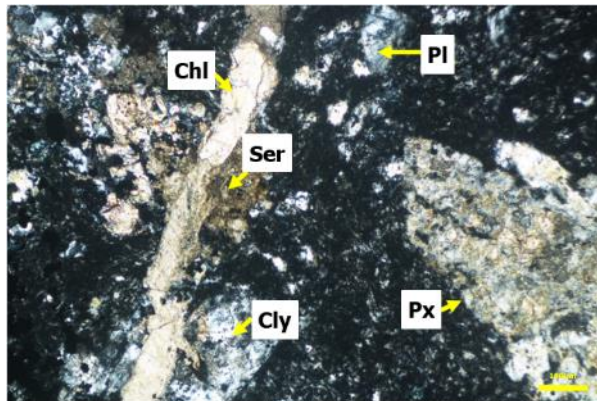
XPL

PPL

Gambar D.8. Fotomikrograf sampel BLM037 yang memperlihatkan kehadiran mineral plagioklas, kuarsa, klorit, aktinolit, epidot, dan mineral opak.

No Stasiun : BLM084		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID)		: BLM084
Jenis Sampel (Sample type)		: Batuan teralterasi
Tipe Alterasi (Alteration type)		: Argillik
Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan mikroskopis batuan ini berwarna coklat kehijauan pada nikol sejajar, dan berwarna hijau biru keabu-abuan pada nikol silang. Batuan ini telah teralterasi 90% dengan ukuran mineral <0,01 – 0,7 mm, mineral alterasi terdiri atas mineral kuarsa, serisit, klorit, epidot, dan mineral opak.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy Of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Plagioklas (Pl)	10	Warna absorpsi coklat keabu-abuan, warna interferensi putih pucat kehitaman, pecahan tidak jelas, belahan tidak jelas, sudut gelap 13°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 mm.
Piroksen (Px)	15	Warna absorpsi abu-abu kecokelatan, warna interferensi putih keabu-abuan, pecahan tidak jelas, belahan tidak jelas, sudut gelap 39°, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 – 0,4 mm.
Kuarsa (Qtz)	15	Warna absorpsi putih, warna interferensi putih abu-abu, pecahan tidak ada, belahan tidak ada, berbentuk urat (<i>vein</i>), pleokroisme monokroik, intensitas sedang-kuat, relief sedang-tinggi, sudut gelap 16°, indeks bias $n_{\text{mineral}} > n_{\text{cb}}$, ukuran mineral 0,1 – 0,6 mm
Klorit (Chl)	10	Warna absorpsi hijau, warna interferensi hijau terang, pecahan tidak ada, belahan satu arah, pleokroisme monokroik, intensitas rendah, relief sedang, sudut gelap 26°, ukuran mineral 0,1 - 0,7 mm.
Epidot (Ep)	10	Warna absorpsi putih kecokelatan, warna interferensi biru kuning sampai ungu, pecahan tidak rata, belahan tidak ada, sudut gelap 5°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,01 – 0,2 mm.
Mineral Lempung (Cly)	15	Warna absorpsi abu-abu kecokelatan, warna interferensi putih keabu-abuan, ukuran butir halus, relief sedang, intensitas sedang, tidak memiliki pleokroisme, sudut gelap 32°, ukuran mineral 0,2-0,5 mm
Serisit (Ser)	15	Warna absorpsi coklat, warna interferensi kuning kehijauan, pecahan tidak ada, belahan tidak jelas, sudut gelap 22°, pleokroisme monokroik, ukuran 0,1 – 0,2 mm.
Muskovit (Ms)	20	Warna absorpsi coklat kehijauan, warna interferensi hijau kebiruan, pecahan tidak jelas, belahan tidak jelas, sudut gelap 23°, intensitas lemah, relief rendah, pleokroisme monokroik, ukuran 0,6 mm.
Mineral Opak (Opq)	5	Warna absorpsi dan interferensi hitam, pleokroisme monokroik, ukuran 0,05 mm.

Foto :



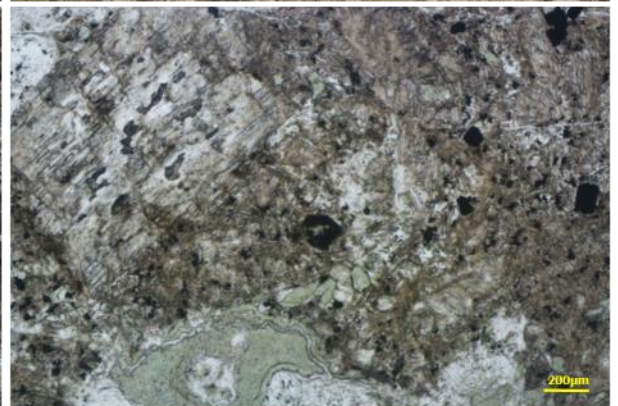
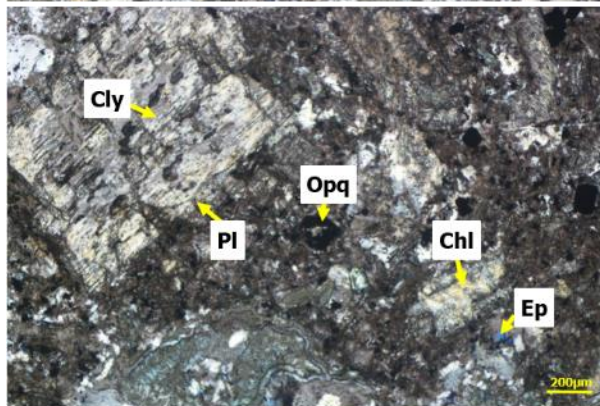
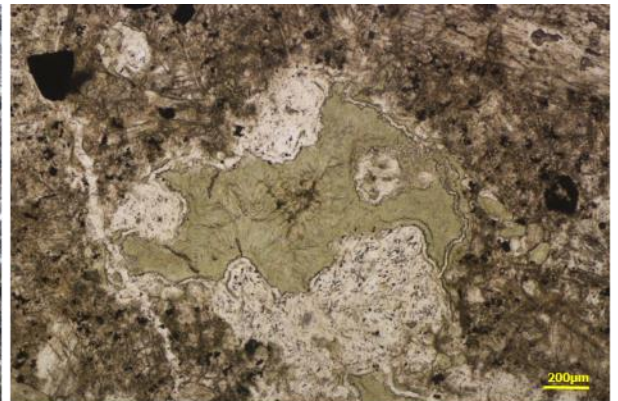
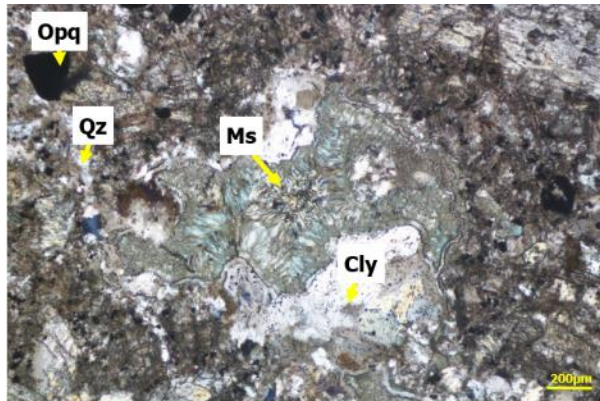
XPL

PPL

Gambar D.9. Fotomikrograf sampel BLM084 yang memperlihatkan kehadiran plagioklas, piroksen, kuarsa, klorit, epidot, mineral lempung, serisit, muskovit, dan mineral opak

No Stasiun : BLM092		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Kode Sampel (Sample ID)		: BLM092
Jenis Sampel (Sample type)		: Batuan teralterasi
Tipe Alterasi (Alteration type)		: Argillik
Mikroskopis (Microscopic) :		
Kenampakan mikroskopis batuan ini berwarna coklat kehijauan pada nikol sejajar dan berwarna putih abu-abu kehijauan pada nikol silang. Batuan ini telah teralterasi 90% dengan ukuran mineral <0,2 – 0,8 mm, mineral alterasi terdiri atas mineral kuarsa, muskovit, klorit, epidot, dan mineral lempung.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy Of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (%)	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Plagioklas (Pl)	15	Warna absorpsi coklat keabu-abuan, warna interferensi abu-abu kehitaman, pecahan tidak rata, belahan dua arah, sudut gelap 13°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,2 – 0,6 mm.
Mineral Lempung (Cly)	20	Warna absorpsi putih kecoklatan, warna interferensi putih keabu-abuan, ukuran butir halus, relief sedang, intensitas sedang, tidak memiliki pleokroisme, sudut gelap 26°, ukuran mineral <0,6 mm
Kuarsa (Qtz)	20	Warna absorpsi putih, warna interferensi putih keabu-abuan, berbentuk urat (<i>vein</i>) pecahan tidak ada, belahan tidak ada, pleokroisme monokroik, intensitas sedang-kuat, relief sedang-tinggi, sudut gelap 4°, indeks bias $n_{\text{mineral}} > n_{\text{cb}}$, ukuran mineral 0,2 – 0,8 mm.
Muskovit (Ms)	20	Warna absorpsi coklat kehijauan, warna interferensi hijau kebiruan, pecahan tidak jelas, belahan tidak jelas, sudut gelap 25°, intensitas lemah, relief rendah, pleokroisme monokroik, ukuran 0,8 mm.
Klorit (Chl)	10	Warna absorpsi hijau kecoklatan, warna interferensi hijau kebiruan, pecahan tidak rata, belahan tidak jelas, pleokroisme monokroik, intensitas rendah, relief lemah, sudut gelap 17°, ukuran mineral <0,8 mm.
Epidot (Ep)	10	Warna absorpsi putih kecoklatan, warna interferensi biru keunguan, pecahan tidak jelas, belahan tidak jelas, sudut gelap 7°, intensitas sedang, relief sedang, pleokroisme monokroik, ukuran 0,01 – 0,2 mm.
Mineral Opak (Opq)	5	Warna absorpsi dan interferensi hitam, pleokroisme monokroik, ukuran 0,05 mm.

Foto :



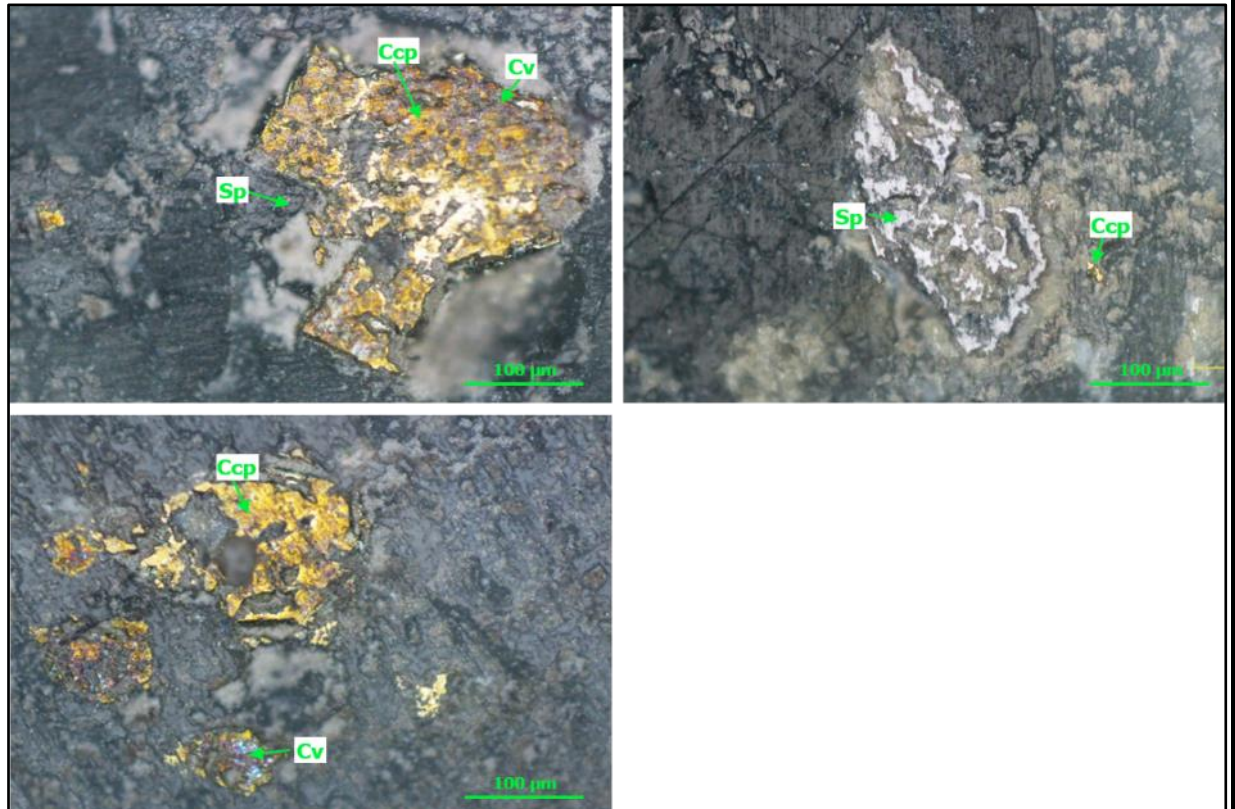
XPL

PPL

Gambar D.10. Fotomikrograf sampel BLM092 yang memperlihatkan kehadiran plagioklas, muskovit, mineral lempung, klorit, epidot, dan mineral opak.

No Sampel : BLM001		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah		
Mineral Bijih : Kalkopirit, Kovelit, Sfalerit		
Referensi : Marshall <i>et al.</i> (2004)		
Deskripsi Mineralogi Bijih (<i>Ore Mineralogy Description</i>)		
Komposisi Mineral <i>Competition of Mineral</i>	Simbol	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning cerah, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,1 - 0,3 mm.
Kovelit	Cv	Warna biru keunguan, bentuk subhedral-anhedral, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,01 – 0,1 mm.
Sfalerit	Sp	Warna abu-abu, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran 0,01-0,3 mm.

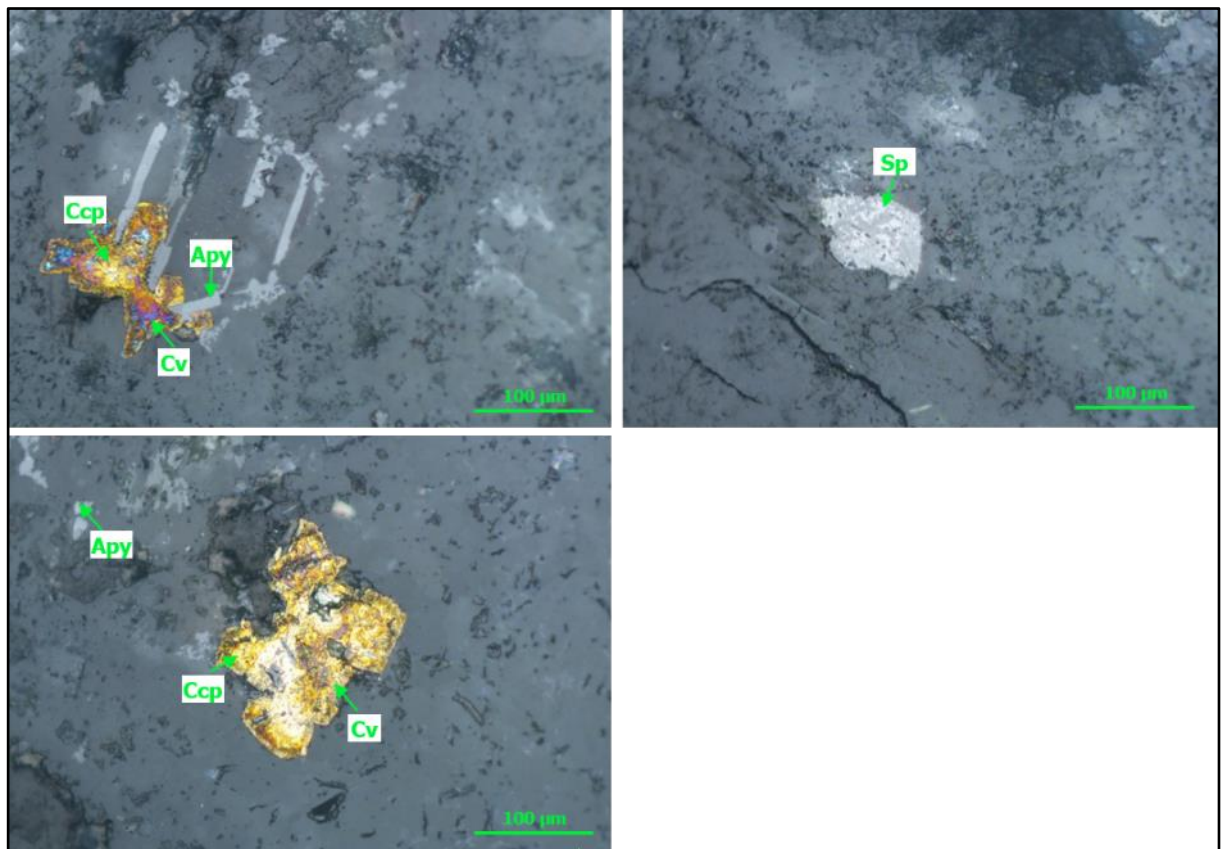
Foto :



Gambar E.1. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih kalkopirit, kovelit dan sfalerit pada sampel BLM001 melalui pengamatan mineragrafi.

No Sampel : BLM005		
Lokasi : Pit X PT TTN		
Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah		
Mineral Bijih : Kalkopirit, Kovelit, Sfalerit, Arsenopirit		
Referensi : Marshall <i>et al.</i> (2004)		
Deskripsi Mineralogi Bijih (Ore Mineralogy Description)		
Komposisi Mineral <i>Competition of Mineral</i>	Simbol	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning terang, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,1 - 0,3 mm.
Kovelit	Cv	Warna biru keunguan, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,02-0,03-0,05 mm.
Sfalerit	Sp	Warna putih keabu-abuan, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran 0,03-0,1 mm.
Arsenopirit	Apy	Warna abu-abu terang, bentuk euhedral-subhedral, anisotropik kuat, tidak ada pleukorisme, ukuran 0,03-0,2 mm

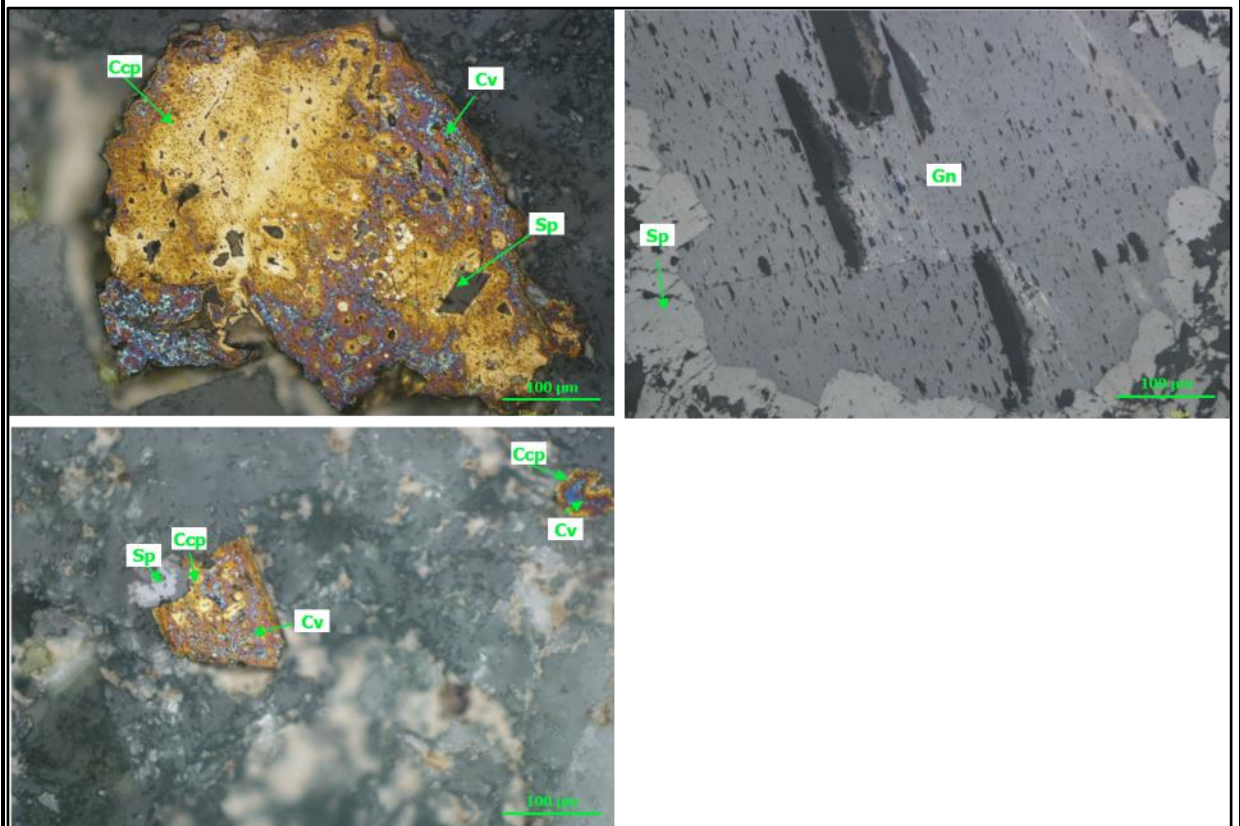
Foto :



Gambar E.2. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih pirit, kalkopirit, kovelit, sfalerit, dan arsenopirit pada sampel BLM005 melalui pengamatan mineragrafi.

No Sampel : BLM007		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah		
Mineral Bijih : Kalkopirit, Kovelit, Sfalerit, Pirit		
Referensi : Marshall <i>et al.</i> (2004)		
Deskripsi Mineralogi Bijih (<i>Ore Mineralogy Description</i>)		
Komposisi Mineral <i>Compositon of Mineral</i>	Simbol	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,1 - 0,3 mm.
Sfalerit	Sp	Warna abu-abu cerah, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran 0,07-0,4 mm.
Galena	Gn	Warna abu-abu, bentuk euhedral-subhedral, terdapat <i>triangular pit</i> , anisotropik, tidak memiliki pleokroisme, ukuran mineral 0,7 mm.
Kovelit	Cv	Warna biru sampai ungu, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,1-0,3 mm.

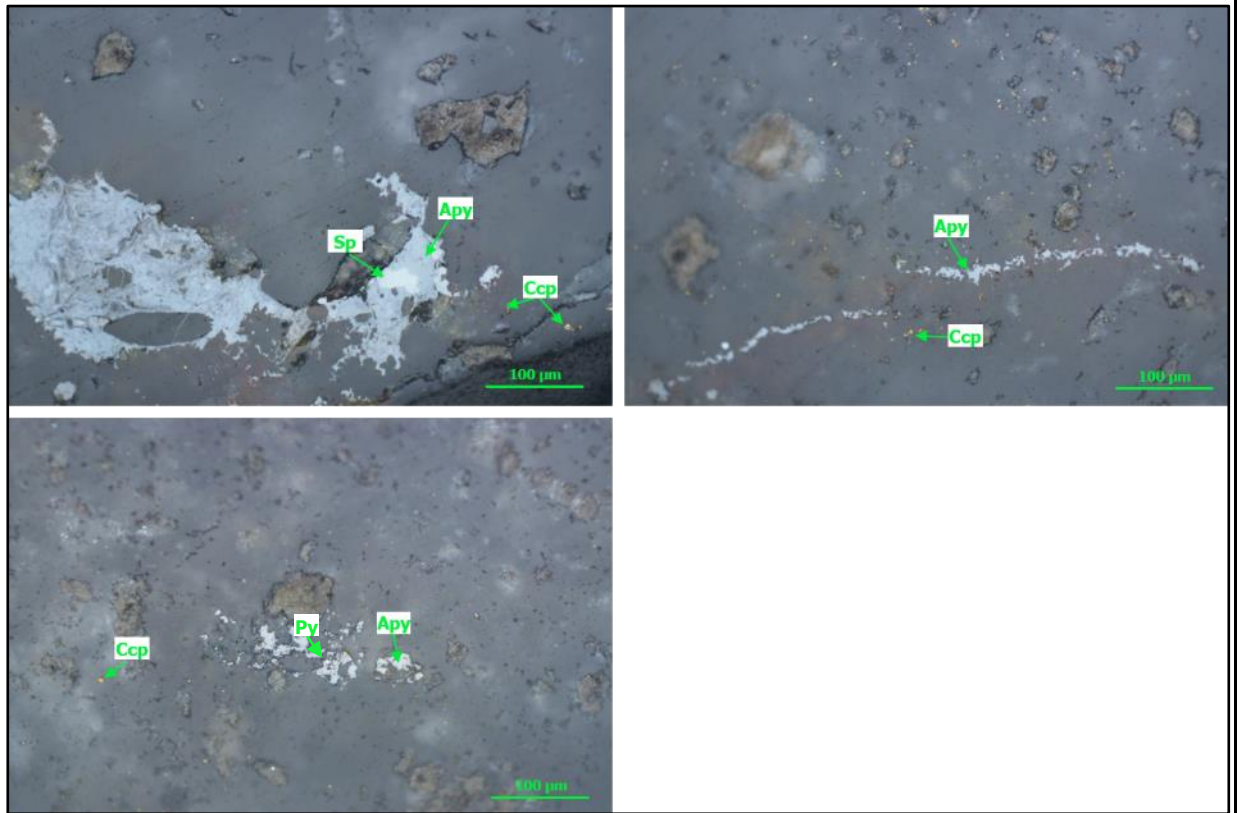
Foto :



Gambar E.3. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih kalkopirit, galena, sfalerit, dan kovelit pada sampel BLM007 melalui pengamatan mineragrafi.

No Sampel : BLM012		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah		
Mineral Bijih : Kalkopirit, Arsenopirit, Sfalerit, Pirit		
Referensi : Marshall et al. (2004)		
Deskripsi Mineralogi Bijih (Ore Mineralogy Description)		
Komposisi Mineral Competition of Mineral	Simbol	Keterangan optik mineral Description of Optical Mineralogy
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning cerah, bentuk subhedral-anhedral, aistotropik, tidak ada pleokroisme, <i>disseminated</i> , ukuran mineral 0,01 mm.
Arsenopirit	Apy	Warna abu-abu kebiruan, bentuk subhedral, anisotropik kuat, tidak ada pleukorisme, berbentuk urat, ukuran 0,1-0,9 mm
Sfalerit	Sp	Warna abu-abu keputihan, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran 0,03-0,05 mm.
Pirit	Py	Warna kuning pucat, bentuk euhedral-subhedral, isotropik, tidak memiliki pleokroisme, ukuran mineral 0,01 mm.

Foto



Gambar E.4. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih kalkopirit, arsenopirit, sfalerit dan pirit pada sampel BLM012 melalui pengamatan mineragrafi.

No Sampel : BLM014
Lokasi : Pit X, PT TTN

Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah

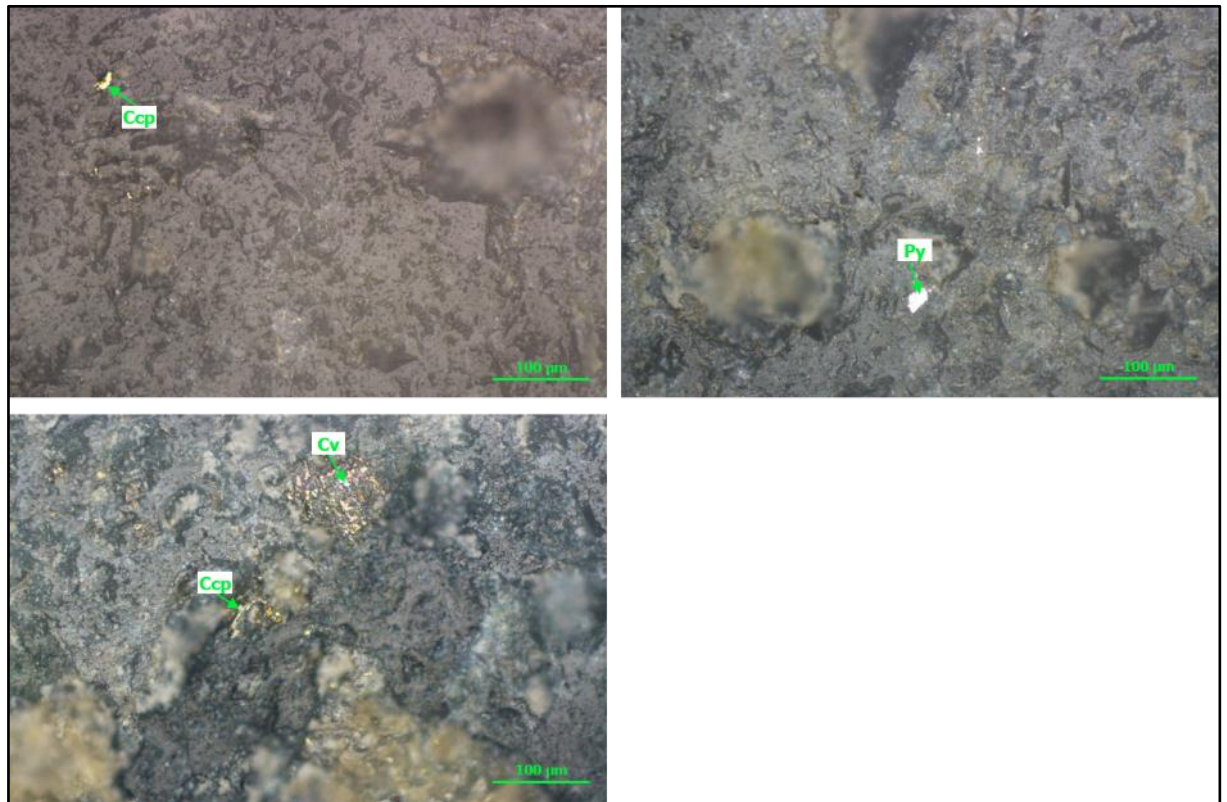
Mineral Bijih : Kalkopirit, Pirit, Covelit

Referensi : Marshall *et al.* (2004)

Deskripsi Mineralogi Bijih (Ore Mineralogy Description)

Komposisi Mineral <i>Compositon of Mineral</i>	Simbol	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning cerah, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, <i>disseminated</i> , ukuran mineral 0,01-0,1 mm.
Pirit	Py	Warna kuning pucat, bentuk euhedral-subhedral, isotropik, tidak memiliki pleokroisme, ukuran mineral 0,05 mm.
Kovelit	Cv	Warna biru keunguan, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,1 mm.

Foto :



Gambar E.5. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih kalkopirit, kovelit, arsenopirit, pirit, dan sfalerit pada sampel BLM014 melalui pengamatan mineragrafi.

No Sampel : BLM019
Lokasi : Pit X, PT TTN

Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah

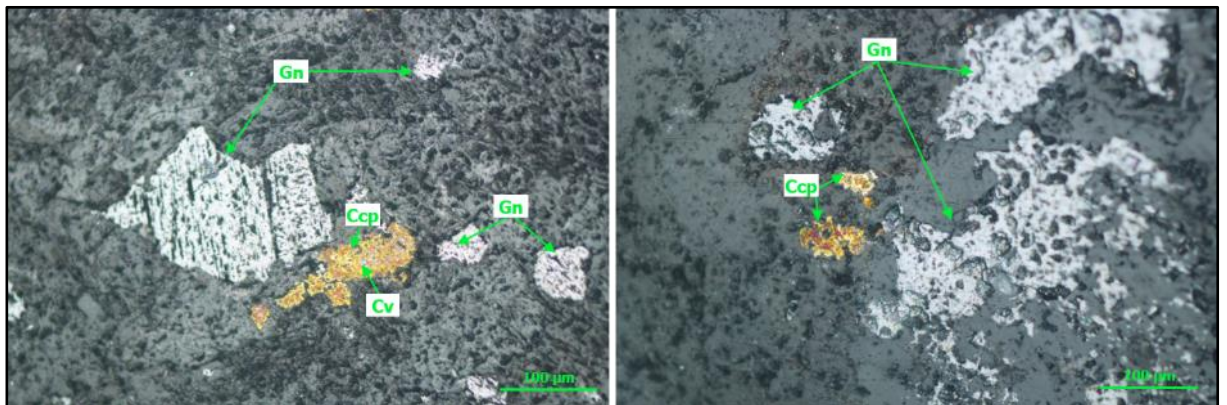
Mineral Bijih : Galena, Kovelit, Kalkopirit.

Referensi : Marshall *et al.* (2004)

Deskripsi Mineralogi Bijih (*Ore Mineralogy Description*)

Komposisi Mineral <i>Compositon of Mineral</i>	Simbol	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Galena	Gn	Warna putih keabu-abuan, bentuk euhedral-subhedral, terdapat striasi, anisotropik, tidak memiliki pleokroisme, ukuran mineral 0,05-0,3 mm.
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning cerah, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,03-0,2 mm.
Kovelit	Cv	Warna biru keunguan, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,01-0,03 mm.

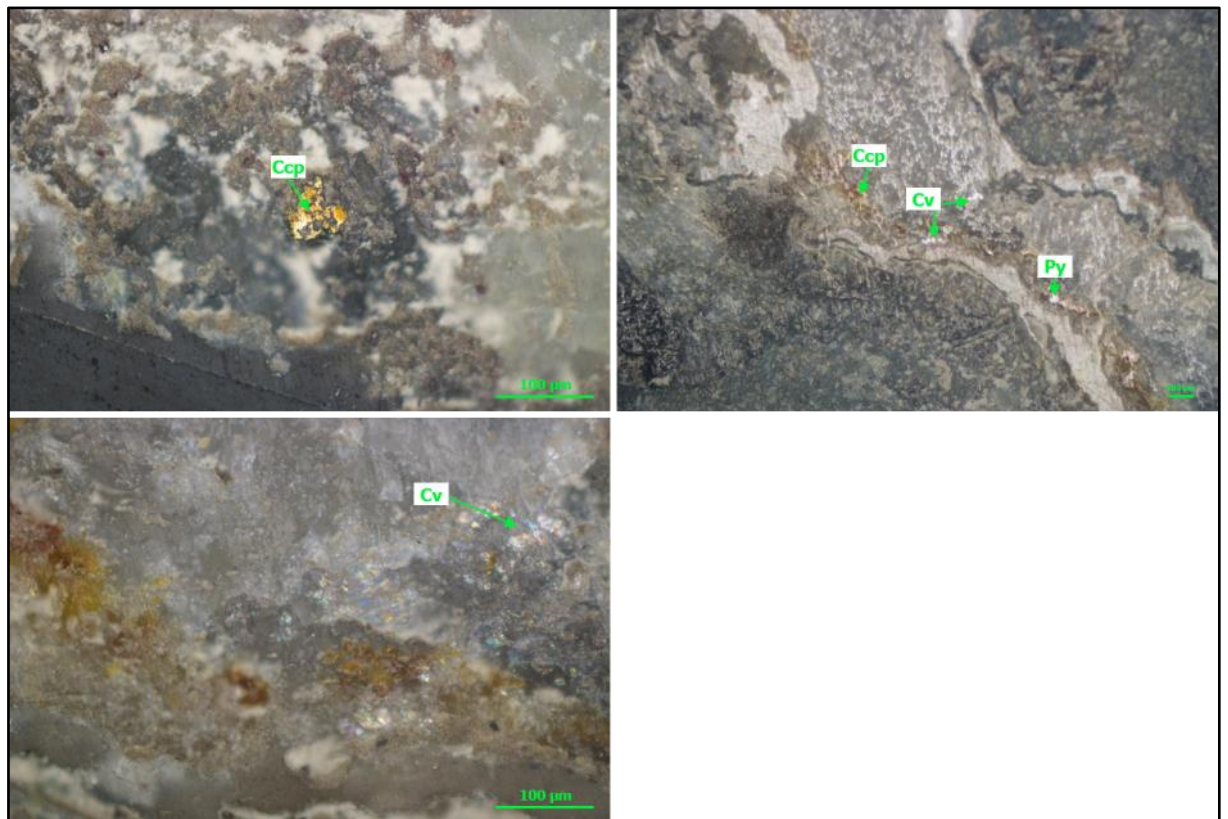
Foto :



Gambar E.6. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih galena, kalkopirit, kovelit dan pirit pada sampel BLM019 melalui pengamatan mineragrafi.

No Sampel : BLM028		
Lokasi : Pit X, PT TTN		
Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah		
Mineral Bijih : Kalkopirit, Kovelit, dan Pirit		
Referensi : Marshall <i>et al.</i> (2004)		
Deskripsi Mineralogi Bijih (<i>Ore Mineralogy Description</i>)		
Komposisi Mineral <i>Compositon of Mineral</i>	Simbol	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning cerah, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,1-0,6 mm.
Kovelit	Cv	Warna biru keunguan, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,01-0,1 mm.
Pirit	Py	Warna kuning pucat, bentuk euhedral-subhedral, isotropik, tidak memiliki pleokroisme, ukuran mineral 0,01 mm.

Foto :



Gambar E.7. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih kalkopirit, kovelit dan pirit pada sampel BLM028 melalui pengamatan mineragrafi.

No Sampel : BLM037
Lokasi : Pit X, PT TTN

Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah

Mineral Bijih : Galena, Kovelit, Kalkopirit, Pirit

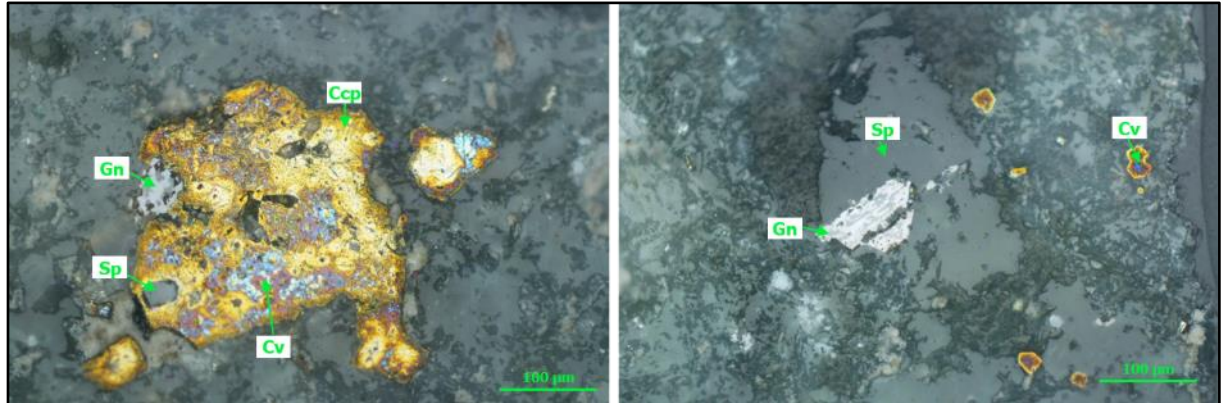
Referensi : Marshall *et al.* (2004)

Deskripsi Mineralogi Bijih (Ore Mineralogy Description)

Komposisi Mineral <i>Compositon of Mineral</i>	Simbol	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning cerah, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,03-0,3 mm.
Galena	Gn	Warna putih keabu-abuan, bentuk euhedral-subhedral,, anisotropik, tidak memiliki pleokroisme, ukuran mineral 0,04-0,1 mm.

Kovelit	Cv	Warna biru sampai ungu, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,01-0,2 mm.
Sfalerit	Sp	Warna abu-abu gelap, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran 0,05-0,4 mm.

Foto :



Gambar E.8. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih kalkopirit, galena, kovelit, dan sfalerit pada sampel BLM037 melalui pengamatan mineragrafi.

No Sampel : BLM084
Lokasi : Pit X, PT TTN

Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah

Mineral Bijih : Kalkopirit, Arsenopirit, Galena, dan Kovelit

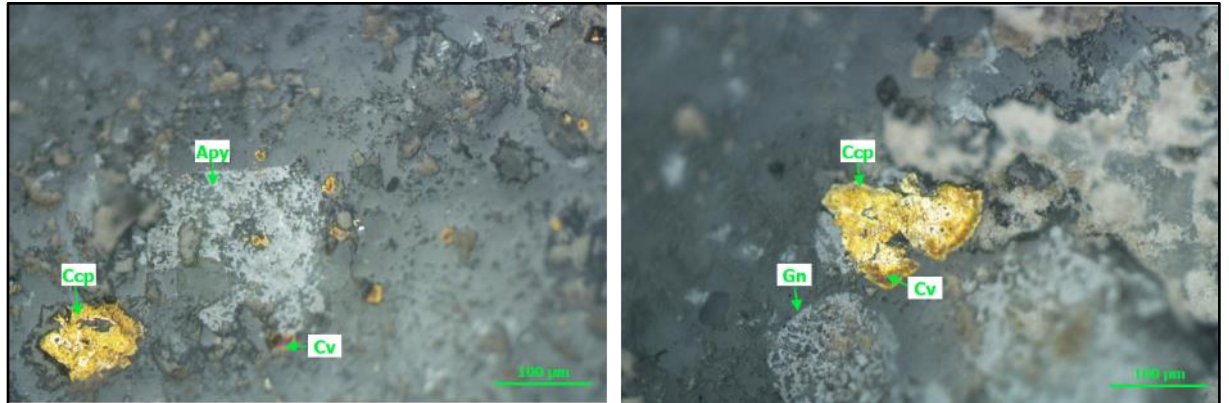
Referensi : Marshall *et al.* (2004)

Deskripsi Mineralogi Bijih (Ore Mineralogy Description)

Komposisi Mineral <i>Competition of Mineral</i>	Simbol	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning cerah, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,1-0,3 mm.
Arsenopirit	Apy	Warna abu-abu terang, bentuk euhedral-subhedral, anisotropik kuat, tidak ada pleukorisme, ukuran 0,01-0,3 mm

Galena	Gn	Warna abu-abu terang, bentuk euhedral-subhedral, terdapat <i>triangular pit</i> , anisotropik, tidak memiliki pleokroisme, ukuran mineral 0,05-0,3 mm.
Kovelit	Cv	Warna biru keunguan, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,04-0,2 mm.

Foto :



Gambar E.9. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih kalkopirit, galena, arsenopirit, dan kovelit pada sampel BLM084 melalui pengamatan mineragrafi.

No Sampel : BLM0092
Lokasi : Pit X, PT TTN

Tipe Mineralisasi : Epitermal Sulfidasi Rendah

Mineral Bijih : Kalkopirit, Galena, dan Kovelit

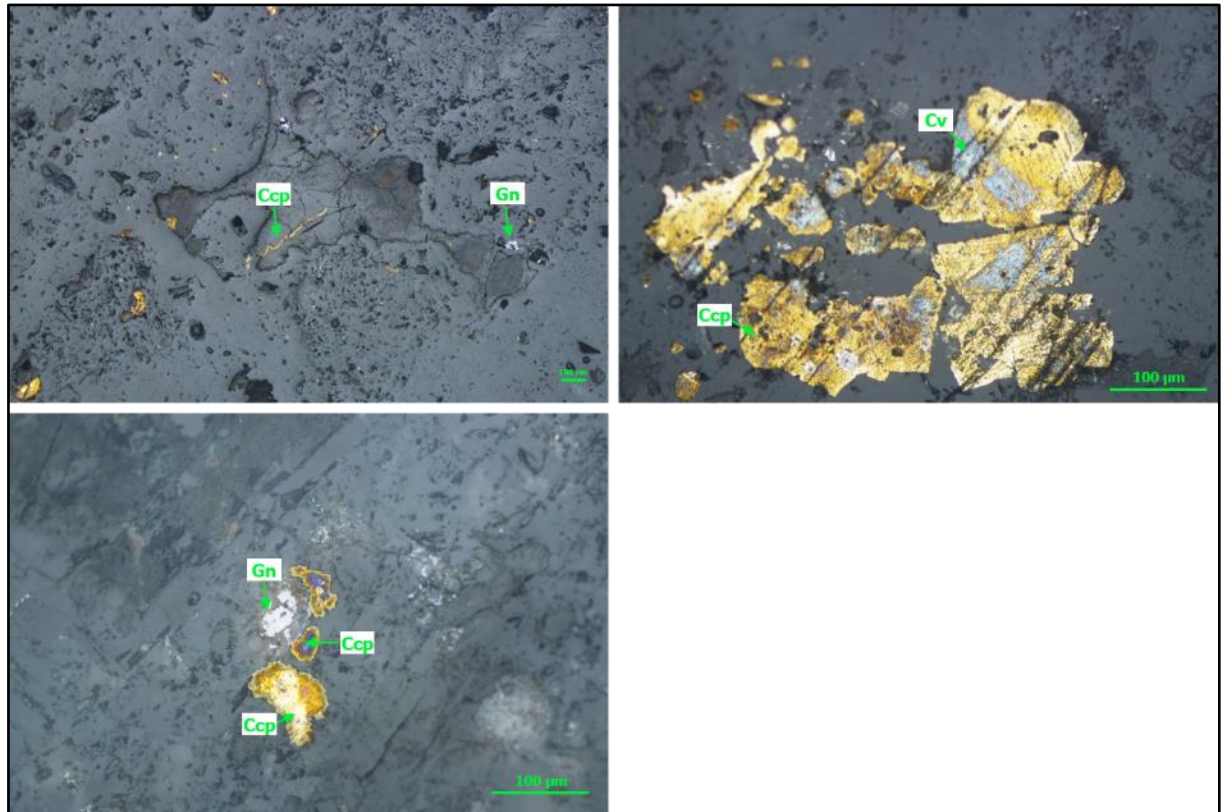
Referensi : Marshall *et al.* (2004)

Deskripsi Mineralogi Bijih (*Ore Mineralogy Description*)

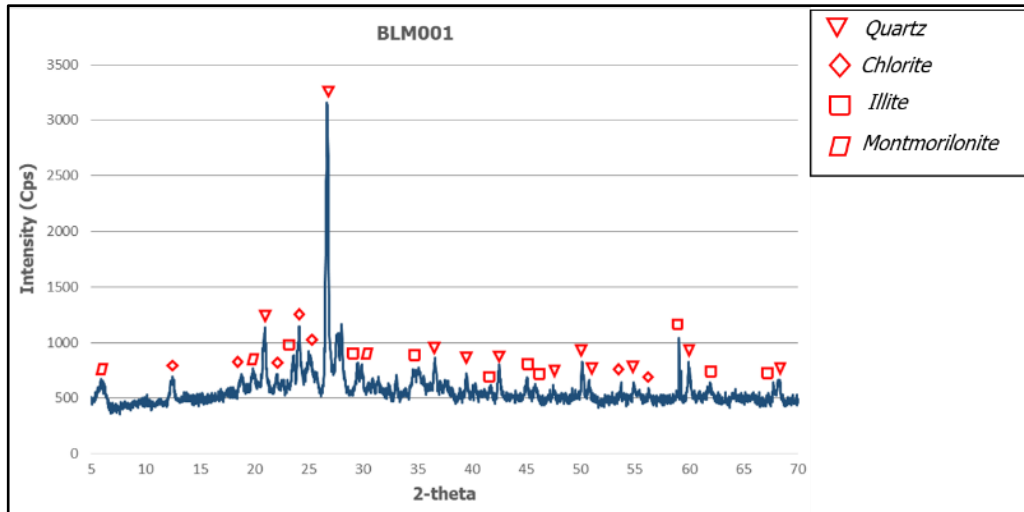
Komposisi Mineral <i>Competition of Mineral</i>	Simbol	Keterangan optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Kalkopirit	Ccp	Warna kuning cerah, bentuk subhedral-anhedral, isotropik, tekstur urat (<i>open space filling</i>), tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,05-0,4 mm.
Galena	Gn	Warna putih keabu-abuan bentuk euhedral-subhedral, anisotropik, tidak memiliki pleokroisme, ukuran mineral 0,05-0,09 mm.

Kovelit	Cv	Warna biru sampai ungu, bentuk subhedral-anhedral, anisotropik, tidak ada pleokroisme, ukuran mineral 0,04-0,1 mm.
----------------	-----------	--

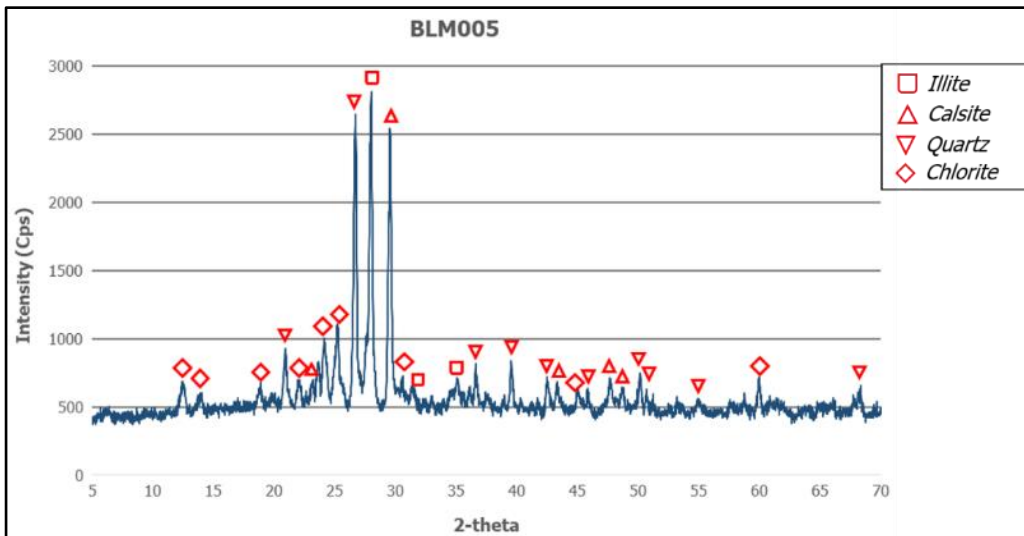
Foto :



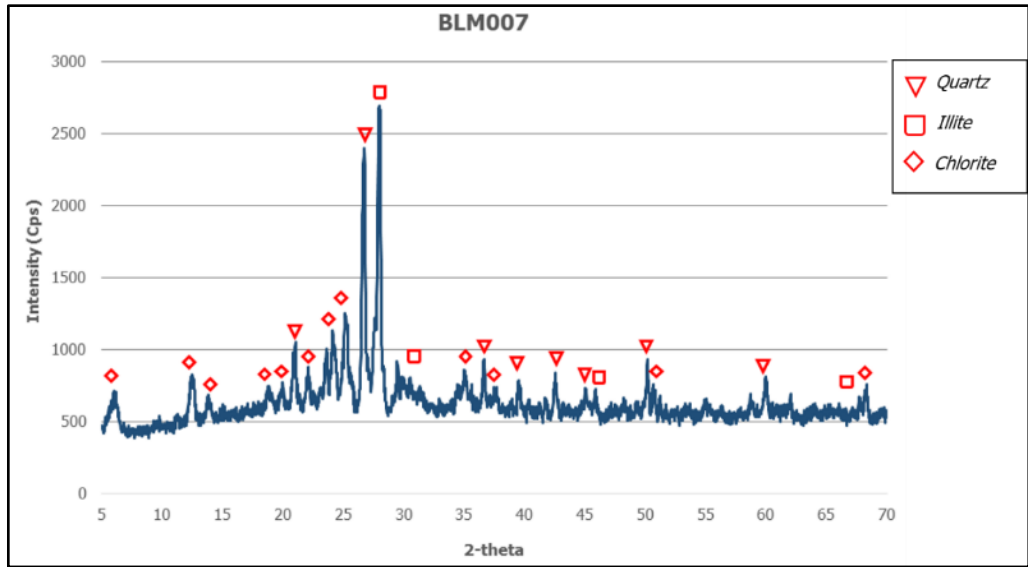
Gambar E.10. Fotomikrograf yang memperlihatkan kehadiran mineral bijih kalkopirit, galena dan kovelit pada sampel BLM092 melalui pengamatan mineragrafi.



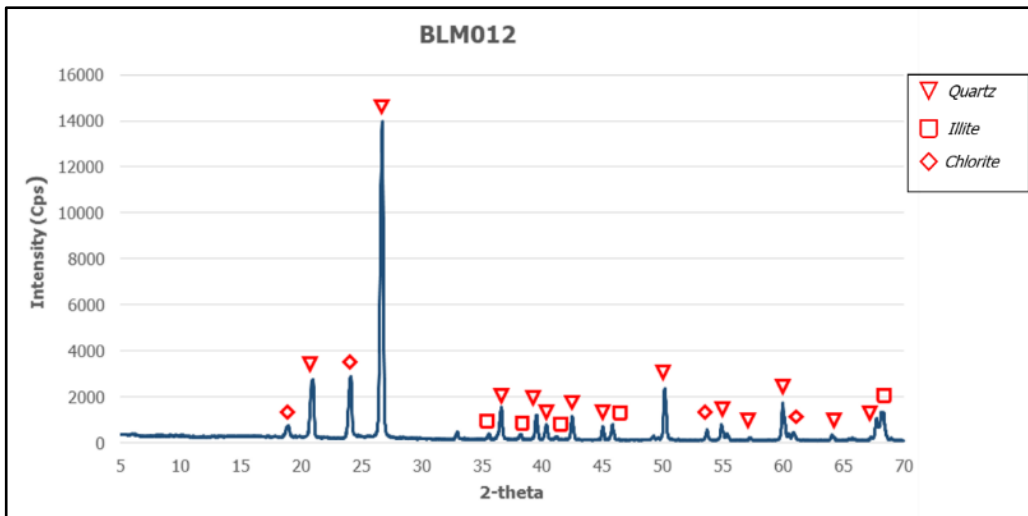
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	62,5
Klorit	21,3
Illit	14,8
Montmorillonit	1,5



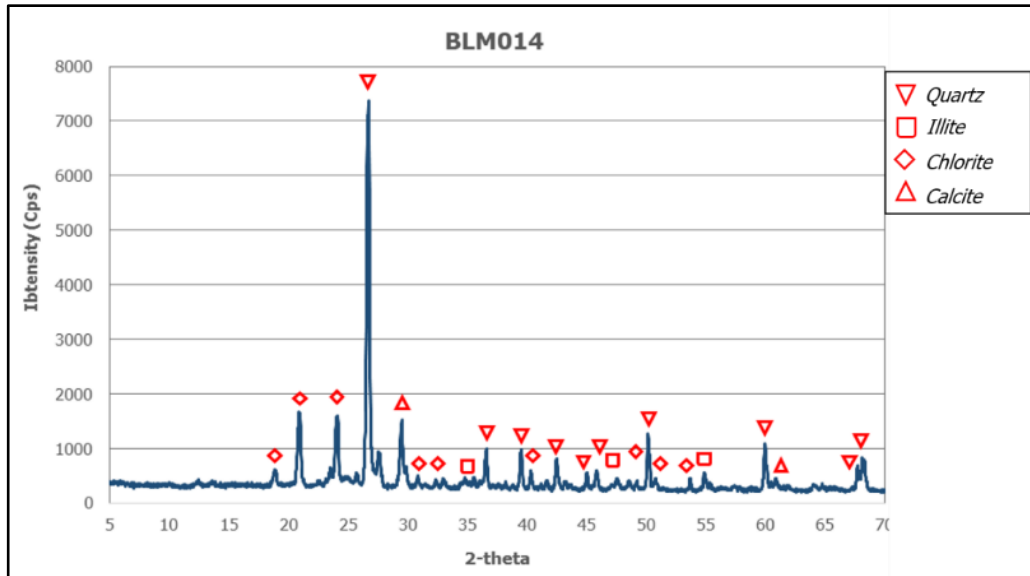
Mineral	Persentase (%)
Illit	35,4
Kalsit	30,9
Kuarsa	26,9
Klorit	6,7



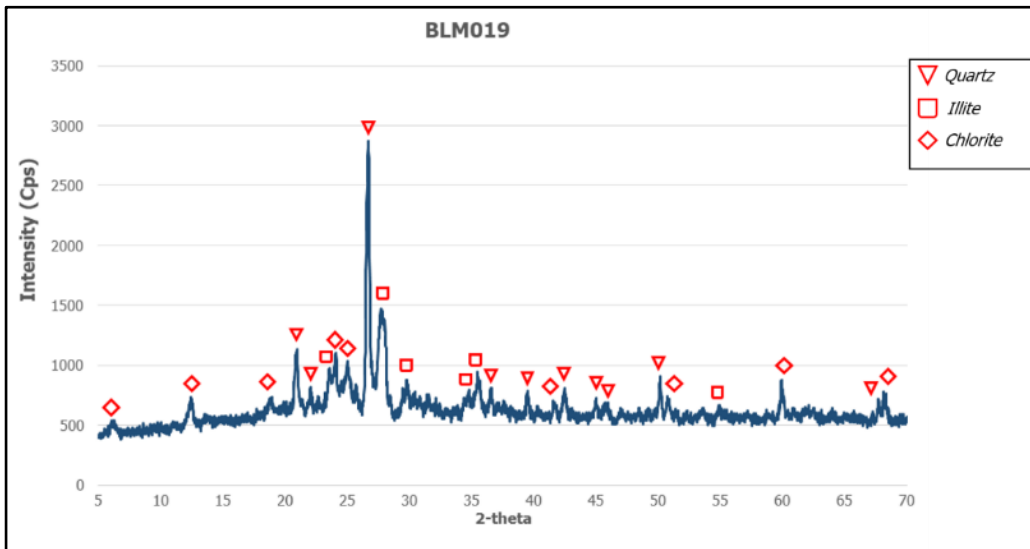
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	43,3
Klorit	30,2
Illit	26,5



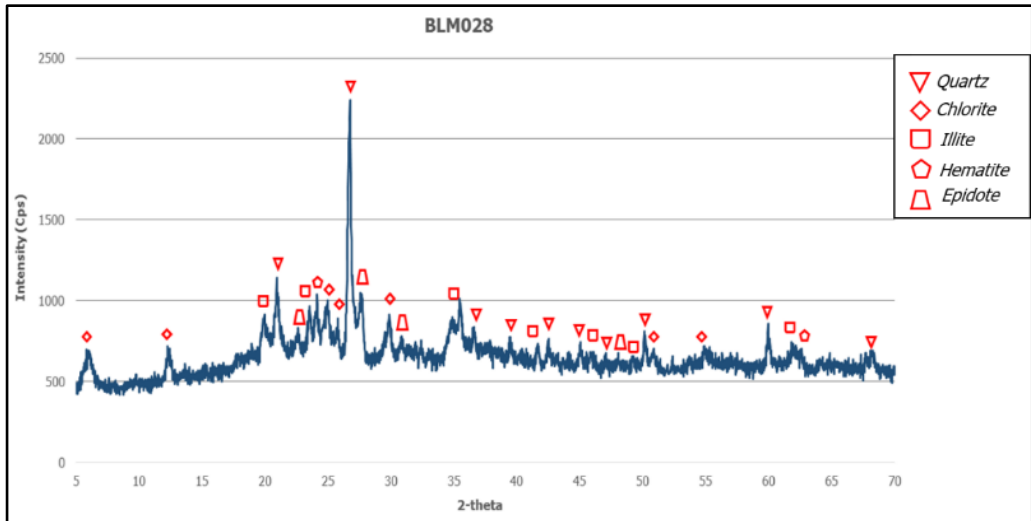
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	85,1
Illit	9,2
Klorit	5,6



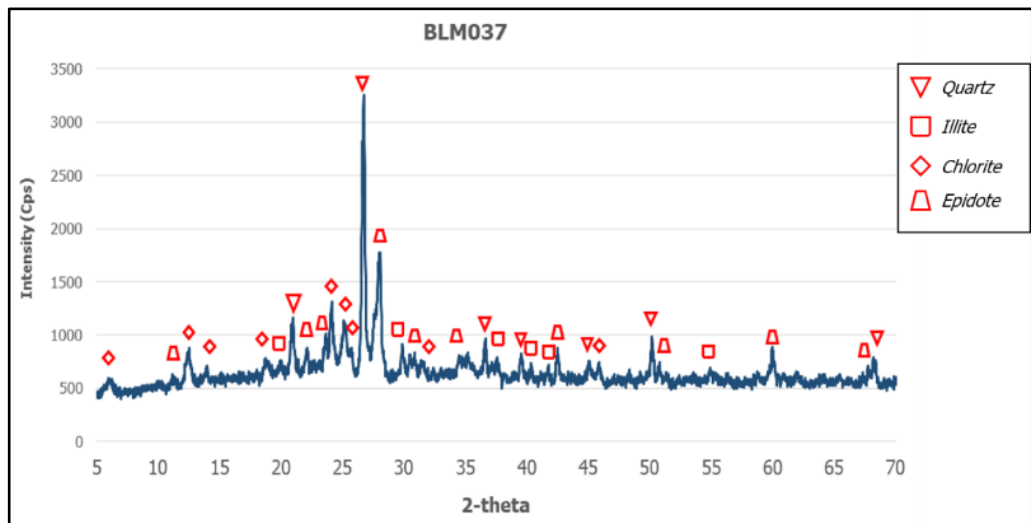
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	68,9
Illit	13,3
Klorit	9,9
Kalsit	7,9



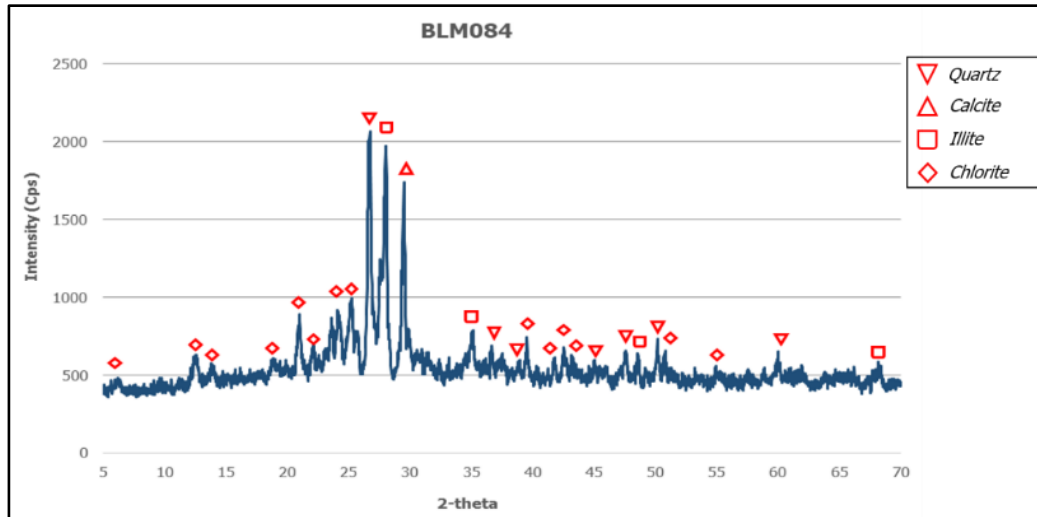
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	50,8
Illit	33,4
Klorit	15,8



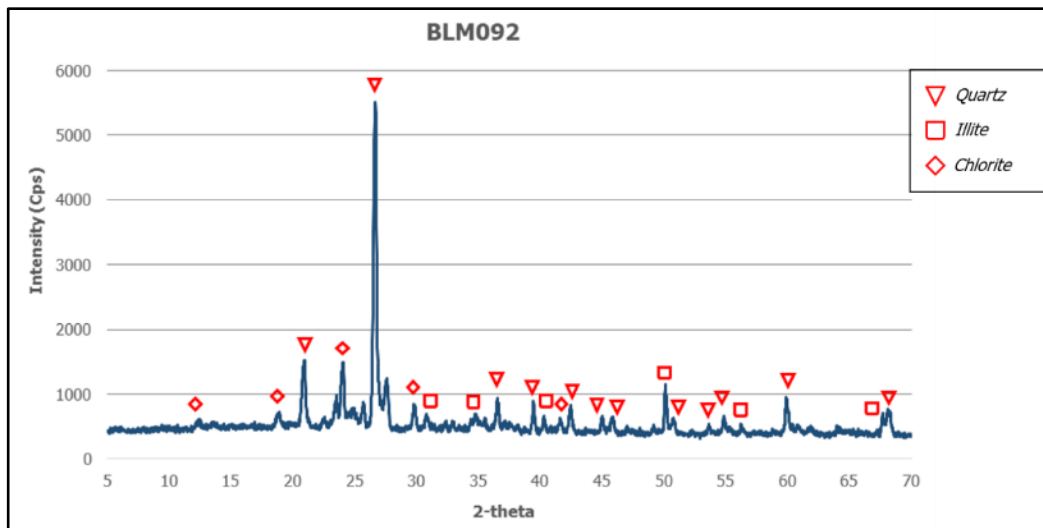
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	50,6
Klorit	27,4
Illit	16,8
Hematit	2,6
Epidot	2,5



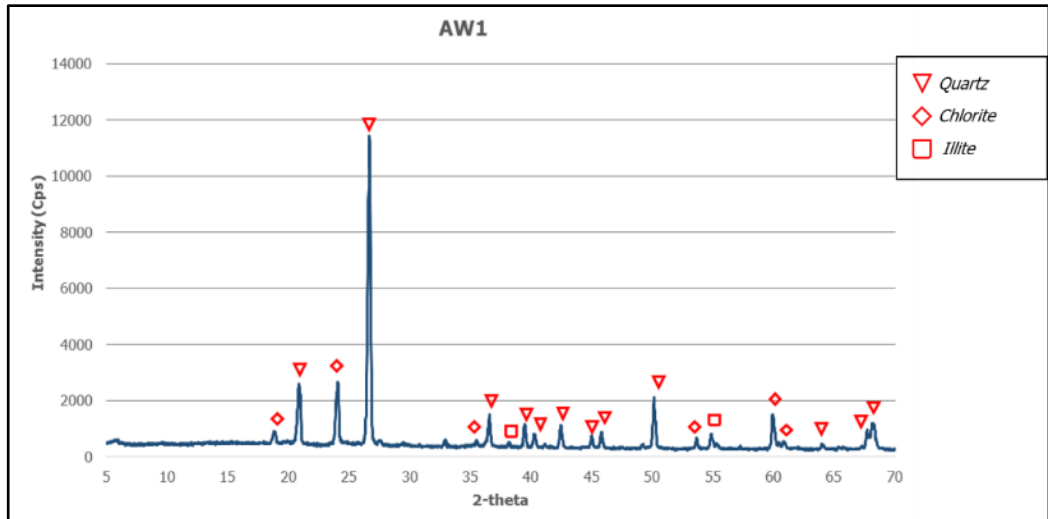
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	48,0
Illit	27,4
Klorit	17,9
Epidot	6,8



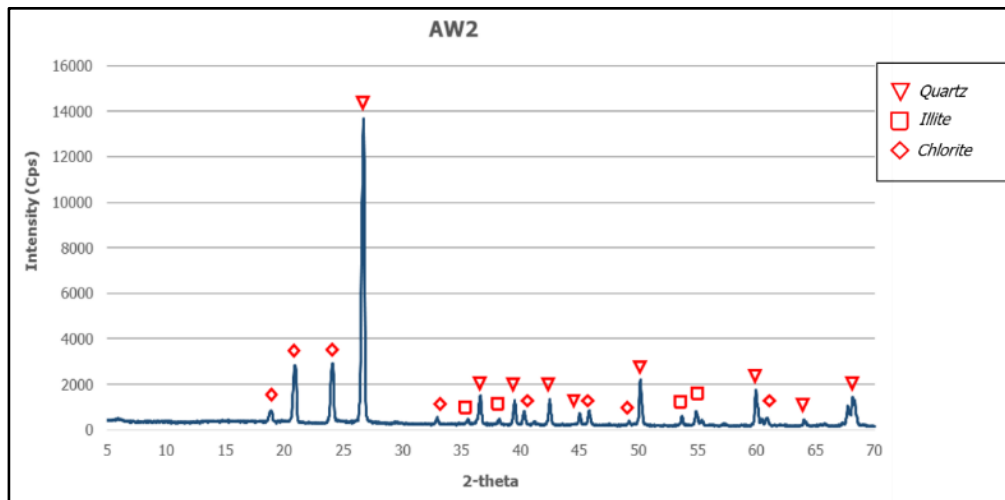
Mineral	Persentase (%)
Illit	31,4
Kuarsa	29,7
Kalsit	22,6
Klorit	16,2



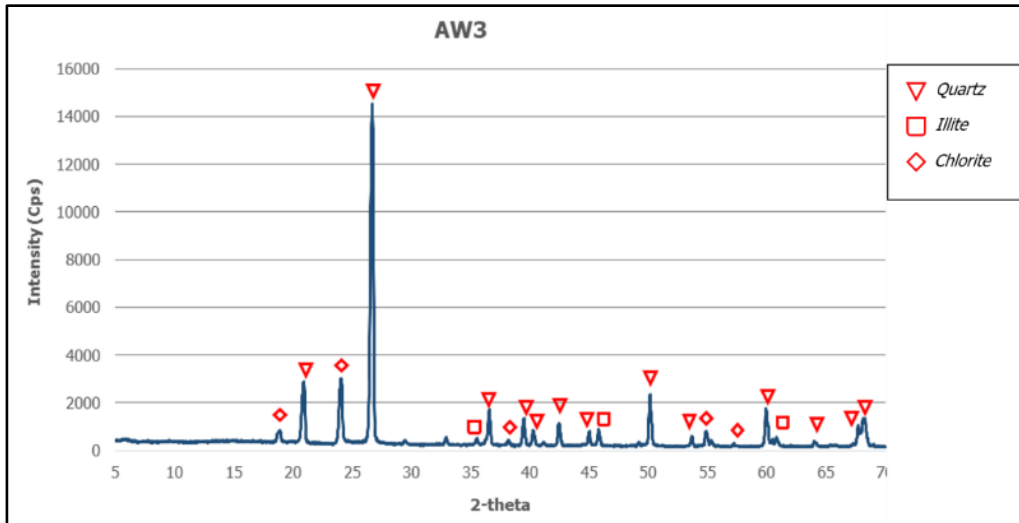
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	70,0
Illit	20,5
Klorit	9,4



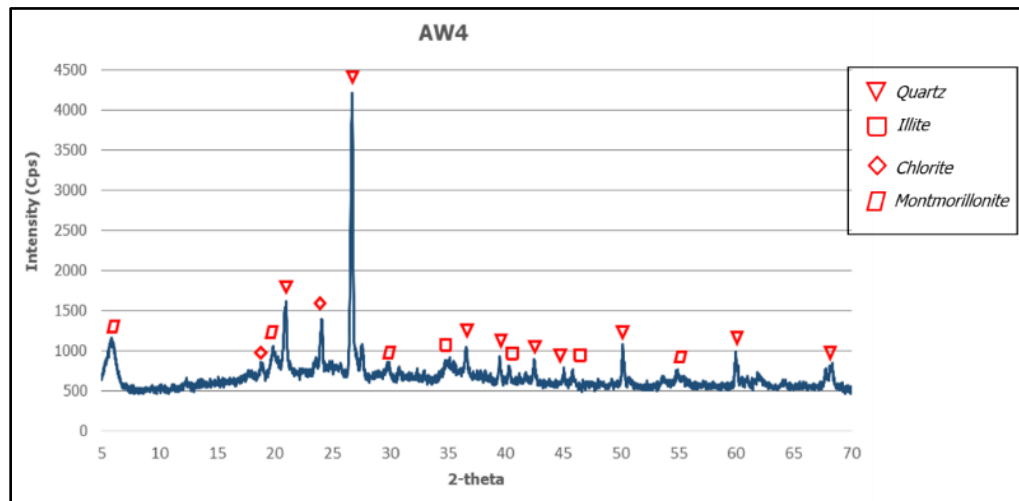
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	90,7
Klorit	4,8
Illit	4,5



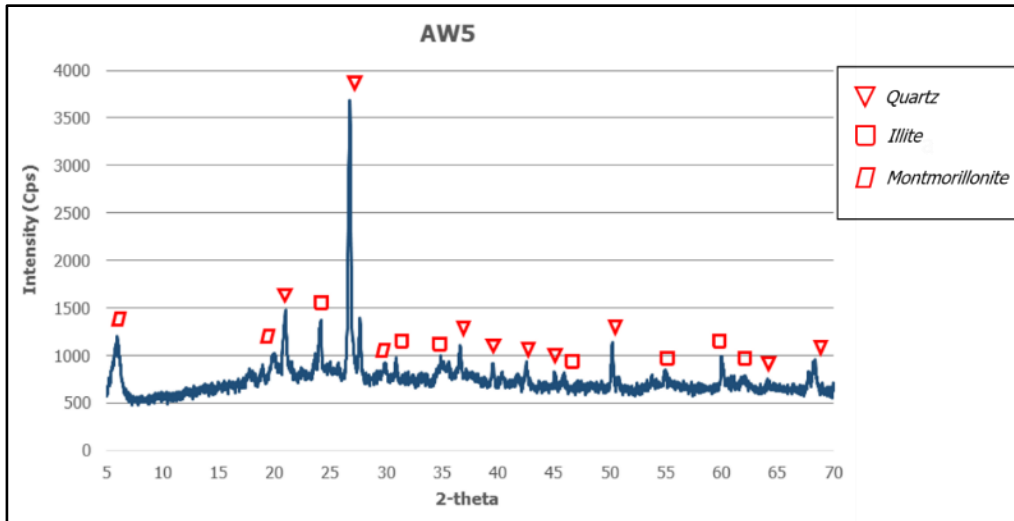
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	70
Illit	21,3
Klorit	8,7



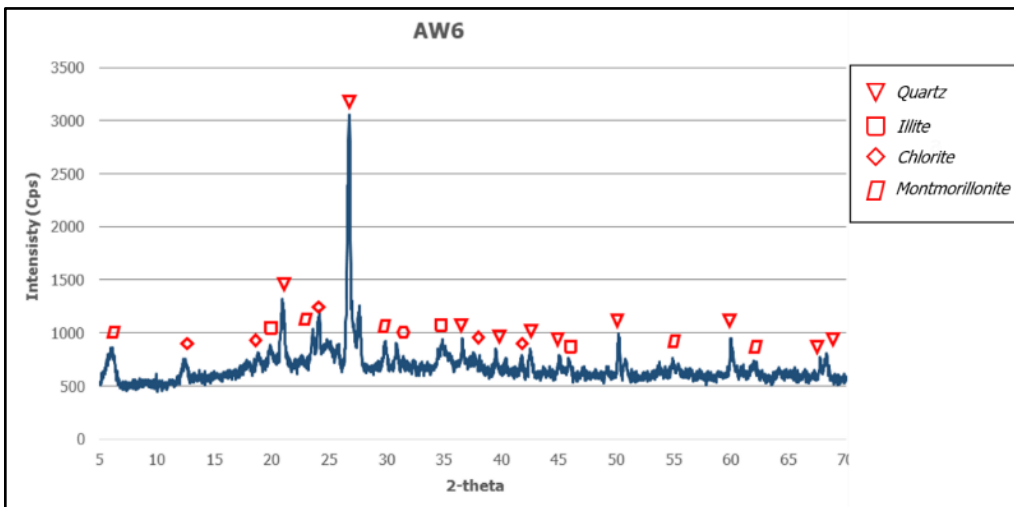
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	87,7
Illit	7,0
Klorit	5,3



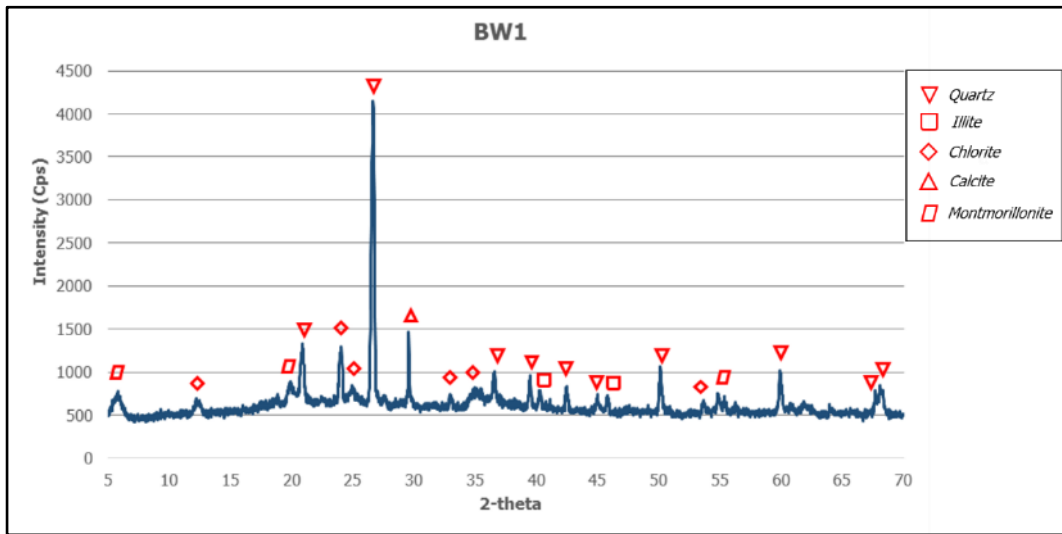
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	57,9
Illit	25,0
Klorit	11,8
Montmorillonit	5,3



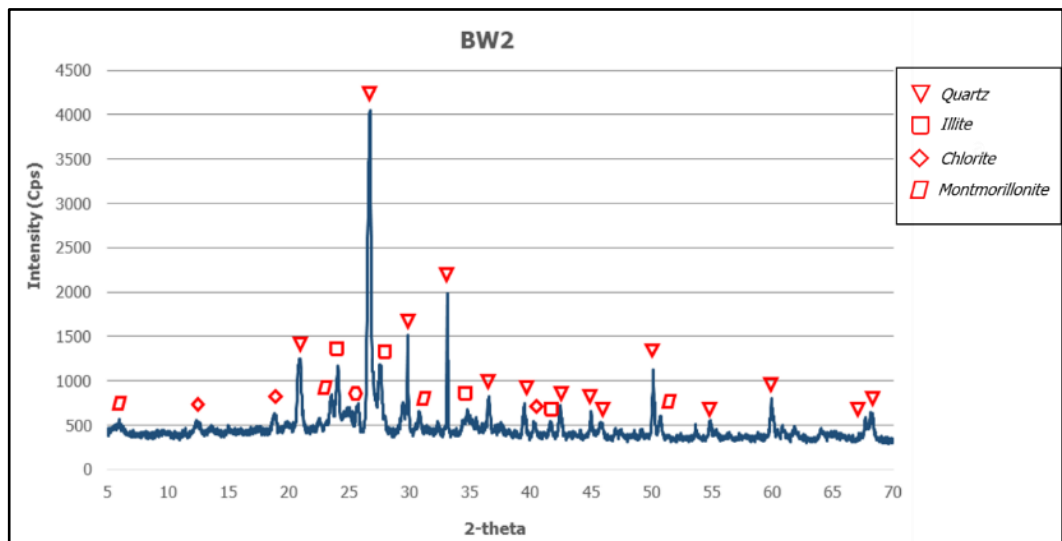
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	67,0
Illit	25,3
Montmorillonit	7,7



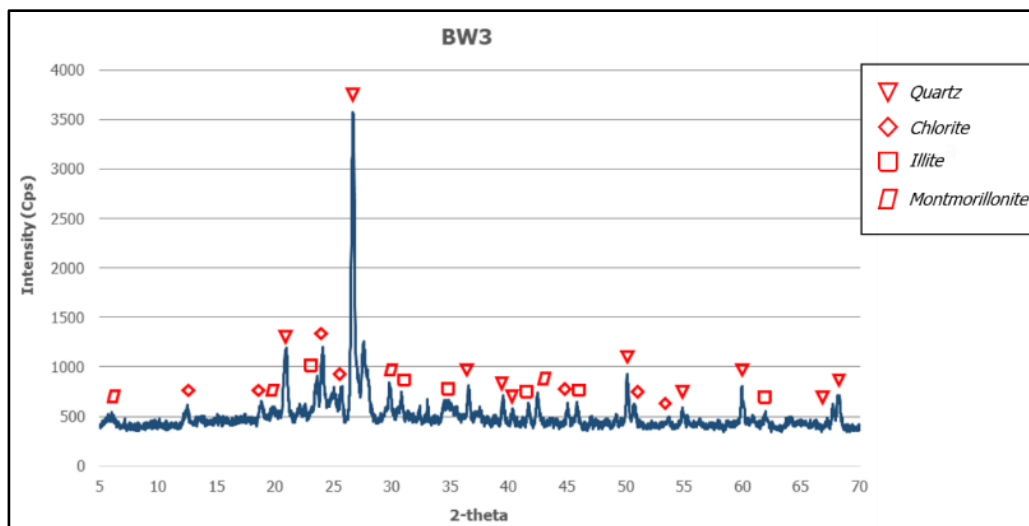
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	52,5
Illit	30,9
Klorit	13,3
Montmorillonit	3,3



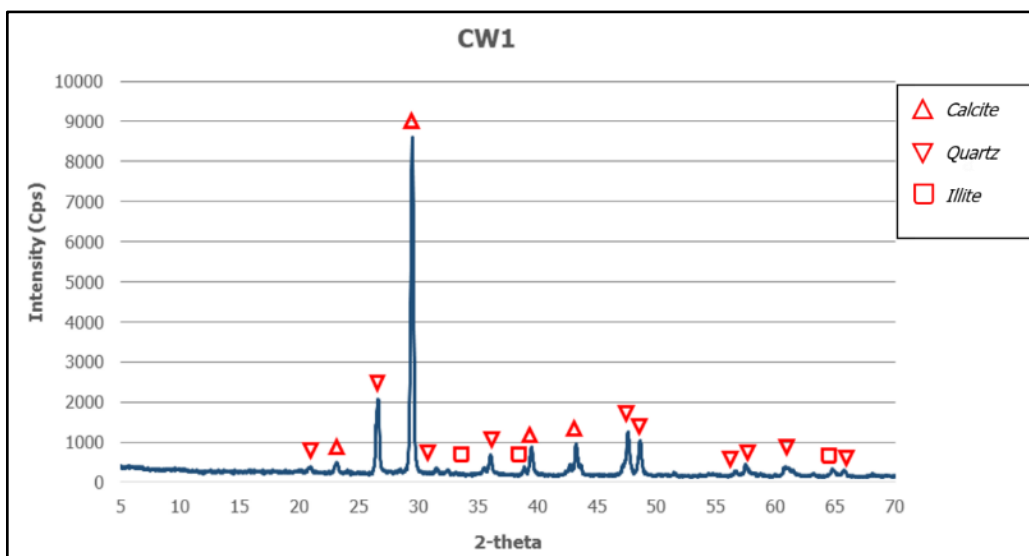
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	68,7
Illit	13,8
Klorit	9,9
Kalsit	5,2
Montmorillonit	2,4



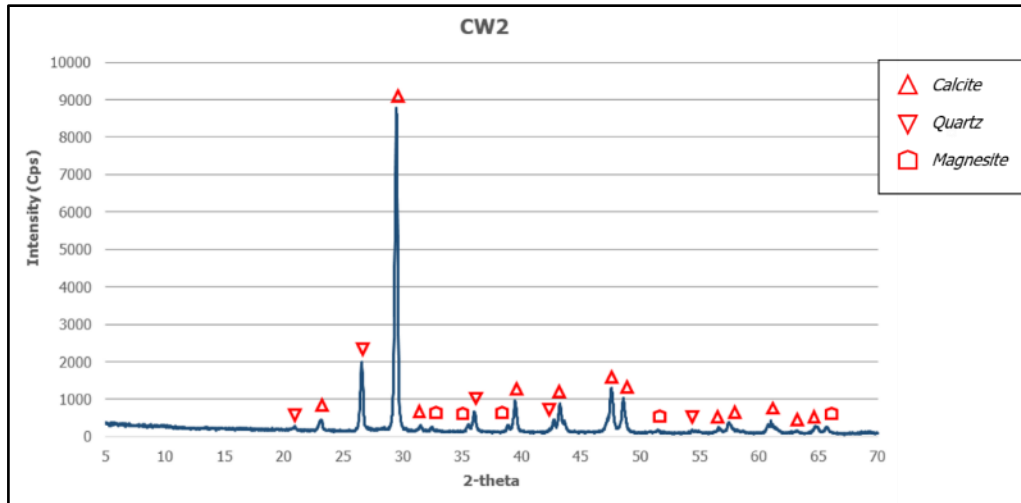
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	67,3
Illit	25,9
Klorit	6,1
Montmorillonit	0,7



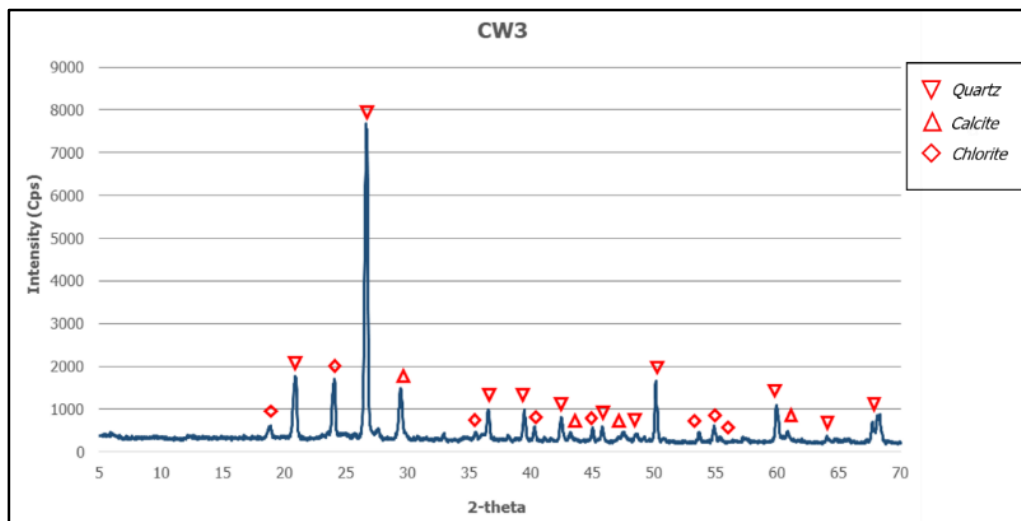
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	75,3
Klorit	12,3
Illit	11,4
Montmorillonit	1,0



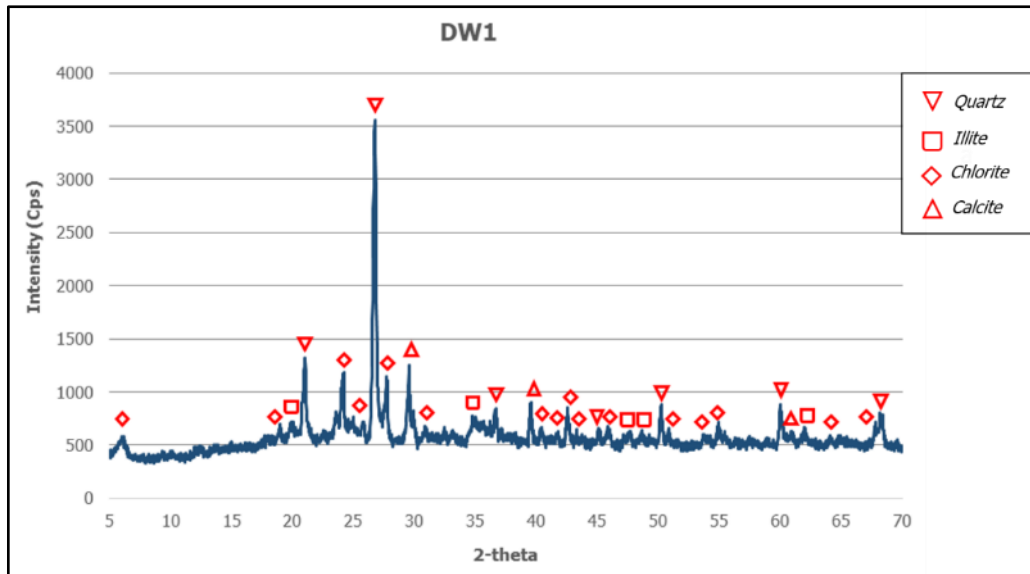
Mineral	Persentase (%)
Illit	86,0
Kuarsa	7,6
Kalsit	6,4



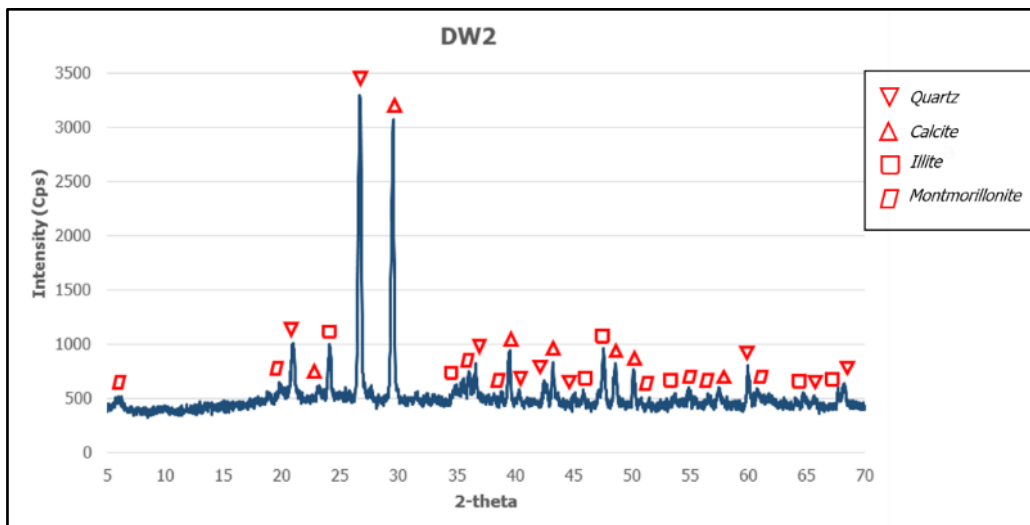
Mineral	Persentase (%)
Kalsit	80,3
Kuarsa	17,1
Magnesit	2,7



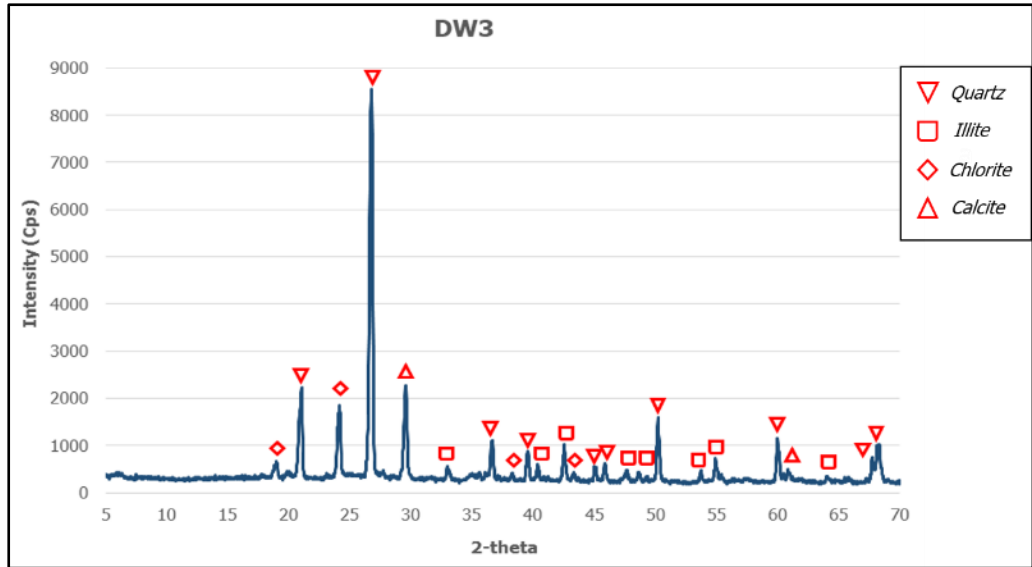
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	82,3
Kalsit	13,8
Klorit	3,9



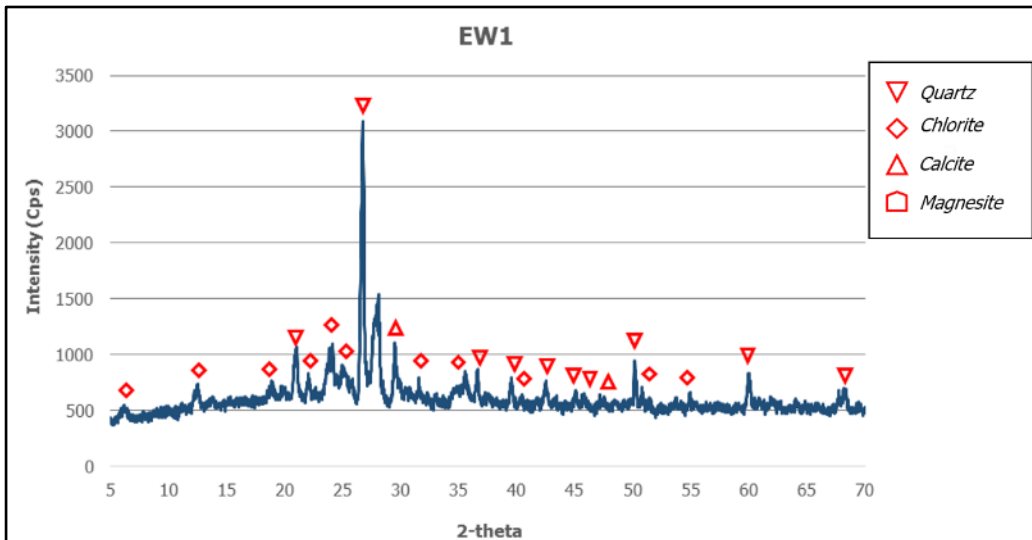
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	56,7
Illit	25
Klorit	12,4
Kalsit	5,9



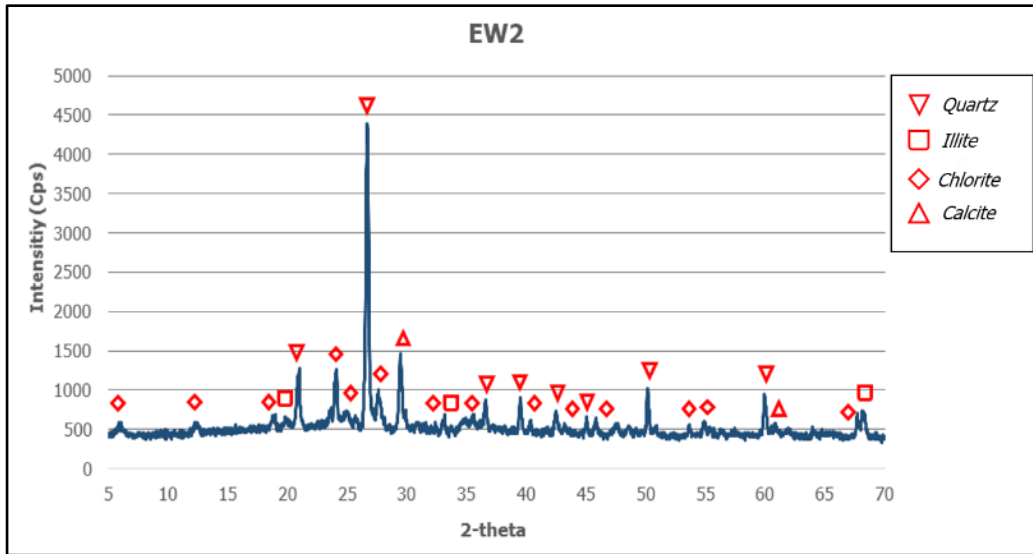
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	56,1
Kalsit	37,2
Illit	5,2
Montmorillonit	1,5



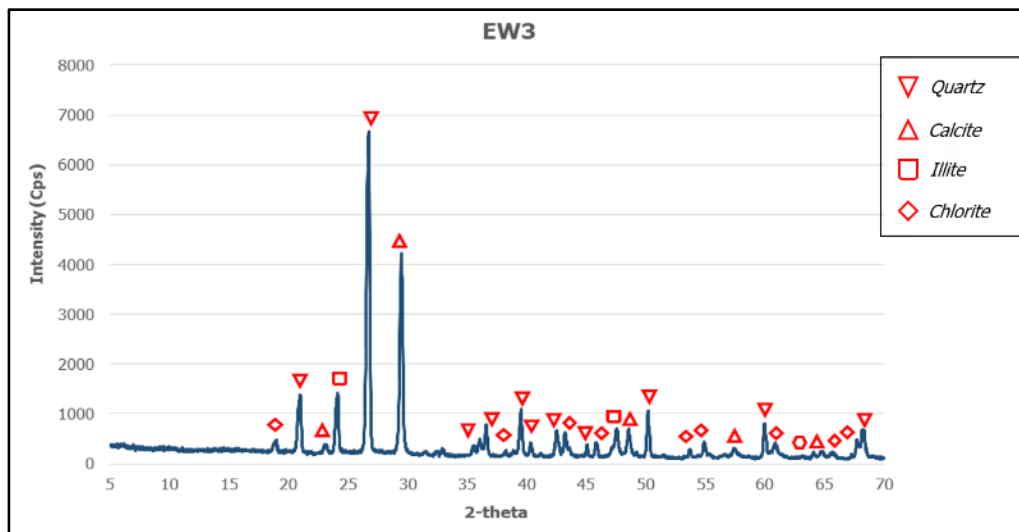
Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	49,4
Illit	29,2
Klorit	12,7
Kalsit	8,7



Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	58,7
Klorit	27,5
Kalsit	11,8
Magnesit	2,0



Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	56,1
Illit	24,2
Klorit	10,5
Kalsit	9,2



Mineral	Persentase (%)
Kuarsa	53,1
Kalsit	34,9
Illit	9,4
Klorit	2,6

Tabel 1. Data analisis ASD sampel *mapping*

Field_ID	X	Y	Z	Assemblage Alteration	Min1 Interp	Min2 Interp	Min3 Interp	Oxide Interp
BLM001	734716	172571	60	Smc-III	Smc	III		
BLM002	734716	172562		Car-Smc	Car	Smc		
BLM003	734710	172545.9	19	Smc-III	Smc	III		
BLM004	734711	172539.9	19.2	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM005	734711	172532.3	18.8	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM006	734711.2	172530.2	18.8	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM007	734710.9	172528.2	18.6	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM008	734711	172525.6	18.7	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BLM009	734711	172520.8	18.6	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM010	734710.6	172518.4	18.4	Car-Smc	Car	Smc		
BLM011	734710.4	172517.5	18.4	Smc-Chl	Smc	Chl	III	
BLM012	734710.1	172515.4	18.4	Smc-III	Smc	III		
BLM013	734710.2	172512.8	18.5	Chl-III	Chl	III	Smc	
BLM014	734710.1	172508.2	18.5	III-Kpx	III	Kpx		
BLM015	734708.8	172503.3	18.4	Smc-III	Smc	III		
BLM016	734707.2	172494.3	18.9	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BLM017	734704.5	172484.7	19.1	Car	Car	pfre		
BLM018	734703.5	172477	18.6	Car	Car	Pre		
BLM019	734701.2	172470.9	18.1	Car-Smc	Car	Smc		
BLM020	734700.1	172466.1	18.4	Car-Smc	Car	Smc		
BLM021	734699.4	172463.5	18.2	Chl-III	Chl	III	Car	
BLM022	734698.1	172458.4	18.3	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM023	734702	172460		Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM024	734697	172444		Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM025	734625	172675		Car	Car			
BLM026	734634	172675		III-Smc	III	Smc		
BLM027	734627.2	172665.6	18.9	III-Smc	III	Smc		
BLM028	734630.1	172665.9	18.8	III-Kpx	III	Kpx		
BLM029	734632.5	172666	18.8	Kwx	Kwx			
BLM030	734638.4	172666.9	18.8	Chl	Chl			
BLM031	734646.6	172667.3	19.8	III-Smc	III	Smc		
BLM032	734649	172666.5	19.2	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM033	734653.2	172665.2	19	Smc-III	Smc	III		
BLM034	734655.2	172663.9	18.6	Car-Smc	Car	Smc		
BLM035	734657.1	172663.1	18.5	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM036	734661.4	172660.1	18.4	Smc-Non	Smc	Non		
BLM037	734662.3	172658.8	18.2	III-Smc	III	Smc		
BLM038	734664.4	172655.8	18.1	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BLM039	734668.8	172650.6	19	Smc-III	Smc	III		
BLM040	734671.3	172648.4	19.2	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM041	734672.7	172646.1	18.8	Chl-Car	Chl	Car	Smc	
BLM042	734674.2	172644.2	18.6	III-Smc	III	Smc	Goe	
BLM043	734675	172642.1	18.4	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM044	734676.7	172639.8	18.5	Car	Car			Goe
BLM045	734678	172637.2	18.9	Car-Smc	Car	Smc		
BLM046	734679.3	172635.5	18.7	III-Smc	III	Smc		
BLM047	734681.1	172632	18.7	Smc-III	Smc	III		Goe
BLM048	734684.3	172627.2	19.8	Smc-III	Smc	III		
BLM049	734691.1	172613.5	18.7	Chl-Smc	Chl	Smc	III	
BLM050	734692.5	172610.4	18.5	Smc-Chl	Smc	Chl	III	
BLM051	734695.1	172605.1	18.7	Smc-Car	Smc	Car		
BLM052	734697.8	172600.2	18.8	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM053	734700.4	172594.8	18.9	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM054	734704.1	172587.9	19.3	Smc	Smc			

Field_ID	X	Y	Z	Assemblage Alteration	Min1 Interp	Min2 Interp	Min3 Interp	Oxide Interp
BLM055	734705.9	172585.4	19.3	Smc-Car	Smc	Car		
BLM056	734709.9	172570.4	19.1	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM057	734710.4	172568.6	19.2	Smc-Car	Smc	Car		
BLM058	734710.5	172561.5	18.7	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM059	734711.1	172556.6	19.2	Smc-III	Smc	III		
BLM060	734711	172553.1	19.1	Smc-Car	Smc	Car		
BLM061	734694.3	172443.4	18.1	Smc-III	Smc	III		
BLM062	734693.3	172437.4	18	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BLM063	734690.1	172423.8	18.5	Smc	Smc			
BLM064	734688.7	172416.4	19.4	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BLM065	734687.3	172409.9	20	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BLM066	734685.5	172399.6	20.9	Kwx-Smc	Kwx	Smc		
BLM067	734683.4	172391.6	21.6	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BLM068	734682.8	172388	22.1	Smc	Smc			
BLM069	734681.6	172384.3	22.4	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BLM070	734679.4	172377.5	22.3	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BLM071	734680.6	172385.9	18	Smc-ill-Car	Smc	ill	Car	
BLM072	734677.2	172375.1	18.1	Smc-III	Smc	III		
BLM073	734669	172372		Smc-Car	Smc	Car		
BLM074	734667	172363		Smc-Chl-Car	Smc	Chl	Car	
BLM075	734667	172362		Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM076	734671.3	172358.2	17.6	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM077	734671.3	172354.9	18.8	Smc-Kpx-Car	Smc	Kpx	Car	
BLM078	734669.7	172346.6	20.9	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BLM079	734663.4	172287	26	Smc-Car	Smc	Car		
BLM080	734662.3	172280.6	25.9	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM081	734660.7	172274.6	25.9	Smc-III	Smc	III		
BLM082	734660.3	172272.4	26	Kwx-Chl-Smc	Kwx	Chl	Smc	
BLM083	734658.4	172263.7	26	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM084	734657.7	172258.7	26.4	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM085	734656.5	172251.7	26.9	Smc-Car	Smc	Car		
BLM086	734655.6	172248.3	26.8	Smc-III	Smc	III		
BLM087	734652.9	172240.5	26.6	Smc-III	Smc	III		
BLM088	734651.4	172235.4	27.2	Car-Smc	Car	Smc		
BLM089	734649.5	172224.9	30.5	Car-III	Car	III		
BLM090	734648.5	172219.7	30.3	Chl-Kpx-Smc	Chl	Kpx	Smc	
BLM091	734648.3	172216.7	30.4	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BLM092	734647.3	172209.2	30.6	Smc-III	Smc	III		
BLM093	734647.1	172202	31.1	Car-Smc	Car	Smc		
BLM094	734646.7	172198.3	31.9	Car-Smc	Car	Smc		
BLM095	734646.4	172194.2	33.8	Car-Smc	Car	Smc		
BLM096	734645.7	172186.8	33.9	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BLM097	734644.8	172182.2	34.1	Car-Smc-Kpx	Car	Smc	Kpx	
BLM098	734644	172177.9	34.5	Car-III	Car	III		
BLM099	734643.5	172168.5	37.1	III-Smc	III	Smc		
BLM100	734639.3	172153.8	39	Car-III	Car	III		
BLM101	734645	172111		III-Chl	III	Chl		
BLM102	734639	172107		Smc-III	Smc	III		
BLM103	734627	172627		Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM104	734621	172095		Smc-Non	Smc	Non		
BLM105	734616	172513		Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM106	734615	172502		Smc	Smc	Chl		
BLM107	734618	172496		Smc-III	Smc	III		
BLM108	734636	172499		Smc-Non	Smc	Non		
BLM109	734614	172494		Smc-III	Smc	III		
BLM110	734606	172479		Kpx-Smc	Kpx	Smc		

Field_ID	X	Y	Z	Assemblage Alteration	Min1 Interp	Min2 Interp	Min3 Interp	Oxide Interp
BLM111	734616	172486		Smc	Smc			
BLM112	734627	172480		Chl-III	Chl	III		
BLM113	734623	172472		III-Smc	III	Smc		
BLM114	734633	172478		Smc	Smc			
BLM115	734633	172469		Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM116	734591.2	172646.4	11.7	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM117	734589	172644.4	11.6	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM118	734586.8	172640.3	11.5	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM119	734585.8	172638.1	11.3	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM120	734582.3	172628.9	11.2	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM121	734585	172621.1	10.9	III	III			
BLM122	734586.2	172611	10.4	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM123	734586.9	172604.2	10.4	Chl-III	Chl	III		
BLM124	734588.4	172593.9	10.7	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM125	734590.2	172589.1	10.8	Chl-III	Chl	III		
BLM126	734591.5	172585.4	10.8	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BLM127	734594.5	172578.9	10.7	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM128	734595.9	172575.3	10.6	Smc-III	Smc	III		
BLM129	734598.2	172570.5	10.6	Smc	Smc			
BLM130	734598.1	172570.4	10.5	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM131	734603.9	172554.7	10.5	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BLM132	734608	172547		Chl-III	Chl	III		
BLM133	734604	172539		Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM134	734621	172539		Smc-III	Smc	III		
BLM135	734638	172454		Smc	Smc			
BLM136	734641	172445		Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	
BLM137	734644	172434		Smc-Non	Smc	Non		
BLM138	734653	172427		Car-Smc-Chl	Car	Smc	Chl	
BLM139	734651	172423		Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BLM140	734640.5	172408.5	15.7	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM141	734640.6	172402	16.5	Smc-III	Smc	III		
BLM142	734640.6	172395.5	17	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BLM143	734640.6	172388.1	18.1	Smc-Chl	Smc	Chl		
BLM144	734639.9	172381.5	18.5	Car-III	Car	III		
BLM145	734640.5	172374.3	18.6	Chl	Chl			
BLM146	734640.7	172366.1	19.1	Chl-III	Chl	III		
BLM147	734640.6	172360	19.4	Chl-Car	Chl	Car		
BLM148	734639.8	172350.5	19.7	Unalter	Unalter			
BLM149	734639	172342.3	21	Chl	Chl			
BLM150	734638.9	172332.4	21.8	Car-Non	Car	Non		
BLM151	734637.4	172322.4	22.7	Chl	Chl			
BLM152	734636.9	172307.6	23.6	Unalter	Unalter			
BLM153	734636.1	172301.8	24.3	Car-III	Car	III		
BLM154	734632.3	172288.7	26.1	Smc-III	Smc	III		
BLM155	734630.1	172278.6	27.4	III-Smc	III	Smc		
BLM156	734629.6	172265.8	28.8	Car-III	Car	III		
BLM157	734628.3	172257.3	29.9	Chl-III	Chl	III		
BLM158	734627.5	172242.9	30.8	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM159	734626	172237.7	31.3	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM160	734624.2	172223.3	33.3	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM161	734623.4	172215.6	34.4	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM162	734623.4	172210.8	34.4	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM163	734622.9	172204.9	34.6	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM164	734621.3	172197.5	35.2	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM165	734620.5	172191.6	35.9	Chl-III	Chl	III		
BLM166	734619.2	172183.7	36.2	Chl-Smc	Chl	Smc		

Field_ID	X	Y	Z	Assemblage Alteration	Min1 Interp	Min2 Interp	Min3 Interp	Oxide Interp
BLM167	734618.1	172172.4	37.3	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM168	734617.2	172163.8	38	Chl-III	Chl	III		
BLM169	734610	172153.5	40	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM170	734610.3	172145.6	40.9	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM171	734610	172140.1	40.8	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM172	734608.1	172132.7	40.6	Chl-III	Chl	III		
BLM173	734607.5	172126.4	40.5	Chl-III	Chl	III		
BLM174	734605.8	172119.3	40.9	Chl-Smc	Chl	Smc		
BLM175	734604.1	172112.2	42	Chl-III	Chl	III		
BLM176	734601.4	172097.2	42.7	Chl-III	Chl	III		
BLM177	734603.5	172090.1	43.2	III-Smc	III	Smc		

Tabel 2. Data analysis ASD sampel RC *drilling*

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_026	0	1	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_026	1	2	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_026	2	3	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_026	3	4	III-Smc	III	Smc		Goe
BRC_10_026	4	5	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_026	5	6	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_026	6	7	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_026	7	8	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_026	8	9	Smc-Car	Smc	Car		Jar
BRC_10_026	9	10	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_026	10	11	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_026	11	12	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_026	12	13	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_026	13	14	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_026	14	15	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_026	15	16	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_026	16	17	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_026	17	18	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_027	0	1	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_027	1	2	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_027	2	3	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_027	3	4	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_027	4	5	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_027	5	6	Smc-III-Kpx	Smc	III	Kpx	Jar
BRC_10_027	6	7	Smc-Non	Smc	Non		Goe
BRC_10_027	7	8	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_028	0	1	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_028	1	2	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_028	2	3	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_028	3	4	Smc-III-Kpx	Smc	III	Kpx	Goe
BRC_10_028	4	5	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_028	5	6	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Goe
BRC_10_028	6	7	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_028	7	8	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_028	8	9	Smc-III-Kpx	Smc	III	Kpx	Jar
BRC_10_028	9	10	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_028	10	11	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_028	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_028	12	13	Kwx-Smc	Kwx	Smc		Jar
BRC_10_028	13	14	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_029	0	1	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_029	1	2	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_029	2	3	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BRC_10_029	3	4	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_029	4	5	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_029	5	6	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_029	6	7	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_029	7	8	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_029	8	9	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_029	9	10	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_029	10	11	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_029	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_029	12	13	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_029	13	14	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_029	14	15	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_029	15	16	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_029	16	17	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_029	17	18	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_030	0	1	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_030	1	2	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_030	2	3	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_030	3	4	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_030	4	5	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_030	5	6	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_030	6	7	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_030	7	8	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_030	8	9	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_030	9	10	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_030	10	11	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_030	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_030	12	13	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_030	13	14	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_030	14	15	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_030	15	16	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_036	0	1	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_036	1	2	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_036	2	3	Car	Car			
BRC_10_036	3	4	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_036	4	5	Smc-Ill	Smc	Ill		Goe
BRC_10_036	5	6	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_036	6	7	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_036	7	8	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_036	8	9	Kpx-Ill-Smc	Kpx	Ill	Smc	
BRC_10_036	9	10	Car-Kpx-Chl	Car	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_036	10	11	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_036	11	12	Chl-Smc-Car	Chl	Smc	Car	Jar
BRC_10_036	12	13	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_036	13	14	Car-Kpx	Car	Kpx		Jar
BRC_10_036	14	15	Car-Smc	Car	Smc		Jar
BRC_10_036	15	16	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_036	16	17	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_036	17	18	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_037	0	1	Car-Kpx	Car	Kpx		Goe
BRC_10_037	1	2	Car-Kpx	Car	Kpx		Goe
BRC_10_037	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_037	3	4	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_037	4	5	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_037	5	6	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_037	6	7	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_037	7	8	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_037	8	9	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_037	9	10	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_037	10	11	Kpx-Car	Kpx	Car		
BRC_10_037	11	12	Kpx-Car	Kpx	Car		Jar
BRC_10_037	12	13	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_037	13	14	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_037	14	15	Smc-Car-Kpx	Smc	Car	Kpx	
BRC_10_037	15	16	Smc-Car-Kpx	Smc	Car	Kpx	
BRC_10_037	16	17	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BRC_10_037	17	18	Chl-Smc-Car	Chl	Smc	Car	
BRC_10_060	0	1	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_060	1	2	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_060	2	3	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_060	3	4	Smc-Car	Smc	Car		Jar
BRC_10_060	4	5	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_060	5	6	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_060	6	7	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_060	7	8	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_060	8	9	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_060	9	10	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_060	10	11	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_060	11	12	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_060	12	13	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_060	13	14	Smc-Chl	Smc	Chl		
BRC_10_060	14	15	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_060	15	16	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_060	16	17	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_060	17	18	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_061	0	1	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_061	1	2	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_061	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_061	3	4	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_061	4	5	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_061	5	6	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_061	6	7	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_061	7	8	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_061	8	9	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_061	9	10	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_061	10	11	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_061	11	12	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_061	12	13	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_061	13	14	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_061	14	15	Chl-smc	Chl	smc		Jar
BRC_10_061	15	16	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_061	16	17	Chl-III	Chl	III		Jar
BRC_10_061	17	18	Car-Kpx	Car	Kpx		Goe
BRC_10_062	0	1	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_062	1	2	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_062	2	3	Smc-Car-Chl	Smc	Car	Chl	Jar
BRC_10_062	3	4	Smc-Car-Chl	Smc	Car	Chl	Jar
BRC_10_062	4	5	Chl-Smc	Chl	Smc		
BRC_10_062	5	6	Chl-Smc-Car	Chl	Smc	Car	Jar

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_062	6	7	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_062	7	8	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_062	8	9	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_062	9	10	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_062	10	11	Car-Chl-Smc	Car	Chl	Smc	Jar
BRC_10_062	11	12	Car	Car			
BRC_10_062	12	13	Car	Car			
BRC_10_062	13	14	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_062	14	15	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_062	15	16	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_062	16	17	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_062	17	18	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_063	0	1	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_063	1	2	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_063	2	3	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_063	3	4	Chl-Smc-Car	Chl	Smc	Car	Jar
BRC_10_063	4	5	Chl-Smc-Car	Chl	Smc	Car	
BRC_10_063	5	6	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_063	6	7	Car-Kpx	Car	Kpx		Goe
BRC_10_063	7	8	Car-Kpx-Chl	Car	Kpx	Chl	Goe
BRC_10_063	8	9	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_063	9	10	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_063	10	11	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_063	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_063	12	13	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_063	13	14	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_063	14	15	Ill-Smc	Ill	Smc		Jar
BRC_10_063	15	16	Smc-Chl-Kpx	Smc	Chl	Kpx	Jar
BRC_10_063	16	17	Smc-Ill-Chl	Smc	Ill	Chl	Jar
BRC_10_063	17	18	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_064	0	1	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_064	1	2	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_064	2	3	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_064	3	4	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_064	4	5	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_064	5	6	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_064	6	7	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_064	7	8	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_064	8	9	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_064	9	10	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_064	10	11	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_064	11	12	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_066	0	1	Smc-Chl-Car	Smc	Chl	Car	Jar
BRC_10_066	1	2	Smc-Chl-Car	Smc	Chl	Car	Jar
BRC_10_066	2	3	Car-Ill	Car	Ill		
BRC_10_066	3	4	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_066	4	5	Car-Ill	Car	Ill		Goe
BRC_10_066	5	6	Car-Ill	Car	Ill		Goe
BRC_10_066	6	7	Car-Ill	Car	Ill		
BRC_10_066	7	8	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_066	8	9	Car	Car			Goe
BRC_10_066	9	10	Car	Car			
BRC_10_066	10	11	Car	Car			Goe
BRC_10_066	11	12	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_066	12	13	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_066	13	14	Car-Smc	Car	Smc		Goe

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_066	14	15	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_066	15	16	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_066	16	17	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_066	17	18	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_067	0	1	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_067	1	2	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_067	2	3	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_067	3	4	Car-Smc	Car	Smc		Hem
BRC_10_067	4	5	Car-Smc	Car	Smc		Hem
BRC_10_067	5	6	Ill-Car	Ill	Car		
BRC_10_067	6	7	Car-Smc	Car	Smc		Hem
BRC_10_067	7	8	Ill-Car	Ill	Car		
BRC_10_067	8	9	Car-Smc	Car	Smc		Hem
BRC_10_067	9	10	Ill-Car	Ill	Car		
BRC_10_067	10	11	Smc-Ill-Car	Smc	Ill	Car	Hem
BRC_10_067	11	12	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_067	12	13	Ill-Car	Ill	Car		
BRC_10_067	13	14	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_067	14	15	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_067	15	16	Ill-Smc	Ill	Smc		Goe
BRC_10_067	16	17	Smc-Ill	Smc	Ill		Hem
BRC_10_067	17	18	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_099	0	1	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_099	1	2	Ill-Smc	Ill	Smc		Jar
BRC_10_099	2	3	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_099	3	4	Smc-Chl	Smc	Chl		
BRC_10_099	4	5	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_099	5	6	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_099	6	7	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_099	7	8	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_099	8	9	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_099	9	10	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_099	10	11	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_099	11	12	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_099	12	13	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_099	13	14	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_099	14	15	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_099	15	16	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_099	16	17	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_099	17	18	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_100	0	1	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_100	1	2	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_100	2	3	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_100	3	4	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_100	4	5	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_100	5	6	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_100	6	7	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_100	7	8	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_100	8	9	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_100	9	10	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_100	10	11	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_100	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_105	0	1	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_105	1	2	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_105	2	3	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_105	3	4	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_105	4	5	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_105	5	6	Car-III	Car	III		Jar
BRC_10_105	6	7	Smc-Car	Smc	Car		Jar
BRC_10_105	7	8	Smc-Car	Smc	Car		Jar
BRC_10_105	8	9	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_105	9	10	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_105	10	11	Smc-Car	Smc	Car		Hem
BRC_10_105	11	12	Smc-Car	Smc	Car		Hem
BRC_10_105	12	13	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_105	13	14	Smc-Car	Smc	Car		Hem
BRC_10_105	14	15	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_105	15	16	Car-Smc	Car	Smc		Hem
BRC_10_105	16	17	III-Car	III	Car		Goe
BRC_10_105	17	18	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_106	0	1	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_106	1	2	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_106	2	3	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_106	3	4	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_106	4	5	III-Smc	III	Smc		
BRC_10_106	5	6	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_106	6	7	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_106	7	8	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_106	8	9	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_106	9	10	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_106	10	11	Smc-Chl	Smc	Chl		Goe
BRC_10_106	11	12	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_106	12	13	III-Smc	III	Smc		Hem
BRC_10_106	13	14	Car-Kpx	Car	Kpx		Jar
BRC_10_106	14	15	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_106	15	16	Smc-Car	Smc	Car		Hem
BRC_10_106	16	17	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_106	17	18	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_108	0	1	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_108	1	2	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_108	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_108	3	4	III-Smc	III	Smc		
BRC_10_108	4	5	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_108	5	6	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_108	6	7	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_108	7	8	Car-Chl-Smc	Car	Chl	Smc	Goe
BRC_10_108	8	9	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Hem
BRC_10_108	9	10	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Hem
BRC_10_108	10	11	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_108	11	12	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Jar
BRC_10_108	12	13	III-Car	III	Car		
BRC_10_108	13	14	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_108	14	15	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_108	15	16	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_108	16	17	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_108	17	18	Smc-Chl	Smc	Chl		Hem
BRC_10_118	0	1	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_118	1	2	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_118	2	3	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_118	3	4	III-Smc	III	Smc		Goe
BRC_10_118	4	5	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_118	5	6	Smc-Car	Smc	Car		

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_118	6	7	III-Car	III	Car		
BRC_10_118	7	8	Car-III	Car	III		Goe
BRC_10_118	8	9	Car-III	Car	III		
BRC_10_118	9	10	III-Car	III	Car		
BRC_10_118	10	11	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_118	11	12	III-Smc	III	Smc		
BRC_10_118	12	13	III-Smc	III	Smc		Goe
BRC_10_118	13	14	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_118	14	15	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_118	15	16	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_118	16	17	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_118	17	18	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_119	0	1	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_119	1	2	Smc-Car	Smc	Car		Jar
BRC_10_119	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		Goe
BRC_10_119	3	4	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_119	4	5	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_119	5	6	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_119	6	7	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_119	7	8	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_119	8	9	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_119	9	10	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_119	10	11	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_119	11	12	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_119	12	13	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_119	13	14	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_119	14	15	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_119	15	16	III-Car	III	Car		Goe
BRC_10_119	16	17	III-Car	III	Car		
BRC_10_119	17	18	III-Smc	III	Smc		
BRC_10_120	0	1	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_120	1	2	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_120	2	3	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_120	3	4	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_120	4	5	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_120	5	6	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Hem
BRC_10_120	6	7	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_120	7	8	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_120	8	9	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_120	9	10	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_120	10	11	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_120	11	12	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_120	12	13	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_120	13	14	Car-Smc-Chl	Car	Smc	Chl	Jar
BRC_10_120	14	15	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_120	15	16	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_120	16	17	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_120	17	18	smc-Chl	smc	Chl		Jar
BRC_10_121	0	1	Car-Smc	Car	Smc		Jar
BRC_10_121	1	2	Car-Chl-Smc	Car	Chl	Smc	Jar
BRC_10_121	2	3	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_121	3	4	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_121	4	5	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_121	5	6	III-Chl	III	Chl		Jar
BRC_10_121	6	7	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_121	7	8	Smc-III	Smc	III		Jar

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_121	8	9	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_121	9	10	smc-III	smc	III		Jar
BRC_10_121	10	11	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_121	11	12	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_121	12	13	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Jar
BRC_10_121	13	14	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_121	14	15	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_121	15	16	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_121	16	17	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_121	17	18	Smc-III	Smc	III		Hem
BRC_10_147	0	1	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_147	1	2	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_147	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_147	3	4	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_147	4	5	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_147	5	6	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_147	6	7	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_147	7	8	Smc-Car	Smc	Car		Jar
BRC_10_147	8	9	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_147	9	10	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_147	10	11	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_147	11	12	Smc-III-Car	Smc	III	Car	
BRC_10_147	12	13	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_147	13	14	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_147	14	15	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_147	15	16	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_147	16	17	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_147	17	18	III-Car	III	Car		
BRC_10_148	0	1	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_148	1	2	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_148	2	3	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_148	3	4	smc-Chl	smc	Chl		Jar
BRC_10_148	4	5	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_148	5	6	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_148	6	7	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_148	7	8	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_148	8	9	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_148	9	10	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_148	10	11	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_148	11	12	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_148	12	13	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_148	13	14	Car	Car			Goe
BRC_10_148	14	15	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_148	15	16	Car-Smc	Car	Smc		Jar
BRC_10_148	16	17	Car-Smc-Chl	Car	Smc	Chl	Jar
BRC_10_148	17	18	Car-SmcChl	Car	Smc	Chl	Jar
BRC_10_149	0	1	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_149	1	2	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_149	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		
BRC_10_149	3	4	Car	Car			
BRC_10_149	4	5	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_149	5	6	Car	Car			Goe
BRC_10_149	6	7	Car	Car			Goe
BRC_10_149	7	8	Car	Car			Goe
BRC_10_149	8	9	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_149	9	10	Car	Car			

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_149	10	11	Smc-Car-Chl	Smc	Car	Chl	Jar
BRC_10_149	11	12	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_149	12	13	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_149	13	14	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_149	14	15	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_149	15	16	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_149	16	17	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_149	17	18	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_150	0	1	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_150	1	2	Chl-Smc	Chl	Smc		
BRC_10_150	2	3	Ill-Smc	Ill	Smc		Goe
BRC_10_150	3	4	Smc-Ill	Smc	Ill		Goe
BRC_10_150	4	5	Smc-Ill	Smc	Ill		Goe
BRC_10_150	5	6	Smc-Ill-Chl	Smc	Ill	Chl	Jar
BRC_10_150	6	7	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_150	7	8	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_150	8	9	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_150	9	10	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_150	10	11	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_150	11	12	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_159	0	1	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_159	1	2	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_159	2	3	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar
BRC_10_159	3	4	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_159	4	5	Car-Smc-Chl	Car	Smc	Chl	Jar
BRC_10_159	5	6	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_159	6	7	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_159	7	8	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_159	8	9	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_159	9	10	Ill-Smc	Ill	Smc		
BRC_10_159	10	11	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_159	11	12	Ill-Smc	Ill	Smc		
BRC_10_159	12	13	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_159	13	14	Car-Ill	Car	Ill		
BRC_10_159	14	15	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_159	15	16	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_159	16	17	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_159	17	18	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_160	0	1	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_160	1	2	Car-Ill	Car	Ill		
BRC_10_160	2	3	Car-Ill	Car	Ill		
BRC_10_160	3	4	Car-Chl-Smc	Car	Chl	Smc	Jar
BRC_10_160	4	5	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_160	5	6	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_160	6	7	Car-Ill	Car	Ill		
BRC_10_160	7	8	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_160	8	9	Smc-Ill-Car	Smc	Ill	Car	
BRC_10_160	9	10	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_160	10	11	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_160	11	12	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_160	12	13	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_160	13	14	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_160	14	15	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_160	15	16	Smc-Ill	Smc	Ill		
BRC_10_160	16	17	Smc-Ill	Smc	Ill		Goe
BRC_10_160	17	18	Smc-Ill	Smc	Ill		Jar

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_162	0	1	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	1	2	Smc-Chl	Smc	Chl		Goe
BRC_10_162	2	3	III-Smc	III	Smc		Goe
BRC_10_162	3	4	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	4	5	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	5	6	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	6	7	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	7	8	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	8	9	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	9	10	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	10	11	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_162	12	13	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_162	13	14	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Jar
BRC_10_162	14	15	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_162	15	16	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_162	16	17	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_162	17	18	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_181	0	1	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_181	1	2	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_181	2	3	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_181	3	4	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_181	4	5	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_181	5	6	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_181	6	7	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_181	7	8	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_181	8	9	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_181	9	10	Chl-Smc	Chl	Smc		Goe
BRC_10_181	10	11	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_181	11	12	Smc-Car	Smc	Car		Jar
BRC_10_181	12	13	Chl-III	Chl	III		Jar
BRC_10_181	13	14	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_181	14	15	Car-Smc	Car	Smc		Jar
BRC_10_181	15	16	Car-Smc	Car	Smc		Jar
BRC_10_181	16	17	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_181	17	18	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_182	0	1	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_182	1	2	Smc-Chl	Smc	Chl		Goe
BRC_10_182	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		Goe
BRC_10_182	3	4	Chl-III	Chl	III		Jar
BRC_10_182	4	5	Smc-Chl	Smc	Chl		
BRC_10_182	5	6	III-Car-Chl	III	Car	Chl	
BRC_10_182	6	7	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_182	7	8	Car-Smc	Car	Smc		Jar
BRC_10_182	8	9	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_182	9	10	Car-Kpx	Car	Kpx		Jar
BRC_10_182	10	11	Car-Kpx	Car	Kpx		Jar
BRC_10_182	11	12	Car-Smc	Car	Smc		Jar
BRC_10_182	12	13	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_182	13	14	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_182	14	15	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_182	15	16	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_182	16	17	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_182	17	18	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_186	0	1	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_186	1	2	Car-III	Car	III		Jar

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_186	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_186	3	4	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_186	4	5	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_186	5	6	Car-Smc	Car	Smc		Jar
BRC_10_186	6	7	Car-III	Car	III		
BRC_10_186	7	8	Car-III	Car	III		
BRC_10_186	8	9	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_186	9	10	Car-Smc-Chl	Car	Smc	Chl	Goe
BRC_10_186	10	11	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_186	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_186	12	13	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_186	13	14	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_186	14	15	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_186	15	16	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_186	16	17	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_186	17	18	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_188	0	1	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_188	1	2	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_188	2	3	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_188	3	4	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_188	4	5	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_188	5	6	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_188	6	7	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_188	7	8	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_188	8	9	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_188	9	10	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_188	10	11	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_188	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_188	12	13	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_188	13	14	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_188	14	15	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_188	15	16	Kwx-Smc	Kwx	Smc		Goe
BRC_10_188	16	17	Kwx-Smc	Kwx	Smc		Goe
BRC_10_188	17	18	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_189	0	1	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_189	1	2	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_189	2	3	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_189	3	4	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_189	4	5	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_189	5	6	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_189	6	7	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_189	7	8	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_189	8	9	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BRC_10_189	9	10	Kpx-Smc	Kpx	Smc		
BRC_10_189	10	11	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_189	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_192	0	1	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_192	1	2	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_192	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_192	3	4	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_192	4	5	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_192	5	6	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_192	6	7	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_192	7	8	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_192	8	9	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_192	9	10	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_192	10	11	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_192	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_192	12	13	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_193	0	1	Smc-Chl-Kpx	Smc	Chl	Kpx	Jar
BRC_10_193	1	2	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_193	2	3	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_193	3	4	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_193	4	5	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_193	5	6	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_193	6	7	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_193	7	8	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_193	8	9	Chl-III	Chl	III		
BRC_10_193	9	10	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_193	10	11	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_193	11	12	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_204	0	1	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_204	1	2	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_204	2	3	Smc-Kpx	Smc	Kpx		
BRC_10_204	3	4	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_204	4	5	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_204	5	6	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_204	6	7	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_204	7	8	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_204	8	9	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_209	0	1	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_209	1	2	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_209	2	3	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_209	3	4	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_209	4	5	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_209	5	6	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_209	6	7	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_209	7	8	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_209	8	9	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_209	9	10	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_209	10	11	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_209	11	12	Smc-Chl	Smc	Chl		Goe
BRC_10_209	12	13	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_209	13	14	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_209	14	15	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_209	15	16	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_209	16	17	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_209	17	18	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_210	0	1	Chl-Smc	Chl	Smc		Goe
BRC_10_210	1	2	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_210	2	3	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_210	3	4	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_210	4	5	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_210	5	6	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_210	6	7	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_210	7	8	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_210	8	9	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_210	9	10	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_210	10	11	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_210	11	12	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_210	12	13	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_210	13	14	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_210	14	15	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_210	15	16	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_210	16	17	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_210	17	18	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_211	0	1	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_211	1	2	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_211	2	3	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Goe
BRC_10_211	3	4	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_211	4	5	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Goe
BRC_10_211	5	6	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_211	6	7	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_211	7	8	Kpx-Smc	Kpx	Smc		Jar
BRC_10_211	8	9	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_211	9	10	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_211	10	11	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_211	11	12	Smc-Kpx	Smc	Kpx		Jar
BRC_10_211	12	13	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_211	13	14	Chl-Smc	Chl	Smc		
BRC_10_211	14	15	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_211	15	16	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_211	16	17	Smc-Kpx-Chl	Smc	Kpx	Chl	Jar
BRC_10_211	17	18	Kpx-Smc-Chl	Kpx	Smc	Chl	Jar
BRC_10_214	0	1	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_214	1	2	Chl-III	Chl	III		Jar
BRC_10_214	2	3	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_214	3	4	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_214	4	5	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_214	5	6	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_214	6	7	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Jar
BRC_10_214	7	8	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Jar
BRC_10_214	8	9	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_214	9	10	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_214	10	11	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_214	11	12	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_214	12	13	Car-Kpx	Car	Kpx		Jar
BRC_10_214	13	14	Car-Kpx	Car	Kpx		Jar
BRC_10_214	14	15	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_214	15	16	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_214	16	17	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_214	17	18	Car-Kpx	Car	Kpx		
BRC_10_237	0	1	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_237	1	2	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_237	2	3	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	
BRC_10_237	3	4	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_237	4	5	Smc-III	Smc	III		Jar
BRC_10_237	5	6	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_237	6	7	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_237	7	8	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_237	8	9	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_237	9	10	Chl-Smc	Chl	Smc		Jar
BRC_10_237	10	11	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_237	11	12	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Jar
BRC_10_237	12	13	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_237	13	14	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_237	14	15	Smc-Chl	Smc	Chl		Goe
BRC_10_238	0	1	Smc-III	Smc	III		Goe

HOLE_ID	Depth_From	Depth_To	Assemblage Alteration	Min1_Interp	Min2_Interp	Min3_Interp	Ox_Inte
BRC_10_238	1	2	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_238	2	3	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_238	3	4	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_238	4	5	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_238	5	6	Smc-Car	Smc	Car		
BRC_10_238	6	7	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_238	7	8	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_238	8	9	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_238	9	10	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	
BRC_10_238	10	11	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_238	11	12	Car-Smc	Car	Smc		
BRC_10_238	12	13	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_238	13	14	Smc-III	Smc	III		
BRC_10_238	14	15	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_240	0	1	Smc-Chl	Smc	Chl		Jar
BRC_10_240	1	2	Smc-III	Smc	III		Goe
BRC_10_240	2	3	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_240	3	4	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_240	4	5	Smc-Car	Smc	Car		Goe
BRC_10_240	5	6	Car-Smc	Car	Smc		Goe
BRC_10_240	6	7	Car	Car			Goe
BRC_10_240	7	8	Car	Car			Goe
BRC_10_240	8	9	Car	Car			Goe
BRC_10_240	9	10	Car	Car			
BRC_10_240	10	11	Car	Car			
BRC_10_240	11	12	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Jar
BRC_10_240	12	13	Smc-III-Chl	Smc	III	Chl	Jar
BRC_10_240	13	14	Car-Smc-Chl	Car	Smc	Chl	Jar
BRC_10_240	14	15	Smc-III-Kpx	Smc	III	Kpx	



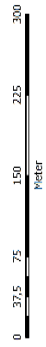
KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK PERAMBANGAN

PETA GEOLOGI

PIT XI, PT. TAMBANG TONDANO MUSAJAYA
KABUPATEN MINAHASA UTARA, SULAWESI UTARA



SKALA 1:4.000



- Keterangan:**
- Volcanic Andesitic Fragmental (VAF)
 - Volcanic Basaltic Andesite (VBA)
 - Zona Liat kuarsa
 - Fault
 - Fracture/Join
 - Garis Kontur
 - Indeks Kontur
 - Sosok/ri Pengambilan Sampel

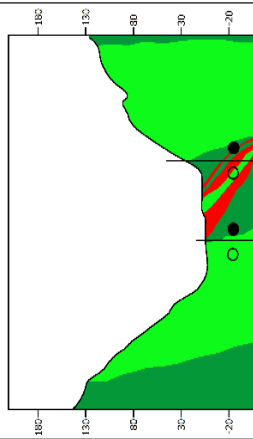


Oleh:
Aswan
NIM. D62115903

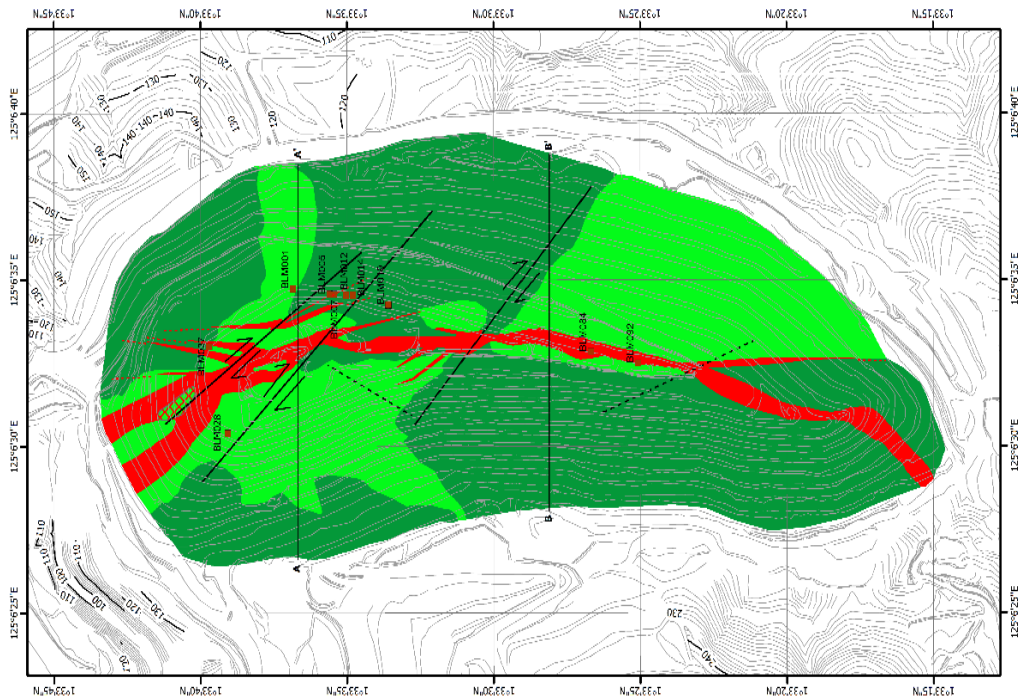
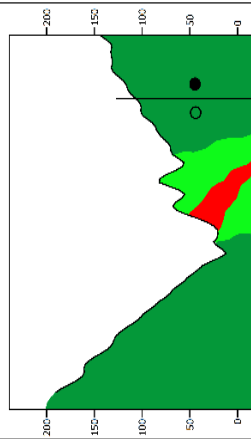
Dr. Ir. Irzal Nur, MT.
NIP. 19660409 199703 1 002

Asran Ilyas, ST, MT, Ph.D.
NIP. 19730314 200012 1 001

PENAMPANG GEOLOGI
SAYATAN A-A'
SKALA 1:4.000
H/V = 1:1



PENAMPANG GEOLOGI
SAYATAN B-B'
SKALA 1:4.000
H/V = 1:1





KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN

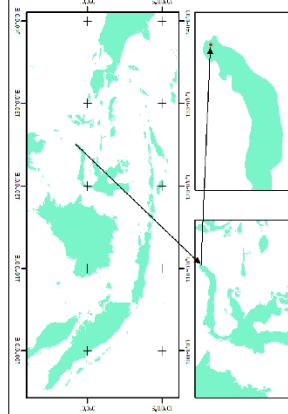
PETA ZONASI ALTERASI HIDROTHERMAL
PIT 4, PT. TANBANG TONDANO MUGSAYA
KABUPATEN MINAHASA UTARA, SULAWESI UTARA



Skala 1 : 3.000
0 30 60 120 180 240
Meter

OLEH:
ASWAN
D621 15 303

- Keterangan :**
- Fault
 - Fracture/Joint
 - Garis Kontur
 - Inklusi Konkret
- Zona Alterasi :**
- Zona Propilitik
 - Zona Argilik
 - Zona Urat Kuarsa



Dr. Ir. Irzal Nur., MT.
NIP. 19660409 199703 1 002

Pembimbing:

Asran Ilyas, ST, MT, Ph.D.
NIP. 19730314 200012 1 001

