



BRAMBANG

MINERALOGI, GEOKIMIA, FLUIDA HIDROTERMAL
DAN MODEL GENETIK ENDAPAN TEMBAGA-EMAS PORFIRI
LOMBOK, INDONESIA



Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, S.T., M.Sc.

Brambang

Copyright©2022 By Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, S.T., M.T
All rights reserved

ISBN : 978-623-5389-46-2

15 x 23 cm, xxxiv + 193 halaman

Cetakan ke-1, November 2022

Penulis : **Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, S.T., M.T**
Desain Sampul : **Papong Kreatif**
Tata Letak : **Ainur Rochmah**
Editor Naskah : **Dr. Muhamad Husein Maruahey, Drs., M.Sc.**
Sumber Gambar: <https://www.freepik.com/>
<https://www.vecteezy.com/>

Diterbitkan Oleh:

PENERBIT KBM INDONESIA

Banguntapan, Bantul-Jogjakarta (Kantor I)

Balen, Bojonegoro-Jawa Timur, Indonesia (Kantor II)

081357517526 (Tlpn/WA)

Website: <https://penerbitkbm.com> | www.penerbitbukumurah.com

Email: karyabaktimakmur@gmail.com

Distributor: <https://toko.penerbitbukujogja.com>

Youtube: Penerbit KBM Sastrabook

Instagram: @penerbit.kbm | @penerbitbukujogja

Anggota IKAPI (Ikatan Penerbit Indonesia)

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau

Memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini

Tanpa izin dari penerbit

DAFTAR PUSTAKA	79
PROFIL PENULIS	91
LAMPIRAN A PETA	93
LAMPIRAN B DAFTAR SAMPEL.....	96
LAMPIRAN C ANALISIS PETROGRAFI.....	115
LAMPIRAN D ANALISIS XRD.....	147
LAMPIRAN E ANALISIS XRF	168
LAMPIRAN F ANALISIS ICP-MS	177
LAMPIRAN G ANALISIS AAS	179
LAMPIRAN H ANALISIS KIMIA MINERAL (EPMA).....	182
LAMPIRAN I INKLUSI FLUIDA.....	189



DAFTAR ISI

DAFTAR SINGKATAN	VII
KATA PENGANTAR	XIII
ABSTRACT	XV
SARI	XVII
DAFTAR ISI	XXI
DAFTAR TABEL	XXV
DAFTAR GAMBAR	XXVII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Lokasi Brambang.....	2
BAB II TINJAUAN GEOLOGI REGIONAL	5
2.1. Fisiografi.....	5
2.1.1. Fisiografi Regional.....	5
2.2. Stratigrafi.....	7
2.2.1. Stratigrafi Regional.....	7
2.3. Struktur Geologi.....	7
2.3.1. Struktur Geologi Regional.....	7
2.4. Sejarah Geologi.....	9
2.5. Mineralisasi Regional.....	9
BAB III GEOLOGI DAERAH BRAMBANG	15
3.1. Fisiografi.....	15
3.1.1. Fisiografi Daerah Brambang.....	15
3.2. Litologi.....	15
3.2.1. Satuan Tuf Lapili.....	17
3.2.2. Satuan Diorit.....	18
3.2.3. Satuan Tonalit.....	19
3.2.4. Satuan Breksi Diatrem.....	20

3.3	Struktur Geologi.....	21
3.3.1	Struktur Geologi Daerah Brambang.....	21
3.3.2	Tektonik Setting Daerah Brambang.....	22
BAB IV	MINERALOGI DAN GEOKIMIA BATUAN ALTERASI DAERAH BRAMBANG.....	27
4.1	Alterasi 27	
4.1.1.	Satuan Tuf Lapili.....	29
4.1.2.	Satuan Diorit.....	33
4.1.3.	Satuan Tonalit.....	35
4.2.	Geokimia Batuan Alterasi.....	39
4.2.1.	Harker Diagram.....	39
4.2.2.	<i>Mass Balance</i>	41
4.2.3.	Kesetimbangan Massa dan Volume.....	44
4.3.	Geokimia Bijih.....	45
4.4.	Kimia Mineral Klorit.....	46
BAB V	SISTEM URAT DAN MINERALISASI.....	47
5.1.	Sistem Urat.....	48
5.2.	Mineralisasi Bijih.....	49
5.2.1.	Mineralisasi Pada Alterasi Potasik.....	52
5.2.2.	Mineralisasi Pada Alterasi Propilitik.....	54
5.2.3.	Mineralisasi Pada Alterasi Filik.....	54
5.2.4.	Mineralisasi Pada Alterasi Argilik Lanjut.....	55
5.3.	Paragenesa Mineral.....	55
BAB VI	PETROGRAFI DAN MIKROTERMOMETRI INKLUSI FLUIDA.....	59
6.1.	Pendahuluan.....	59
6.2.	Petrografi Inklusi Fluida.....	61
6.3	Mikrotermometri.....	64
BAB VII	DISKUSI.....	67
7.1.	Kontrol Geologi Terhadap Pembentukan Endapan.....	67
7.2.	Karakteristik Endapan.....	68
7.3.	Diskriminasi Tektonomagmatik Intrusi Tonalit.....	69
7.4.	Diskriminasi Kimia Antara Zona Alterasi Hidrotermal.....	69
7.4.1	Diskriminasi Geokimia Batuan.....	70
7.5.	Evolusi Fluida Bijih.....	73
7.6.	Model Genetik Endapan.....	75

BRAMBANG



**MINERALOGI, GEOKIMIA, FLUIDA HIDROTERMAL DAN MODEL
GENETIK ENDAPAN TEMBAGA-EMAS PORFIRI
LOMBOK, INDONESIA**

2019

DAFTAR SINGKATAN

A). Unit dan Singkatan Umum

Unit

P - *Pressure* (tekanan)
T - *Temperature* (suhu)
L - *Liquid* (cair)
V - *Vapor* (gas)
S - *Solid* (padat)
P-PS-S - *Primary-Pseudosecondary-Secondary* (primer-pseudosekunder-sekunder)
ppm - *Parts per million* (jumlah per satu juta)
km - kilometer
km³ - *Cubic kilometer* (kilometer kubik)
cm - centimeter
mm - milimeter
m - meter
wt.% - Weight percent (pesentase berat)
g/t - gram per ton
g/cm³ - gram per centimeter kubik
µm - mikrometer
°C - *Degree Celsius* (derajat celcius)
N - *North* (utara)
W - *West* (barat)
S - *South* (selatan)
E - *East* (timur)
GPS - *Global positioning System* (sistem pemosisian global)
mdpl - meter di atas permukaan laut

Singkatan Umum

REE - *Rare earth element*
LS - *Low sulphidation*
HS - *High sulphidation*
EPMA - *Electron probe micro-analyzer*
ICP-MS - *Inductively coupled plasma- mass spectrometry*
XRF - *X-ray fluorescence*
XRD - *X-ray Diffraction*
FI - *Fluid inclusion*
AA - *Advanced argillic*
PPL - *Plane polarized light*
XPL - *Crossed polarized Light*
QAPF - (Kuarsa, Alkali Feldspar, Plagioklas, Foid) Diagram Klasifikasi Batuan Beku (*Streckeisensdiagram*)

B). Kode Litologi

Singkatan litologi yang terdapat pada daerah penelitian

LTI	tonalit muda
ITI	tonalit menengah
ETI	tonalit tua
IBX	breksi intrusi
FDI	<i>fine grain</i> diorit
CTF	tuf kristal
DTF	tuf dasitik
LPF	tuf lapili
COL	kolovium
DIO	diorit

C). Kode Alterasi dan Intensitas

Kode Alterasi

AAC	clay-silika
ARG	clay-pirit, dengan atau tanpa D-vein
BIO	zona biotit
CMB	klorit-magnetit +/- biotit (pgm)
LIT	litocap-silika, <i>silica-clay</i>
SCC	serisit-klorit- <i>clay</i>

Intensitas Alterasi

TA	(5) <i>Total altered</i> (Teralterasi Total; teralterasi 100%, kecuali kuarsa, zircon dan apatit dan tidak memiliki tekstur primer)
INA	(4) <i>Intense altered</i> (Teralterasi Intens; teralterasi 100%, kecuali kuarsa, zircon dan apatit dan masih memiliki tekstur primer)
SA	(3) <i>Strong altered</i> (teralterasi kuat; alterasi >75%)
MA	(2) <i>Moderate altered</i> (teralterasi sedang, alterasi diantara 25-75%)
WA	(1) <i>Weak altered</i> (teralterasi lemah, alterasi diantara 10-25%)
LA	(0) <i>Least altered</i> (teralterasi sangat lemah, alterasi < 10%)

D). Singkatan Mineral

Singkatan dari mineral dibawah ini mengikuti singkatan dari Kretz (1983) dan Whitney & Evans (2010).

Ab	- albit $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
Ac	- aktinolit $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_5$
An	- anortit $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
Anh	- anhidrit CaSO_4
Alu	- alunit $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$
Bt	- biotit $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{Al,Fe})\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH,F,Cl})_2$
Bn	- bornit CuFeS_4

Cal	- kalsit CaCO_3
Cct	- kalkosit Cu_2S
Ccp	- kalkopirit CuFeS_2
Chl	- klorit $(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_6$
Cv	- kovelit CuS
Dck	- dickit $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$
Dg	- digenit Cu_9S_5
Di	- diopsit $\text{MgCaSi}_2\text{O}_6$
Dol	- dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Eng	- enargit Cu_3AsS_4
Ep	- epidot $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$
Gn	- galena PbS_2
Gp	- gipsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Gt	- goetit $\text{FeO}(\text{OH})$
Hem	- hematit Fe_2O_3
Hbl	- hornblende $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F,Cl})_2$
Ill	- illit $\text{K}_{1-1.5}\text{Al}_4(\text{SiAl})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$
Kln	- kaolinit $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
Kfs	- k-feldspar KAlSi_3O_8
Mag	- magnetit Fe_3O_4
Mgs	- magnesit MgCO_3
Pg	- paragonit $\text{NaAl}_2(\text{AlSiO}_3\text{O}_{10})(\text{OH,F,Cl})_2$
Pgt	- pigeonit $(\text{Ca,Mg,Fe})(\text{Mg,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$
Pl	- plagioklas $(\text{Ca,Na})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
Prl	- pirofilit $\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$
Po	- pirotit Fe_{1-x}S ($x=0$ to 0.2)
Py	- pirit FeS_2
Px	- piroksen $(\text{Na,Ca})(\text{Mg,Fe,Al})(\text{Al,Si})_2\text{O}_6$
Qz	- kuarsa SiO_2
Rds	- rodorkrosit MnCO_3
Ser	- serisit $\text{KAl}_2(\text{AlSiO}_3\text{O}_{10})(\text{OH,F,Cl})_2$
Sp	- spalerit ZnS_2
Sme	- smektit $(\text{Ca,Na})_{0.66}(\text{Al,Mg,Fe})_4(\text{Si,Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Ttr	- tetrahedrit $(\text{Cu,Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{12}$
Tnt	- tenantit $(\text{Cu,Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$

E). Simbol atau Singkatan Elemen

Au	= Gold (emas)
Ag	= Silver (perak)
As	= Arsenic (arsen)
Al	= Aluminium (aluminium)
Ba	= Barium (barium)
Bi	= Bismuth (bismut)
Ca	= Calcium (kalsium)
Cl	= Chlorine (klorin)
Cu	= Copper (tembaga)
Co	= Cobalt (kobalt)

Cr	= Chromium (kromium)
Cd	= Cadmium (kadmium)
K	= Potassium (potasium)
Fe	= Iron (besi)
In	= Indium (indium)
Na	= Sodium (sodium)
Ni	= Nickel (nikel)
Mn	= Manganese (mangan)
Mg	= Magnesium (magnesium)
Pb	= Lead (timbal)
S	= Sulphur (sulfur)
Si	= Silicon (silikon)
Sr	= Strontium (stronsium)
Ti	= Titanium (titanium)
V	= Vanadium (vanadium)
Zn	= Zinc (zink)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul “Mineralogi, Geokimia, Fluida Hidrotermal dan Model Genetik Endapan Tembaga-Emas Porfiri Brambang di Pulau Lombok, Iindonesia”.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik, Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada bersama seluruh Dosen dan Staf nya yang telah memberikan kesempatan dan membantu penyusun untuk melakukan disertasi ini.

Pada kesempatan ini, tidak lupa penyusun megucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Arifudin Idrus, S.T., M.T., dan Dr. Ir. I Wayan Warmada, selaku dosen pembimbing utama, dan pendamping, yang telah memberikan bimbingan dan saran selama penyusunan disertasi.
2. Prof. Dr. Ir. Subagyo Pramumijoyo, D.E.A. dan Ir. A. Dewi Titisari, M.T., Ph.D. dan Dr. Donatus Hendra Amijaya, S.T., M.T., selaku dosen penguji, yang telah memberikan saran untuk perbaikan laporan disertasi.
3. Bapak Dr. Ir. Waterman Sulistyana Bargawa, M.T., selaku penguji eksternal dari Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
4. Bapak Dr. Ir. Heru Hendrayana, selaku Kepala Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada.
5. Bapak Dr. Ir. I Wayan Warmada, selaku Ketua Program Studi Doktor Teknik Geologi.
6. Civitas akademi Jurusan Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada.
7. Prof. Satoru Kojima dan Prof. Tomoyuki Ohtani, serta stafnya yang telah memberikan bimbingan dan saran selama analisis geokimia di *Department of Earth Science, Faculty of Engineering, Gifu University*.
8. Seluruh mahasiswa *Department of Earth Science, Faculty of Engineering, Gifu University*, yang telah memberikan petunjuk dan bantuan untuk menyelesaikan analisis laboratorium (geokimia).

9. Masakazu Niwa, Ph.D. serta stafnya yang telah memberikan bimbingan dan saran selama analisis geokimia di Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency.
10. Lee Wah Liem, Ph.D. Associate Professor Departmen of Chemistry and Biomolekulare Science. Vice Head, Globalization Promotion Office Faculty of Engineering, Gifu University, yang membantu seluruh administrasi untuk kelancaran analisis Geokimia di Gifu University, Japan.
11. Ir. Syafrudin Maula serta seluruh staf P.T. Bintang Bulaeng Perkasa atas bimbingan, bantuan dan kerjasamanya, serta Bapak Ucit yang telah membantu penyusun dalam pengambilan data di lapangan.
12. Civitas akademi Program Studi Teknik Pertambangan dan civitas akademi Universitas Muhammadiyah Mataram.
13. Perpustakaan Faklutas Teknik, Universitas Gadjah Mada, yang telah banyak membantu saya dalam mendapatkan referensi tulisan, serta Perpustakaan Jurusan Teknik Geologi FT UGM, dan seluruh pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu per satu.
14. Teman-teman S3 dan S2, khususnya angkatan 2014, atas dukungan, kritik, dan sarannya.
15. Istri dan anak anakku tercinta, orang tuaku dan mertuaku yang tanpa pamrih selalu memberikan dukungan, doa dan dorongan tanpa henti sampai dengan selesainya disertasi ini.

Dalam disertasi ini, penyusun telah berusaha sebaik mungkin dan menyadari bahwa laporan disertasi ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dalam penyusunan selanjutnya dapat menjadi lebih baik. Penyusun juga berharap, disertasi ini dapat bermanfaat untuk kepentingan penelitian selanjutnya, serta menambah wawasan dan pengetahuan, baik bagi penyusun maupun pembaca.

Terima kasih.

Yogyakarta, 03 Juni 2019

Penyusun

Abstract

The Brambang which has a porphyry copper-gold deposit is located in West Lombok Regency, southwest of Lombok Island. The deposits are located along the active active east-west Sunda-Banda magmatic arc which marks the convergence of three main tectonic plates: the Indian-Australian, Eurasian and Pacific plates. The deposits basically consist of three main rock types: tuff lapilli and diorite, which are intruded by at least two copper-gold tonalite porphyry; this is then referred to as "old" and "young" tonalite.

Young tonalite with intermediate content of potassium and having a similar mineralogical arrangement, symbolized by hornblende, plagioclase, quartz, biotite, magnetite, and small ilmenite. Old tonalite has a porphyritic texture appearance. Has a gray color, has a quartz content of 20% more in the triangle QPAF diagram, and contains biotite and anhydrite.

There are three phases of the alteration in the brambang's area which then produce, potassic alteration, phyllic alteration, propylitic alteration, advanced argillic alteration and argillic alteration. The earliest phase is phase in which alteration alteration hydrothermal associated with the first tonalite intrusion. This phase is characterized by the process of forming secondary biotite from mafic minerals (hornblende and primary biotite) followed by the process of chloritizing the mafic minerals including the secondary biotite that was previously formed. This phase produces a biotite $\pm$ magnetite alteration zone surrounded by a wide zone of propylitic (chlorite-epidote) alteration around it.

The next phase is the second tonalite intrusion phase. This alteration zone, called the zone of potassic alteration, undergoes a secondary biotite enrichment

process, while undergoing a process of chloritization and forming a biotite-chlorite $\pm$ magnetite alteration zone and surrounded by chlorite-epidote alteration zones. Until this phase the components of the microchemical continue to drain hydrothermal fluid up to 95% into the orthomagmatic system and 5% of the hydrothermal fluid is flowed out of the system (from the orthomagmatic system to the convection system). Magmatic fluid flow that enters the convection system and mixes with meteoric fluid and alteration of these side rocks causes the pluton body to cool down and form Fracture fractures. This cooling process is followed by a change in the silicate minerals by sericite minerals and quartz. In this phase the chlorite $\pm$ magnetite alteration zone is overprinted by the zone of sericite alteration and forms a chlorite-sericite $\pm$ magnetite zone of alteration surrounded by phyllic alteration zones.

The next phase or the last phase. This phase is caused by increasing contact with meteoric fluids which results in the destruction of feldspar minerals into clay minerals. This process forms an alteration zone of kaolinite-ilite and smectite-illite clay minerals (advanced argillic and argillic alteration zones). All phases occur in the period of late Oligocene to the early Miocene.

Hydrothermal alteration processes result in changes in the mineralization and geochemistry of rocks which can be in the form of gains or losses to oxides and elements in rocks. Enrichment of key elements such as S, MgO, Fe₂O₃, Na₂O, and reduction of Au and Cu K elements in further argillic alteration can be concluded that the formation of sulfide elements which do not carry copper is still ongoing. The most dominant sulfide mineral is probably pyrite. In the process of enrichment of Fe₂O₃ which may be related to the oxidation process of sulfide minerals that produce iron oxides, enrichment of MgO is probably related to the increased intensity of chlorite

formation from mafic minerals in rocks. Enrichment of Na_2O elements and reduction of K elements may be closely related to the process of destruction of feldspar in rocks into clay minerals, which in alteration of kaolinite-ilite is a very dominant process. In potassic alteration the main elements such as S, Au, and Cu, Fe_2O_3 appear to be added. This is probably dominantly associated with the formation of copper-bearing sulfide mineral minerals. Bornite and chalcopyrite, digenite and chalcocite are sulfide minerals which form most of these alterations. The formation of bornite and chalcopyrite mineral minerals is associated with the elemental enrichment process of Au. The addition of Fe_2O_3 to alteration is closely related to the presence of secondary magnetite minerals.

The overall rare earth element is also closely related to the stability of hydrothermal minerals during changes. In general, absolute REE concentrations in rocks tend to decrease with increasing intensity of changes from the least altered rocks, to the end of the argillic alteration zone.

Sari

Lokasi Brambang yang memiliki deposit tembaga-emas porfiri terletak di Kabupaten Lombok Barat, baratdaya dari Pulau Lombok. Endapan itu terletak di sepanjang busur magmatik Sunda-Banda timur-barat tektonik aktif yang menandai konvergensi tiga lempeng tektonik utama: lempeng India-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Lokasi Brambang terdiri dari tiga jenis batuan utama: satuan batuan tuf lapili dan diorit, yang diterobos oleh multi porfiri tonalit yang mengandung tembaga-emas; ini selanjutnya disebut sebagai tonalit “tua” dan “muda”.

Tonalit tua memiliki kenampakan tesktur porfiritik, memiliki warna abu-abu, kandungan kuarsa 20% lebih banyak dalam diagram segitiga kuarsa-k-feldspar-plagioklas, dan mengandung biotit dan anhidrit. Tonalit muda dengan kandungan kalium menengah dan memiliki susunan mineralogi yang serupa, dilambangkan dengan hornblende, plagioklas, kuarsa, biotit, magnetit, dan ilmenit kecil.

Daerah Lokasi Penelitian Brambang memiliki lima jenis alterasi hidrotermal yaitu: alterasi potasik, filik, propilitik, argilik lanjut dan argilik. Alterasi tersebut terbentuk dalam tiga fase. Fase paling awal adalah fase alterasi hidrotermal berasosiasi dengan intrusi tonalit pertama. Fase tersebut ditandai oleh proses pembentukan biotit sekunder dari mineral-mineral mafik (hornblende dan biotit primer) yang diikuti oleh proses kloritisasi mineral-mineral mafik termasuk biotit sekunder yang sebelumnya terbentuk. Fase ini menghasilkan zona alterasi potasik (biotit±magnetit) yang dilingkupi oleh zona luas alterasi propilitik (klorit-epidot) di sekelilingnya.

Fase berikutnya adalah fase intrusi tonalit yang kedua yang mengalami proses pengkayaan biotit sekunder, sekaligus mengalami proses kloritisasi dan membentuk

zona alterasi biotit-klorit±magnetit dan dikelilingi oleh zona alterasi klorit-epidot. Sampai dengan fase ini komponen dari magmatik terus mengalirkan fluida hidrotermal hingga 95% kedalam sistem ortomagmatik dan 5% dari fluida hidrotermal tersebut dialirkan keluar sistem (dari sistem ortomagmatik dialirkan lagi ke sistem konveksi). Aliran fluida magmatik yang memasuki sistem konveksi dan bercampur dengan fluida meteorik dan alterasi batuan samping ini mengakibatkan tubuh pluton mengalami pendinginan dan membentuk rekahan rekahan. Proses pendinginan ini diikuti dengan proses pergantian mineral silikat oleh mineral serisit dan kuarsa. Pada fase ini zona alterasi klorit±magnetit ter *overprint* oleh zona alterasi serisit dan membentuk zona alterasi klorit-serisit±magnetit yang dikelilingi oleh zona alterasi filik.

Fase selanjutnya atau fase yang terakhir. Fase ini disebabkan oleh karena dengan semakin bertambahnya kontak dengan fluida meteorik yang mengakibatkan proses penghancuran mineral feldspar menjadi mineral-mineral lempung. Proses ini membentuk zona alterasi mineral lempung kaolinit-illit dan smektit-illit (zona alterasi argilik lanjut dan argilik). Identifikasi mineral lempung kaolinit, illit, smektit pada alterasi argilik lanjut menunjukkan *overprinting* zona alterasi argilik lanjut oleh alterasi argilik. Semua fase tersebut terjadi dalam rentang waktu Oligosen Akhir - Miosen Awal.

Proses alterasi hidrotermal mengakibatkan perubahan terhadap mineralisasi dan geokimia batuan yang dapat berupa pengayaan (gains) atau pengurangan (losses) terhadap oksida maupun unsur dalam batuan. Pengayaan unsur utama seperti S, MgO, Fe₂O₃, Na₂O, dan pengurangan unsur Au, Cu dan K pada alterasi argilik lanjut dapat disimpulkan bahwa pembentukan unsur sulfide yang tidak membawa

tembaga masih berlangsung. Mineral sulfida yang pembentukannya paling dominan kemungkinannya adalah pirit. Pada proses pengayaan Fe_2O_3 yang kemungkinan berkaitan proses oksidasi terhadap mineral-mineral sulfida yang menghasilkan oksida-oksida besi, sementara pengkayaan MgO kemungkinan berkaitan dengan bertambahnya intensitas pembentukan klorit dari mineral-mineral mafik dalam batuan. Pengayaan unsur Na_2O dan pengurangan unsur K kemungkinan berkaitan erat dengan proses penghancuran feldspar dalam batuan menjadi mineral-mineral lempung, yang pada alterasi kaolinit-ilit ini merupakan proses yang sangat dominan. Pada alterasi potasik unsur-unsur utama seperti S, Au, dan Cu, Fe_2O_3 terlihat mengalami penambahan. Hal tersebut kemungkinan dominan berasosiasi dengan pembentukan mineral-mineral sulfida pembawa tembaga. Bornit dan kalkopirit, digenit dan kalkosit merupakan mineral sulfida yang pembentukannya paling banyak pada alterasi ini. Pembentukan mineral mineral bornit dan kalkopirit berasosiasi dengan proses pengkayaan unsur Au. Penambahan unsur Fe_2O_3 pada alterasi ini erat hubungannya dengannya kehadiran mineral magnetit sekunder.

Unsur tanah jarang secara keseluruhan juga terkait erat dengan stabilitas mineral hidrotermal selama perubahan. Secara umum, konsentrasi REE (*rare earth element*) absolut dalam batuan cenderung menurun dengan meningkatnya intensitas perubahan dari batuan yang paling sedikit berubah, hingga akhir zona alterasi argilik.

DAFTAR ISI

DAFTAR SINGKATAN.....	I
KATA PENGANTAR.....	V
ABSTRACT	VII
SARI.....	X
DAFTAR ISI.....	XIII
DAFTAR TABEL	XVI
DAFTAR GAMBAR	XVII
BAB I PENDAHULUAN	23
I.1. Latar Belakang.....	23
I.2. Lokasi Brambang	25
BAB II TINJAUAN GEOLOGI REGIONAL.....	26
II.1. Fisiografi.....	26
II.1.1. Fisiografi Regional.....	26
II.2. Stratigrafi	28
II.2.1. Stratigrafi Regional.....	28
II.3. Struktur Geologi	29
II.3.1. Struktur Geologi Regional.....	30
II.4. Sejarah Geologi.....	31
II.5. Mineralisasi Regional	32
BAB III GEOLOGI DAERAH BRAMBANG	39
III.1. Fisiografi	39
III.1.1. Fisiografi Daerah Brambang.....	39
III.2. Litologi	39
III.2.1. Satuan Tuf Lapili.....	41
III.2.2. Satuan Diorit.....	42
III.2.3. Satuan Tonalit.....	43
III.2.4. Satuan Breksi Diatrem.....	45

III.3 Struktur Geologi	46
III.3.1 Struktur Geologi Daerah Brambang	46
III.3.2 Tektonik Setting Daerah Brambang.....	47
BAB IV MINERALOGI DAN GEOKIMIA BATUAN ALTERASI DAERAH BRAMBANG	53
IV.1 Alterasi	53
IV.1.1. Satuan Tuf Lapili.....	55
IV.1.2. Satuan Diorit	60
IV.1.3. Satuan Tonalit.....	62
IV.2. Geokimia Batuan Alterasi	67
IV.2.1. Harker Diagram.....	68
IV.2.2. <i>Mass Balance</i>	70
IV.2.3. Keseimbangan Massa dan Volume	75
IV.3. Geokimia Bijih.....	75
IV.4. Kimia Mineral Klorit	76
BAB V SISTEM URAT DAN MINERALISASI	78
VII.1. Sistem Urat	79
V.2. Mineralisasi Bijih.....	81
V.2.1. Mineralisasi Pada Alterasi Potasik.....	84
V.2.2. Mineralisasi Pada Alterasi Propilitik	85
V.2.3. Mineralisasi Pada Alterasi Filik.....	86
V.2.4. Mineralisasi Pada Alterasi Argilik Lanjut.....	86
V.3. Paragenesa Mineral	87
BAB V PETROGRAFI DAN MIKROTERMOMETRI INKLUSI FLUIDA.....	91
V.1. Pendahuluan.....	91
V.2. Petrografi Inklusi Fluida.....	93
V.3 Mikrotermometri.....	96
BAB VI DISKUSI.....	99
VI.1. Kontrol Geologi Terhadap Pembentukan Endapan	99
VI.2. Karakteristik Endapan	100
VI.3. Diskriminasi Tektonomagmatik Intrusi Tonalit	101
VI.4. Diskriminasi Kimia Antara Zona Alterasi Hidrotermal	102

VI.4.1 Diskriminasi Geokimia Batuan	103
VI.5. Evolusi Fluida Bijih.....	107
VI.6. Model Genetik Endapan.....	109
DAFTAR PUSTAKA	115
LAMPIRAN A PETA.....	125
LAMPIRAN B DAFTAR SAMPEL	130
LAMPIRAN C ANALISIS PETROGRAFI	149
LAMPIRAN D ANALISIS XRD	180
LAMPIRAN E ANALISIS XRF	214
LAMPIRAN F ANALISIS ICP-MS.....	224
LAMPIRAN G ANALISIS AAS.....	226
LAMPIRAN H ANALISIS KIMIA MINERAL (EPMA)	229
LAMPIRAN I INKLUSI FLUIDA.....	236

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Klasifikasi jenis alterasi (Meyer dan Hemley, 1967).**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 6. 1. Kandungan mineral lempug yang mengindikasi alterasi argilik lanjut dengan menggunakan metode Air Dried.	57
Tabel 6. 2. Kandungan mineral lempug yang mengindikasi alterasi argilik dengan menggunakan metode Air Dried.	60
Tabel 6. 3. Kehadiran mineral penciri alterasi pada Tonalit berdasarkan pengamatan Petrografi	62
Tabel 6. 4. Geothermometri pada sampel no.50 menggunakan mineral klorit pada Tonalit Tua, menurut Cathelineau (1988) dan Vidal dkk., (2001).	77
Tabel 7. 1. Urutan Pembentukan Mineral berdasarkan tahap alterasi di daerah Brambang	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Peta kesampaian lokasi Brambang	25
Gambar 2. 1. Morfologi Pulau Lombok modifikasi dari As-syakur (2008) dalam Bakti (2012).	28
Gambar 2. 2. Peta geologi regional bagian baratdaya dari lembar Lombok (dimodifikasi dari Mangga dkk., 1994). Bersekala 1:250.000.	31
Gambar 2. 3. Anomali Geokimia Cu-Au (warna jingga) dengan potensi Porfiri Cu-Au di sekitar area lokasi. Dari PT. Bintang Bulaeng Persada (2011).	34
Gambar 2. 4. Sistem mineralisasi Cu – Au di Lombok dan Sumbawa Pratama dkk., (2002).	36
Gambar 2. 5. Gambaran Sistem Mineralisasi di Lombok dan Sumbawa (Priowasono 2002, dalam Pratama, 2002) dengan struktur pengontrol mineralisasi timurlaut – baratdaya (NE-SW).	38
Gambar 3. 1. Asosiasi tektonik lempeng dan mineralisasi tembaga (Evans, 1993).	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2. Sistem Mineralisasi Hidrothermal-Magmatik. Modifikasi dari Hedenquist, 1987.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3. Model klasik tipe alterasi dan zonasi kadar bijih pada endapan Cu-Au porfiri (Lowell & Guilbert, 1970)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 4. Klasifikasi jenis alterasi menurut Meyer dan Hemley, (1967). Keterangan A menunjukkan kandungan Al_2O_3 , K menunjukkan kandungan sodium dan potasium, F menunjukkan kandungan besi dan magnesium, C menunjukkan kandungan kalsium.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 5. Model sistem hidrothermal dengan membandingkan pola aliran fluida konveksi (a) dan ortomagmatik (b) (McMilan & Panteleyev, 1988).	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1. Sistem Alur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 1. A) Peta Geologi Permukaan dan Lokasi Titik Bor daerah Brambang dimodifikasi dari PT Bintang Bulaeng Persada (2009). Garis sayatan A-A ^I , B-B ^I dan Profil data bor	

	ditampilkan dalam Lampiran A, LpA2 dan LpA3. Garis sayatan C-C ¹ dibuat untuk menampilkan model genetik pada BAB IX.	
	B) Kolom Stratigrafi Daerah Brambang modifikasi dari Mangga dkk., (1994). Menjelaskan satuan batuan tuf lapili yang dintrusi oleh diorite dan kemudian oleh tonalit dan breksi.	40
Gambar 5.	2. Tuf lapili yang teralterasi argilik pada sampel no.2LP. Putih keabuan, teralterasi kuat, ukuran butir 0,1-0,75mm, derajat pembundaran buruk, pemilahan buruk, kemas mud supported, disusun oleh kuarsa, mineral lempung, opak dan epidote.	41
Gambar 5.	3. A. Klasifikasi Batuan Piroklastik berdasarkan material penyusun (after Pettijohn, 1975). 5.4. B Klasifikasi Batuan Piroklastik berdasarkan ukuran butirnya.	42
Gambar 5.	4. A) Kenampakan megaskopis sampel Diorit dari kedalaman 72.10m BDH011 sampel no.31. B) Kenampakan mikroskopis teralterasi argilik dengan 45% Lempung(illite?), 5% opak dan 50% kuarsa.	43
Gambar 5.	5. A & B Sampel no. 7 Tonalit Muda teralterasi propilitik. C & D Sampel no.16 Tonalit Tua teralterasi argilik lanjut (Lampiran C, Lp34 dan Lp37).	45
Gambar 5.	6. Satuan breksi diatrem di utara dam Brambang dengan ukuran fragmen yang beragam ($\geq 2\text{mm}$).	46
Gambar 5.	7. Menunjukkan tuf yang teralterasi termasuk dalam komposisi Andesit sebagai tipe batuan hasil pengeplotan menggunakan elemen immobile (setelah Winchester dan Floyd, 1976).	48
Gambar 5.	8. Diagram $\%(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ dengan $\%\text{SiO}_2$ dari Cox-Bell-Pank (1979) menunjukkan batuan merupakan diorit.	49
Gambar 5.	9. Diagram $\%\text{K}_2\text{O}$ dengan $\%\text{SiO}_2$ dari Peccerillo dan Taylor (1976) menunjukkan tipe seri batuan dominan adalah Kalk-Alkalin.	50
Gambar 5.	10. Diagram $\%(\text{Y}+\text{Nb})$ dengan $\%\text{Rb}$ dari Pearce dkk., (1984) menunjukkan posisi tektonik batuan berada di VAG (Volcanic Arc Granites).	51
Gambar 5.	11. Diagram $\%\text{Y}$ dengan $\%\text{Cr}$ dari Pearce (1982) menunjukkan posisi tektonik batuan berada di VAB (Volcanic Arc Basalt).	51
Gambar 5.	12. Diagram REE-Chondrites yang dinormalisasi (modifikasi dari Sun dan McDonough, 1989) untuk beberapa sampel tonalit ($\text{LoI} < 5 \text{ wt.}\%$) menunjukkan pola tertentu mengikuti bentuk dari Island arc calc-alkalines.	52
Gambar 6.	1. Peta Zona Alterasi Daerah Brambang dari PT Bintang Bulaeng Persada (2009).	54

- Gambar 6. 2. Indikasi alterasi argilik lanjutan pada tur lapili ditunjukkan pada sampel 43LP yang disusun oleh Pirofilit (60%), kuarsa sekunder (Qz, 20%) dan mineral lempung (10%). 56
- Gambar 6. 3. Analisis XRD air dry, pada lokasi pengamatan 43LP pada batuan Tuf lapili yang teralterasi argilik lanjut memperlihatkan kehadiran mineral penciri tipe alterasi argilik lanjut seperti alunite. 57
- Gambar 6. 4. Tuf lapili teralterasi argilik ditunjukkan juga pada sampel 2LP dengan mineralogi berupa mineral lempung Illit? (Min clay 70%), kuarsa sekunder (Qz 10%), dan mineral oksidasi (Oksidasi 20%). 59
- Gambar 6. 5. Sampel 2LP teralterasi argilik memperlihatkan kehadiran mineral penciri tipe alterasi argilik seperti illit, kaolinit dan smektit. 59
- Gambar 6. 6. Sampel no.26 tersusun atas Plagioklas (Plg, 60%), Piroksen (Px, 10%) dan Kuarsa (Qz, 30%) ; A) Kontak Diorit yang teralterasi Potasik dengan Andesit B) Bagian tepi mineral Plagioklas (Plg) yang berubah menjadi K-Feldspar (Nikol Silang); C) terbentuk kuarsa sekunder (Qz) dengan bentuk mineral sub-anhedral (Nikol Silang). 61
- Gambar 6. 7. Sampel no.3 mengindikasikan alterasi propilitik ditunjukkan oleh hadirnya epidot (Ep, 15%), klorit (Chl, 10%) dan aktinolit (Act, 35%) sebagai mineral sekunder menggantikan mineral mafik pada diorit kuarsa. Kuarsa (Qz, 40%) berbentuk anhedral sebagai massa dasar (Nikol Sejajar). 62
- Gambar 6. 8. A) Indikasi alterasi potasik pada tonalit, ditunjukkan pada: B) Sampel no.28 dengan kehadiran biotit (Bio, 30%), klorit (Chl, 10%) dan kuarsa sekunder (Qz, 60%) (nikol sejajar); C) Sampel 28 dengan kehadiran mineral opak (Opq, 5%), biotit (Bio, 50%) anhedral, plagioklas (Plg, 35%) yang sebagian berubah menjadi K-Feldspar dan kuarsa (Qz, 10%) (nikol silang). 63
- Gambar 6. 9. A) Indikasi alterasi filik yang meng-overprint mineral alterasi potasik pada tonalit: B) Sampel 8E terdapat kuarsa sekunder (Qz, 30%) yang sisinya diisi dengan serisit (Ser, 70%) menggantikan plagioklas dari batuan asal (Nikol Silang); C) Sampel no.63 terdapat K-Feldspar (Kfs, 60%) yang sisinya berubah menjadi serisit (Ser, 30%), ditemukan pula mineral opak (Opq, 10%). Dapat berupa pirit atau magnetit-dari alterasi potasik) (Nikol Silang). 65
- Gambar 6. 10. Indikasi alterasi propilitik pada tonalit. Sampel no.7 terdapat epidot (20%) yang mengoverprint plagioklas (mineral primer 10%) dan K-feldspar (5%). Kuarsa sekunder yang berbentuk

granular banyak dijumpai (40%), mineral lempung berupa illit (10%) juga ditemukan mengoverprint plagioklas, mineral opak (10%) dan kalsit (5%). Ditemukan juga Vein Biotit dan Vein Kalsit-Epidot.	66
Gambar 6. 11. Indikasi alterasi argilik lanjutan pada tonalit. Sampel 59 terdapat pirofilit (20%) yang Kuarsa (50%). Terdapat mineral lempung (illit, 25%) dan sedikit klorit (5%).	67
Gambar 6. 12. Variasi dari diagram Harker antara unsur oksida (Major element) dan SiO ₂ (dalam % berat).	69
Gambar 6. 13. Trend Linier dari Oksida Major dan Elemen terhadap TiO ₂ . Oksida Major dan Element mengindikasikan immobilitas dengan koefisien korelasi $(r) \geq 0,7$. Catatan: Oksida Major dalam wt % dan Element dalam ppm.	71
Gambar 6. 14. Isocon-Mass Balance Diagram antara unsur zona alterasi profilitik dengan unsur pada zona alterasi Argilik Lanjut pada Tonalit Tua. B) Perubahan Konsentrasi unsur zona alterasi profilitik dengan unsur zona alterasi Argilik Lanjut pada Tonalit Tua.	73
Gambar 6. 15. Isocon-Mass Balance Diagram antara unsur zona alterasi profilitik dengan unsur pada zona alterasi Potasik pada intermediate Tonalit. B) Perubahan Konsentrasi unsur zona alterasi profilitik dengan unsur zona alterasi Potasik pada intermediate Tonalit.	74
Gambar 6. 16. Variasi dari diagram Harker antara unsur logam Au, Cu, Mo (dalam ppm) dan SiO ₂ (dalam % berat).	76
Gambar 7. 1. Morfologi dari zona mineralisasi dilihat dari sebelah selatan jalan kontrol irigasi. Argillic alterasi, stockwork A-B-C-D veinlet dengan Cu-Au mineralisasi.	78
Gambar 7. 2. Beberapa sampel yang menunjukkan kehadiran urat yang mengindikasikan sistem mineralisasi porfiri Au-Cu.	80
Gambar 7. 3. A) Diorite-tonalite porfiri dengan strong argillic alterasi, stock works b-d vein, 0.7% Cu-0.8ppm Au. B) Stok work area disepanjang jalan kontrol irigasi pada Gambar 7.1.	81
Gambar 7. 4. Anomali Ground Magnetik dan Lokasi Titik Bor pada Prospek Mineralisasi. Lokasi Brambang daerah Brambang, Lombok Barat, Pulau Lombok. PT Bintang Bulaeng Persada.	82
Gambar 7. 5. Penampang Utara-Selatan sayatan B-B ^I pada Peta Anomali Ground Magnetik (yang diputar 90° searah jarum jam) modifikasi dari PT Bintang Bulaeng Persada.	83
Gambar 7. 6. Sayatan Poles Diorit Kuarsa Sampel no.26: A) Kalkopirit (Ccp) tumbuh bersama dengan magnetit (Mag) dan kuarsa (Qz)	

granoblastik mengisi rekahan; B) Kalkopirit (Ccp) dan magnetit (Mag) tumbuh bersama dalam kristal K-Felspar yang terbentuk mengganti masa dasar plagioklas atau fragmen litik.	84
Gambar 7. 7. Sayatan Poles Tonalit Sampel no.28: A) Kalkopirit (Ccp), magnetit (Mag) dan pirit tumbuh bersama dengan masa dasar kuarsa (Qz); B) Kalkopirit dan pirit tumbuh bersama dengan masa dasar kuarsa dan plagioklas yang terubah.	85
Gambar 7. 8. Sayatan Poles Diorit Kuarsa: Sampel no.3 Kalkopirit (Ccp) diantara masa dasar K-felspar (ubahan dari plagioklas) dan magnetit (Mag).	85
Gambar 7. 9. Sayatan Poles Diorit Kuarsa: A) Sampel no.8E kalkopirit (Ccp) dan pirit diantara kuarsa (Qz) dengan tekstur granoblastik; B) Sampel no.63 pirit (Py) dan kalkopirit (Ccp) mengisi fraktur dan memotong kuarsa (Qz) bertekstur granoblastik. Fraktur lain juga diisi dengan magnetit (Mag).	86
Gambar 7. 10. Sayatan Poles Diorit Kuarsa, sampel no.19: dijumpai inklusi kalkopirit (Ccp) dengan bentuk anhedral dalam Pirit (Py).	87
 Gambar 8. 1. Tipe dan Klasifikasi Inklusi Fluida. (A): Primer (P), Sekunder (S), Pseudosekunder (PS) Inklusi Fluida pada Kristal Kuarsa. (B): Inklusi Fluida pada Ruang Temperatur Shepperd dkk., (1985).	92
Gambar 8. 2. A dan B menunjukkan klasifikasi Inklusi Fluida Sekunder (S) dan Pseudosekunder (PS). C dan D menunjukkan klasifikasi Inklusi Fluida Primer dari urat kuarsa "D" (L+V) dan (V+L)	94
Gambar 8. 3. Petrografi Analisis Inklusi Fluida Tipe II V+L dengan satu atau lebih daughter mineral. A dan B menunjukkan mineral hematit dengan warna "merah".	95
Gambar 8. 4. A dan B Inklusi Fluida Tipe II V+L dengan satu atau lebih daughter mineral. C Inklusi Fluida Tipe III L+V dengan lebih dari satu daughter mineral. D dengan urat kuarsa yang kaya akan Inklusi Fluida Tipe II dan Tipe III.	96
Gambar 8. 5. Diagram Salinitas (wt.% NaCl) terhadap Temperatur [T _h] terkait penentuan tipe endapan pada daerah penelitian Brambang di Plot dan dimodifikasi pada Diagram Tipe Endapan menurut Large dkk., (1988).	98
 Gambar 9. 1. Tonalit. Diskriminasi geokimia berdasarkan R1 dan R2 yang memperlihatkan intensitas perubahan alterasi dari zona awal, transisi, kemudian akhir pada zona alterasi. Modifikasi dari De La Roche dkk., (1980).	104

Gambar 9. 2. REE-chondrite (C1) pola normalisasi membedakan berbagai zona alterasi di lokasi penelitian Brambang pada batuan Tonalit. Pola menunjukkan bahwa REE mengalami penipisan seiring dengan peningkatan intensitas alterasi dari batuan yang paling fresh (least altered) sampai dengan alterasi argilik lanjut. (Lampiran F, Tabel 1.)	106
Gambar 9. 3. Pengeplotan data Salinitas pada Diagram kedalaman, tekanan, dan suhu dari Haas (1971) yang menunjukkan tekanan pada daerah penelitian pada kisaran 300 bar.	108
Gambar 9. 4. Pengeplotan data tekanan pada Diagram salinitas, tekanan, dan suhu dari Driesner and Heinrich, (2007) yang menunjukkan kedalaman 3 km dari paleosurface.	109
Gambar 9. 5. Permodelan endapan porfiri Cu-Au pada daerah penelitian Brambang.	110

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kepulauan Nusa Tenggara merupakan daerah yang terletak di antara Pulau Jawa dan Busur Banda, yang terdiri atas kelompok pulau-pulau kecil dan cekungan. Secara fisiografis, daerah ini dibatasi Pulau Jawa di bagian barat, Busur Banda di bagian timur, Laut Flores di Utara dan Samudera Hindia di selatan. Berdasarkan peta tektonik Hamilton (1979), Kepulauan Nusa Tenggara terbentuk akibat subduksi antara lempeng samudera Indo-Australia dengan lempeng benua Eurasia. Sehingga, secara geologi, Kepulauan Nusa Tenggara ini terbentuk akibat aktivitas gunung api dan membentuk rangkaian kepulauan.

Pulau Lombok yang dikenal sebagai penyumbang endapan emas, perak, dan tembaga kelas dunia, terutama bagian barat daya, merupakan lokasi terbaik penghasil mineral bijih (PT. Bintang Bulaeng Persada, 2009). Sejalan dengan *trend* struktur utara-barat laut yang berkembang di Pulau Lombok, dapat ditemukan tipe mineralisasi lengkap mulai dari mineralisasi endapan porfiri Cu-Au dalam hingga mineralisasi endapan epitermal Au-Ag temperatur rendah yang meliputi daerah Selodong, Mencanggah, Pelangan, Sundancer, dan Brambang (Rompo dkk., 2012).

Menurut Rompo dkk., (2012) daerah Brambang merupakan salah satu daerah di Lombok yang memiliki mineralisasi endapan porfiri Cu-Au. Daerah ini dikontrol struktur geologi yang signifikan, ditandai dengan hadirnya sesar geser yang berkembang dengan arah umum timurlaut – baratdaya dan baratlaut – tenggara serta kekar. Kontrol struktur inilah yang menjadikan daerah ini memiliki potensi mineralisasi.

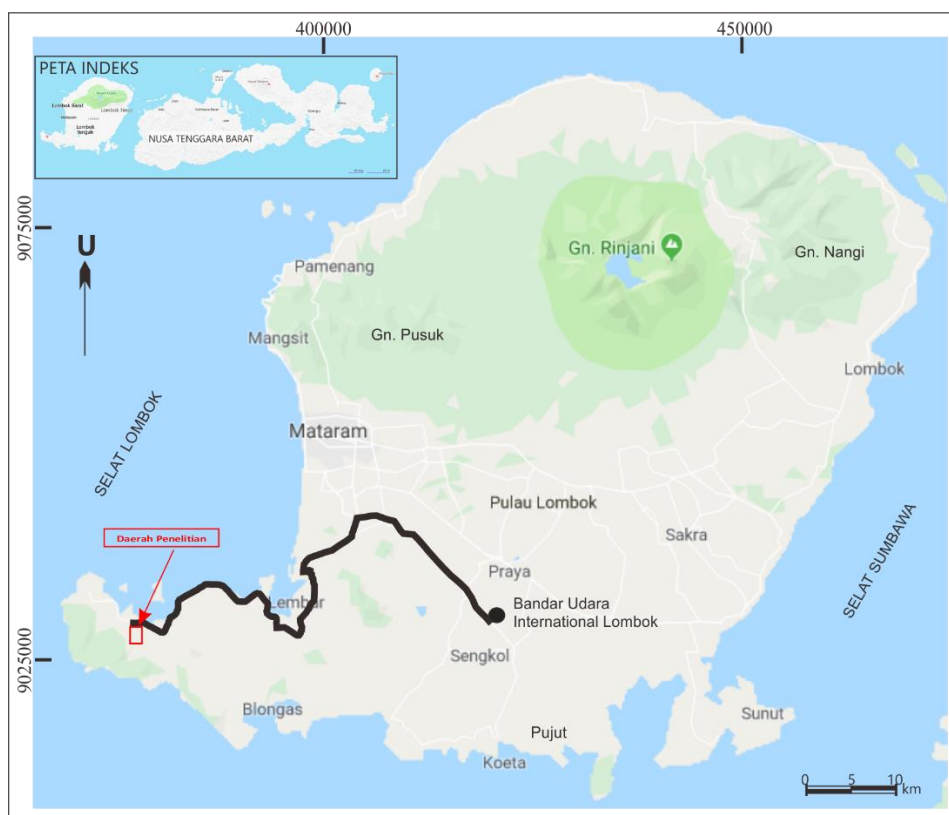
Singkapan intrusi yang banyak tersingkap di tepi-tepi jalan Daerah Brambang menunjukkan urat-urat yang saling berpotongan membentuk *stockwork* dan dalam contoh setangan menunjukkan potensi mineral bijih yang cukup melimpah. *Stockwork* terbentuk akibat pengisian rekahan yang saling memotong oleh larutan hidrotermal (Ridley, 2013).

Brambang terkait mineralisasi tipe porfiri di daerah Brambang, Lombok belum banyak dilakukan. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan di Brambang dan sekitarnya (Lombok) antara lain oleh Indarto, dkk. (1997), Pratama, dkk. (2002), dan Rompo, dkk. (2012). Dan penelitian yang terbaru oleh Rompo, dkk. (2012) hanya terbatas pada pembagian tipe alterasi dan tipe urat saja.

Karakteristik dari suatu endapan mineral akan sangat dipengaruhi oleh kondisi pembentukannya (alterasinya). Henley dan Ellis (1993) dalam Pirajno (2009) menyebutkan terdapat 3 (tiga) faktor yang mengontrol proses alterasi. Faktor pengontrol pertama adalah sifat alami dari batuan sampling. Kemudian pengontrol kedua adalah komposisi dari pada larutan hidrotermal. Faktor pengontrol terakhir adalah konsentrasi, aktifitas serta potensi kimia dari komponen larutan hidrotermal tersebut. Tipe alterasi tertentu berasosiasi dengan zona mineralisasi tertentu. Sebagai contoh zona alterasi potasik yang dikarakterisasi oleh biotit-alkalifelspar umumnya berasosiasi dengan kelimpahan dari mineral mineral sulfide tembaga. Disertasi ini disusun untuk melakukan kajian mendalam terhadap bagaimana perilaku dan karakteristik mineralogi dan geokimia batuan segar dan teralterasi, karakteristik dan komposisi fluida pembawa mineralisasi endapan porfiri, karakteristik mineral dan tekstur bijih pada tipe urat, serta mengidentifikasi genesa dan pembentukan endapan porfiri Cu-Au pada prospek Brambang.

I.2. Lokasi Brambang

Lokasi Penelitian terletak di daerah Desa Brambang, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat memiliki luas area sekitar 2km x 1,5km. Secara koordinat UTM (Universal Transverse Mercator) daerah Brambang dibatasi oleh 378490mT – 379988mT dan 9027440mU – 9029348mU. Desa Brambang terletak di barat daya Pantai Lombok.



Gambar 1. 1. Peta kesampaian lokasi Brambang (daerah Brambang)

Lokasi Brambang dapat dijangkau dari Bandara Internasional Lombok melalui Bypass Bandara Internasional Lombok menuju Jalan Raya Lembar Mataram, kemudian masuk ke Jalan Raya Sekotong – Lembar hingga Jalan Raya Pelangan lalu tiba terakhir melalui Jalan Raya Siung lalu menuju lokasi Brambang area Berambang (Gambar 1.1). Melalui jalan tersebut, perjalanan sejauh 60km dapat ditempuh selama 2 jam dengan menggunakan kendaraan roda empat. Lokasi

Brambang juga dapat ditempuh selama 1,5 jam dari kota Mataram, Ibu Kota Provinsi Nusa Tenggara Barat, dengan menempuh perjalanan sejauh 40 km dengan menggunakan Jalan Raya Lembar Mataram menuju Jalan Raya Sekotong – Lembar selanjutnya dengan menggunakan rute yang sama sampai ke lokasi Brambang. PT. Bintang Bulaeng Persada yang telah melakukan eksplorasi daerah Brambang sejak tahun 2006.

BAB II

TINJAUAN GEOLOGI REGIONAL

Berikut ini akan dijelaskan mengenai keadaan dan karakteristik geologi secara regional, baik fisiografi regional, stratigrafi regional, struktur geologi regional, dan sejarah geologi regional di daerah Brambang yang termasuk dalam Peta Rupabumi Lembar Lombok, Nusa Tenggara Barat.

II.1. Fisiografi

II.1.1. Fisiografi Regional

Van Bemmelen (1949) menyebutkan bahwa Pulau Lombok merupakan salah satu gugusan kepulauan di Nusa Tenggara. Secara fisik, di bagian barat berbatasan dengan Pulau Bali, di bagian timur dibatasi oleh Pulau Sumba, di bagian utara dibatasi oleh Laut Flores, dan bagian selatan dibatasi oleh Samudra Hindia. Secara geologi, Nusa Tenggara berada pada Busur Banda yang merupakan kepulauan yang dibentuk oleh pegunungan vulkanik muda.

As-Syakur (2008) dalam Bakti, dkk. (2012) membagi Kepulauan Lombok menjadi beberapa satuan geomorfologi dari utara ke selatan (Gambar 2.1.), yaitu:

1. Satuan Geomorfologi Perbukitan Bertimbulan Tinggi

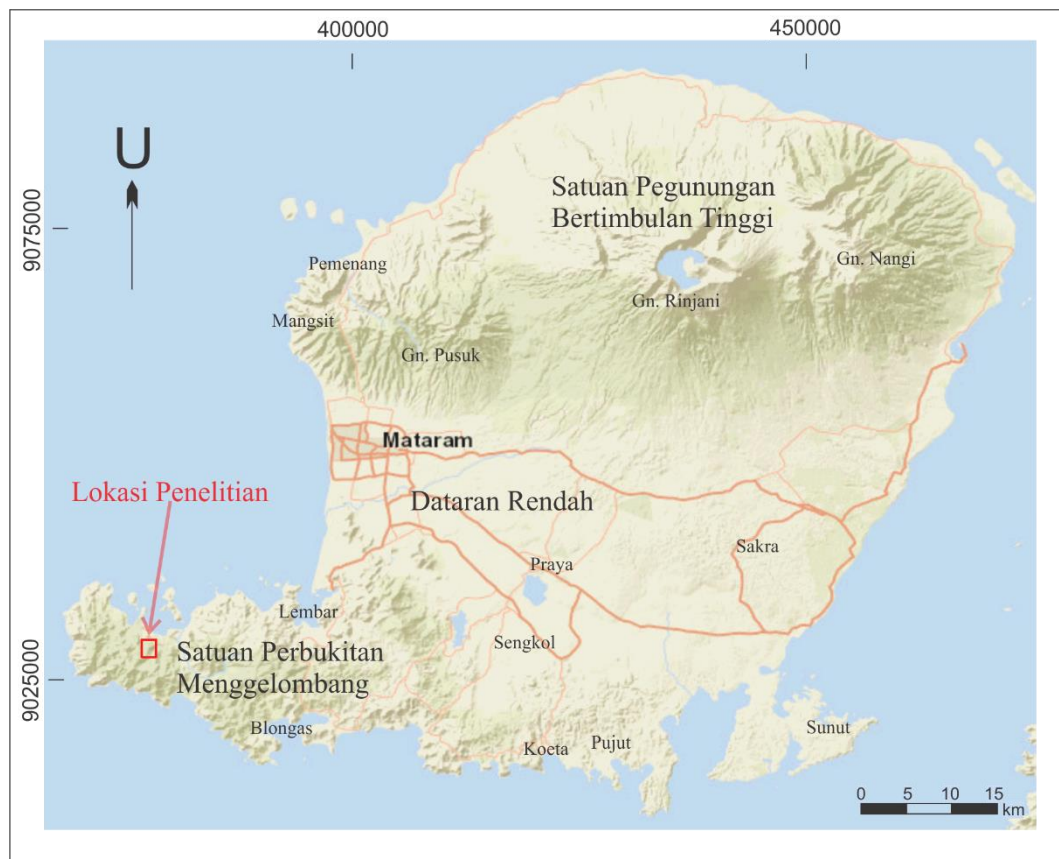
Satuan geomorfologi ini berada di sisi utara Kepulauan Lombok, yang meliputi Kompleks Pegunungan dengan ketinggian ± 3726 mdpl. Satuan ini banyak ditempati kerucut-kerucut gunungapi vulkanik muda.

2. Satuan Geomorfologi Dataran Rendah

Satuan geomorfologi ini berada di Kepulauan Lombok bagian Tengah, yang meliputi daerah Mataram dan sekitarnya. Satuan ini berupa depresi yang berada di antara satuan di utara dan di selatan yang lebih tinggi. Satuan ini dimanfaatkan sebagai lokasi pemukiman dan lahan pertanian.

3. Satuan Geomorfologi Perbukitan Menggelombang

Satuan Geomorfologi ini, terdapat pada bagian selatan Pulau Lombok mempunyai morfologi menggelombang (Gambar 2.1.). Ketinggian daerah perbukitan ini pada kisaran 50 m sampai 400 m di atas permukaan air laut (Bakti, 2012). Satuan ini merupakan sisa dari gunungapi vulkanik yang telah mengalami deformasi.



Gambar 2. 1. Morfologi Pulau Lombok modifikasi dari As-syakur (2008) dalam Bakti (2012).

Fodden, 1979 dalam Indarto, dkk. 1997 menyatakan satuan geomorfologi tersebut tersusun oleh batuan vulkanik di antaranya basalt, andesit dasit yang merupakan batuan induk dari cebakan bijih. Batuan tersebut menghasilkan morfologi perbukitan yang menggelombang. Mengacu pada pembagian morfologi Pulau Lombok (Gambar 2.1.) daerah Brambang termasuk pada satuan perbukitan menggelombang.

II.2. Stratigrafi

II.2.1. Stratigrafi Regional

Penelitian dilakukan di daerah Brambang dan sekitarnya yang termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Lombok 1:250.000 (Mangga dkk., 1994). Formasi formasi yang menyusun bagian baratdaya dari Lembar Lombok dari yang paling

tua hingga yang paling muda (Gambar 2.2.) adalah Formasi Kawangan (Tomk), Formasi Pengulung (Tomp), intrusi dasit (Tmi), Formasi Ekas (Tme) dan endapan aluvial sungai (Qa).

1. Formasi Kawangan (Tomk), terdiri atas perselingan batupasir kuarsa, batulempung, dan breksi yang terbentuk pada kala Oligosen Akhir hingga Miosen Awal.
2. Formasi Pengulung (Tomp), secara dominan tersusun atas batuan gunungapi Tersier. Batuan gunungapi yang terdapat pada formasi ini terdiri atas breksi, lava, tuf dan sisipan batugamping yang mengandung mineral sulfida dan urat kuarsa. Formasi ini diperkirakan berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal. Oleh karena itu formasi ini memiliki hubungan yang menjari dengan Formasi Kawangan.
3. Intrusi dasit (Tmi), intrusi ini menerobos formasi yang telah ada sebelumnya yaitu Formasi Kawangan dan Formasi Pengulung sehingga memiliki kontak intrusional.
4. Serta Formasi Ekas (Tme), yang berumur Miosen Akhir ini terdiri atas batugamping kalkarenit. Di beberapa tempat batugamping kalkarenit ini telah menunjukkan perubahan menjadi batugamping kristalin. Formasi ini memiliki kontak intrusional dengan intrusi dasit.
5. Endapan aluvial, berupa kerakal, kerikil, lempung, pasir, gambut, serta fragmen koral.

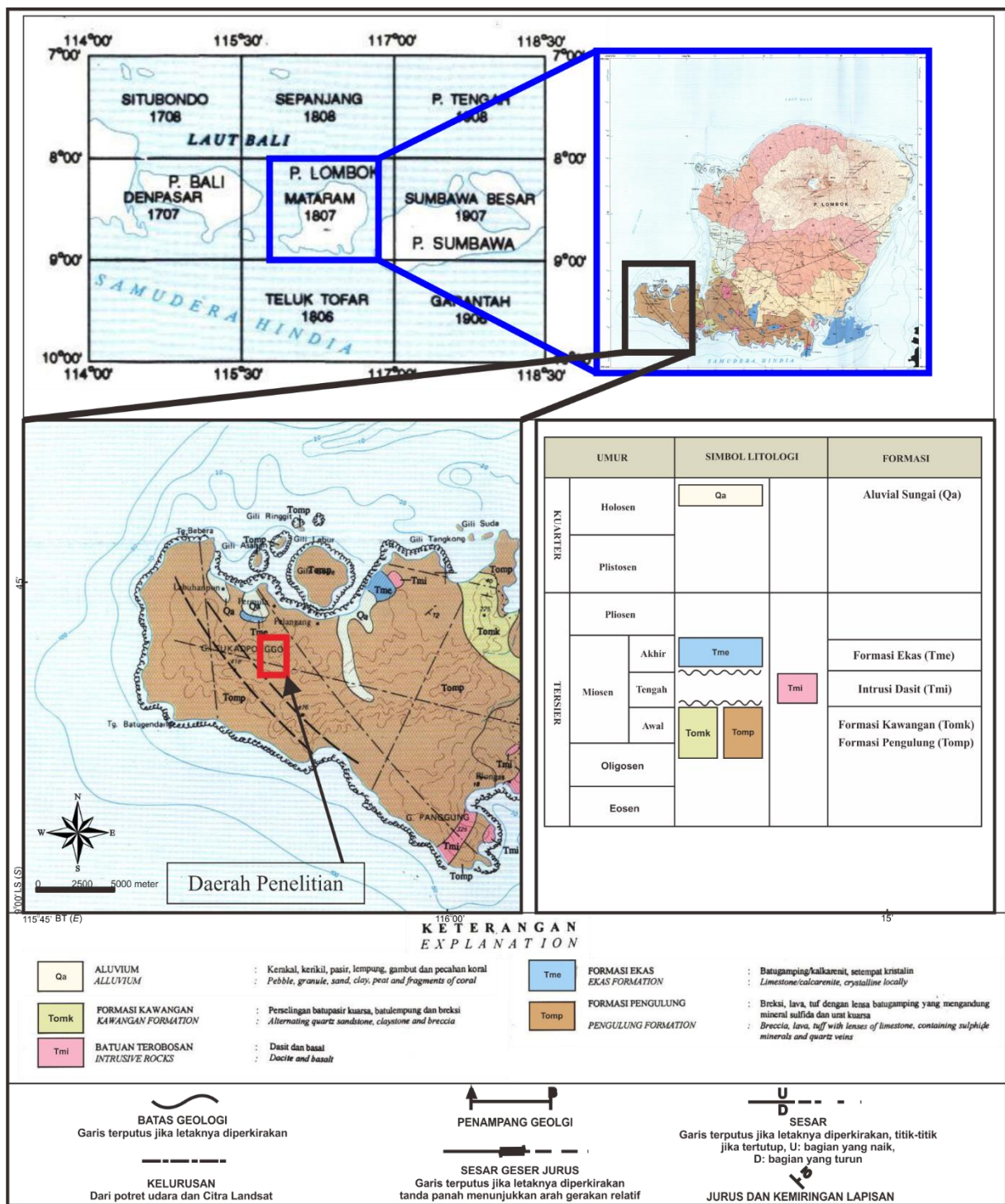
Berdasarkan peta geologi regional bagian baratdaya dari Lembar Lombok (Gambar 2.2.), terdapat 1 Formasi pada daerah penelitian yaitu formasi Pengulung.

II.3. Struktur Geologi

II.3.1. Struktur Geologi Regional

Struktur geologi yang berkembang di bagian baratdaya Pulau Lombok berupa sesar geser diperkirakan dengan pola umum berarah baratlaut – tenggara dan kelurusan kelurusan yang diinterpretasi dari foto udara dan Citra Landsat berarah timurlaut – baratdaya (Gambar 2.2.). Beberapa kelurusan menunjukkan arah utara-selatan dan barat baratlaut – timur tenggara. Gejala tektonik yang paling tua di daerah ini diduga terjadi pada kala Oligosen dengan diikuti oleh kegiatan gunungapi bawah laut, bersusunan andesit - basalt yang menghasilkan endapan gunungapi Formasi Pengulung dan Formasi Kawangan (Mangga dkk., 1994). Kegiatan ini berlangsung sampai kala Miosen Awal. Hal ini diduga akibat adanya penujaman Lempeng Samudera Hindia ke bawah Lempeng Benua Asia.

Mengacu pada peta geologi regional bagian baratdaya dari Lembar Lombok, struktur geologi yang kemungkinan besar berpengaruh pada daerah penelitian adalah struktur geologi berarah baratlaut-tenggara hal ini sesuai dengan Rompo dkk., (2012). Namun Priowasono (2002) dalam Pratama (2002) menjelaskan bahwa mineralisasi di daerah Lombok dan Sumbawa dikontrol oleh struktur yang berarah timurlaut-baratdaya.



Gambar 2. 2. Peta geologi regional bagian baratdaya dari lembar Lombok (dimodifikasi dari Mangga dkk., 1994). Bersekala 1:250.000.

II.4. Sejarah Geologi

Sejarah geologi daerah Brambang dimulai pada Kala Oligosen Akhir, yaitu dengan dimulainya aktivitas tektonik yang diikuti oleh kegiatan gunungapi yang

menghasilkan breksi vulkanik Formasi Pengulung dan tuf Formasi Kawangan. Kegiatan gunungapi ini berlangsung hingga Miosen Awal pada kondisi gunungapi berada pada lingkungan terestrial. Aktivitas tektonik ini berasal dari penujaman lempeng Samudra Hindia-Australia ke Lempeng Benua Eurasia.

Pada kala Miosen Tengah terjadi kegiatan magmatik yang ditandai munculnya sebuah retas dasit yang menerobos Formasi Pengulung dan Formasi Kawangan. Terobosan batuan ini mengakibatkan proses ubahan dan mineralisasi bijih sulfida serta hadirnya urat-urat kuarsa pada batuan yang diterobosnya. Pada Miosen Akhir, dalam kondisi cekungan memungkinkan terbentuknya endapan batuan batugamping Formasi Ekas.

Pada Akhir Tersier atau Awal Kuartar terjadi kegiatan tektonika yang menyebabkan timbulnya sesar geser dan sesar normal. Pada Kala Holosen hingga sekarang diendapkan satuan endapan aluvial, berupa kerakal, kerikil, pasir dan pecahan koral.

II.5. Mineralisasi Regional

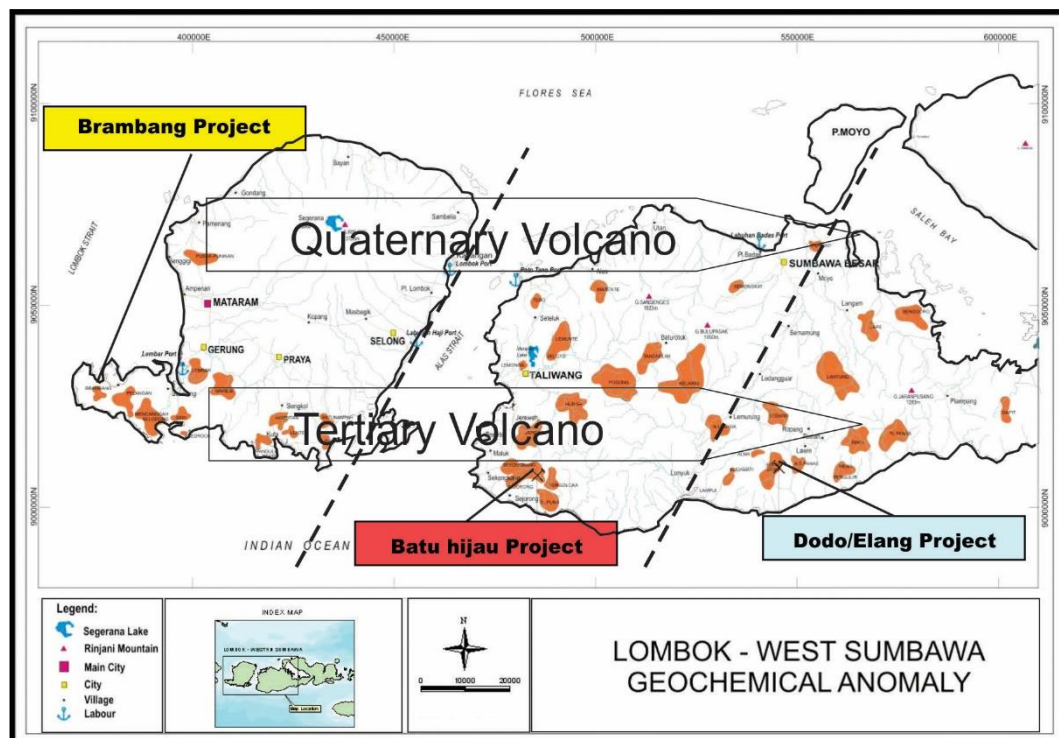
Sistem mineralisasi yang terdapat di area Brambang diduga memiliki kesamaan dengan mineralisasi yang terdapat pada porfiri Cu-Au Sumbawa. Secara regional mineralisasi tersebut berasosiasi dengan sesar utama yang berarah NE – SW (Priowasono 2002, dalam Pratama, 2002). Berdasarkan stratigrafi, pola struktur, dan lingkungan geologi, daerah Brambang memiliki kemiripan dengan daerah-daerah ditemukannya mineralisasi bahkan telah dilakukan penambangan (Gambar 2.3.).

Sistem mineralisasi yang terdapat di area Brambang diduga memiliki kesamaan dengan mineralisasi yang terdapat pada endapan porfiri Cu-Au Elang, Batu Hijau, Mareje, Selodong, dan Pelangan. Hal ini disebabkan karena keenam daerah ini berada pada deretan gunungapi Tersier yang relatif berada di bagian selatan pulau Sumbawa dan Lombok. Penelitian yang dilakukan di Daerah Brambang belum banyak dilakukan.

Oleh karena itu, dilakukan pendekatan dengan melihat karakteristik endapan porfiri Cu-Au di daerah sekitar lokasi Brambang yang diperkirakan masih memiliki kesamaan yaitu di daerah Elang, Batu Hijau, Mareje, Selodong, dan Pelangan.

Terlepas dari kontrol tektonik Kepulauan Lombok dan Sumbawa, pada daerah Brambang juga dijumpai intrusi diorit serta breksi diatrem seperti yang ditemukan di Daerah Elang (PT. Bulaeng, 2009). Batuan yang berumur paling tua di Daerah Elang adalah batuan vulkaniklastik andesitik (Maryono dkk., 2005 dalam Idrus dan Pramutadi, 2008).

Mineralisasi yang dijumpai pada endapan porifiri Cu-Au Elang Sumbawa disebabkan oleh beberapa intrusi tonalit. Intrusi tonalit tersebut diistilahkan sebagai Tonalit Pertama (Tonalit Delta; Maryono dkk. (2005) dan Tonalit Kedua (Tonalit Echo; Maryono dkk. (2005), dan Idrus dan Pramutadi, 2008).



Gambar 2. 3. Anomali Geokimia Cu-Au (warna jingga) dengan potensi Porfiri Cu-Au di sekitar area lokasi. Dari PT. Bintang Bulaeng Persada (2011).

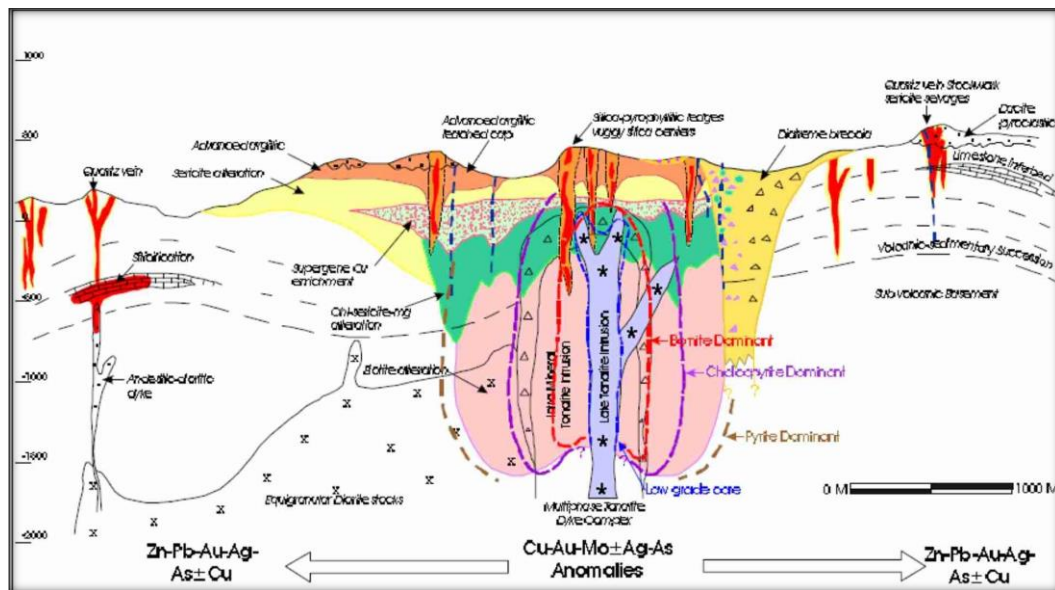
Berdasarkan dating yang telah dilakukan dengan metode U-Pb SHRIMP terhadap zirkon dalam batuan, diketahui bahwa seri intrusi tonalit tersebut berumur berumur 28 juta tahun, berkisar antara Oligosen Akhir hingga Miosen Tengah (Garwin, 2002). Intrusi yang berumur paling muda adalah intrusi dasit porfiri, intrusi ini dicirikan oleh *quartz-eye* dengan diameter mencapai lebih dari 8 mm dan sejumlah hornblenda yang tertanam di dalam massa dasar afanitik. Intrusi dasit porfiri ini memotong zona alterasi dan mineralisasi endapan porfiri. Secara umum tingkat alterasinya tanpa adanya perkembangan jejaring urat, sehingga diinterpretasikan bahwa intrusi dasit porfiri ini terbentuk setelah mineralisasi porfiri terjadi (Maryono dkk.,2005).

Di Sumbawa juga dijumpai tubuh intrusi berupa breksi diatrem yang tersusun atas fragmen-fragmen antara lain andesit teralterasi, vuggy quartz, batuan intrusif

teralterasi, dan sejumlah batuan tersilisifikasi. Fragmen-fragmen tersebut berdiameter antara 2-40 mm, berbentuk menyudut hingga membulat, dan berasosiasi dengan pirit dalam jumlah yang melimpah. Kehadiran fragmen endapan porfiri Cu-Au dan alterasi menunjukkan bahwa breksi ini berumur lebih muda dari peristiwa mineralisasi (Maryono dkk., 2005).

Endapan Batu Hijau menampilkan banyak karakteristik sistem tembaga porfiri global. Namun, terdapat perbedaan yang signifikan antara endapan Batu Hijau dengan endapan porfiri global terkait dengan ion K^+ . Batuan dinding tonalit kalk-alkalin berinteraksi dengan fluida hidrotermal magmatik sehingga ion K^+ rendah. Di Batu Hijau, K-feldspar digantikan oleh oligoklas sekunder di zona biotit-magnetit pusat (Garwin, 2002). Sistem mineralisasi Cu-Au porfiri di Batu Hijau terpusat pada kompleks intrusi tonalit (awal, intermediet, akhir intrusi).

Alterasi hidrotermal hipogen dan sistem mineralisasi sulfida dibangun pada tahapan yang berkesinambungan yaitu tahap awal, transisi, tahap akhir, tahap paling akhir, dan zeolit (Mitchell dkk., 1998). Tubuh bijih berbentuk silinder dengan kerucut yang memiliki peringkat yang tinggi dan terbentuk pada tahap awal alterasi dengan kehadiran biotit, kuarsa, plagioklas, dan magnetit. Urat terdiri dari pirit, enargit, tenantit, dan kovelit dengan tingkat alterasi argilik lanjut pada bagian atas dari sistem porfiri. Selain itu terjadi alterasi argilik lanjut yang menjadi *caprock* dengan luasan 1 km disekitar intrusi tonalit mineralisasi seperti yang ditunjukkan model sistem mineralisasi pada Gambar 2.4. dan Gambar 2.5..



Gambar 2. 4. Sistem mineralisasi Cu – Au di Lombok dan Sumbawa Pratama dkk., (2002).

Mineralisasi sulfida yang berkembang pada endapan porfiri Cu-Au Elang, di dominasi oleh mineral kalkopirit sedangkan mineral bornit dan digenite hadir pada kedalaman 100 m. Berdasarkan analisis geokimia zona mineralisasi terbentuk sepanjang NE-SW dengan komposisi tembaga 0,3% sampai pada kedalaman 0,8 km, tembaga >0,4% sampai pada kedalaman 1,5 km sedangkan keberadaan Au-Cu yang tinggi berhubungan dengan batuan tonalit dan intrusi breksiasi dengan batuan samping (Maryono dan Power, 2009). Batuan vulkaniklastik andesitik daerah Elang, sumbawa memiliki komposisi plagioklas, kuarsa, biotit, dan hornblenda yang telah mengalami alterasi hidrotermal sehingga terbentuk kumpulan mineral-mineral alterasi berupa biotit-klorit-magnetit, klorit-serisit-magnetit, serisit-klorit-mineral lempung, kaolinit-ilit, dan pirofilit-alunit (Idrus dan Pramutadi, 2008).

Zona mineralisasi dengan kadar yang tinggi di daerah Sumbawa ditandai dengan hadirnya urat kuarsa dengan tipe A, tipe B, dengan kerapatan urat kuarsa 8 sampai 15 vol. Kumpulan mineral yang hadir terdiri dari bornit, kalkopirit, kalkosit,

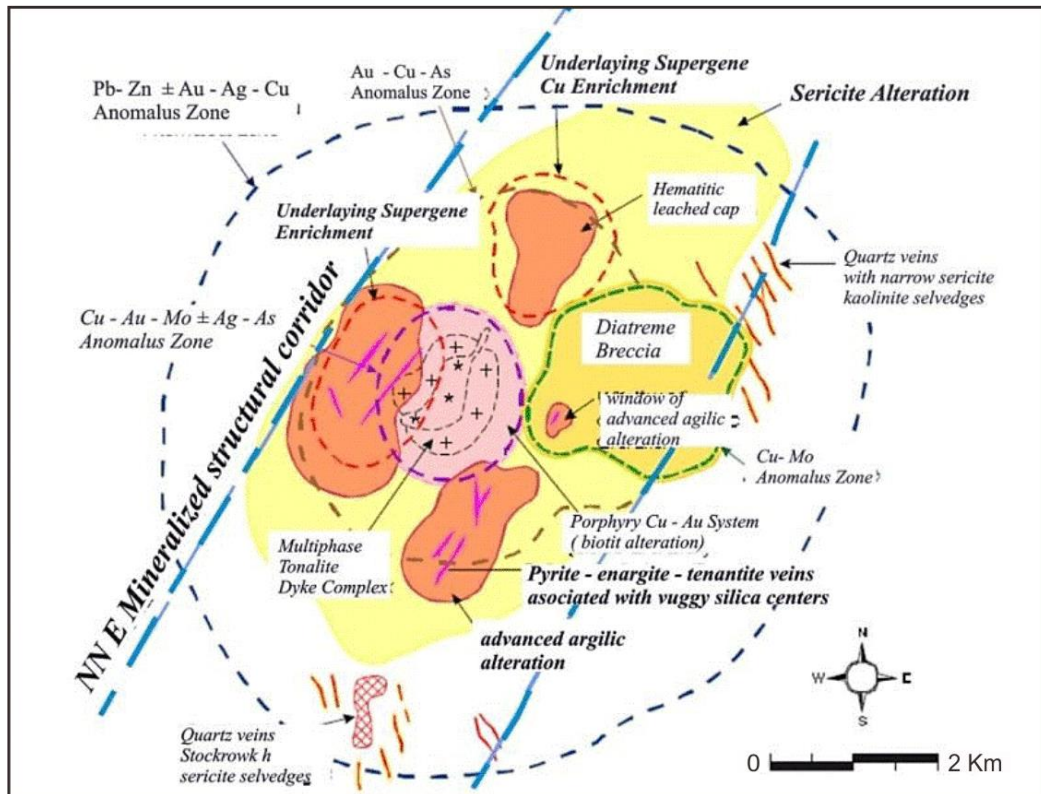
dan digenite. Sebaliknya total sulfida akan dijumpai rendah pada kerapatan urat kuarsa yang rendah dan mineral yang umum dijumpai adalah pirit lebih dominan dibandingkan mineral kalkopirit (Setyandhaka, 2010).

Daerah Manyeli, Pujut, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat (Gambar 1.1.), ditemukan gejala alterasi dan mineralisasi batuan pada jebakan galena dan sfalerit. Batuan yang berkaitan dengan jebakan logam tersebut dapat dibedakan menjadi 3 macam yaitu tuf andesit – basaltik, tuf dasitik, dan intrusi dasit. Alterasi yang terbentuk diduga akibat terobosan dasit pada batuan tuf. Alterasi yang terjadi menyebar luas diseluruh batuan namun memiliki intensitas yang berbeda. Mineralisasi yang dominan terjadi pada urat kuarsa ditandai dengan munculnya galena dan sfalerit masif. Alterasi pada tuf andesit - basaltik ditunjukkan oleh munculnya serisit sebagai hasil ubahan dari feldspar, klorit sebagai hasil ubahan dari piroksen, gelas vulkanik dan karbonat sebagai hasil ubahan dari klinopiroksen dan plagioklas, dan mineral lempung sebagai hasil ubahan dari gelas vulkanik dan feldspar.

Alterasi pada tuf dasit menghasilkan mineral berupa serisit sebagai hasil ubahan dari feldspar, mineral lempung sebagai hasil ubahan dari feldspar dan gelas vulkanik, dan karbonat sebagai hasil ubahan dari plagioklas. Berdasarkan indikasi kemunculan mineral tersebut, dapat diinterpretasikan bahwa alterasi dan mineralisasi yang terjadi pada daerah Brambang merupakan hasil dari kegiatan larutan hidrothermal yang terbentuk pada zona mesothermal (Indarto dkk.,1997).

Gambar 2.5 merupakan kenampakan sistem mineralisasi pada daerah Lombok dan Sumbawa. Sistem ini merupakan tolak ukur peneliti terhadap daerah

Brambang karena memiliki kedekatan geografis dan memperlihatkan kenampakan yang mirip dengan daerah Brambang.



Gambar 2. 5. Gambaran Sistem Mineralisasi di Lombok dan Sumbawa (Priowasono 2002, dalam Pratama, 2002) dengan struktur pengontrol mineralisasi timurlaut – baratdaya (NE-SW).

BAB III

GEOLOGI DAERAH BRAMBANG

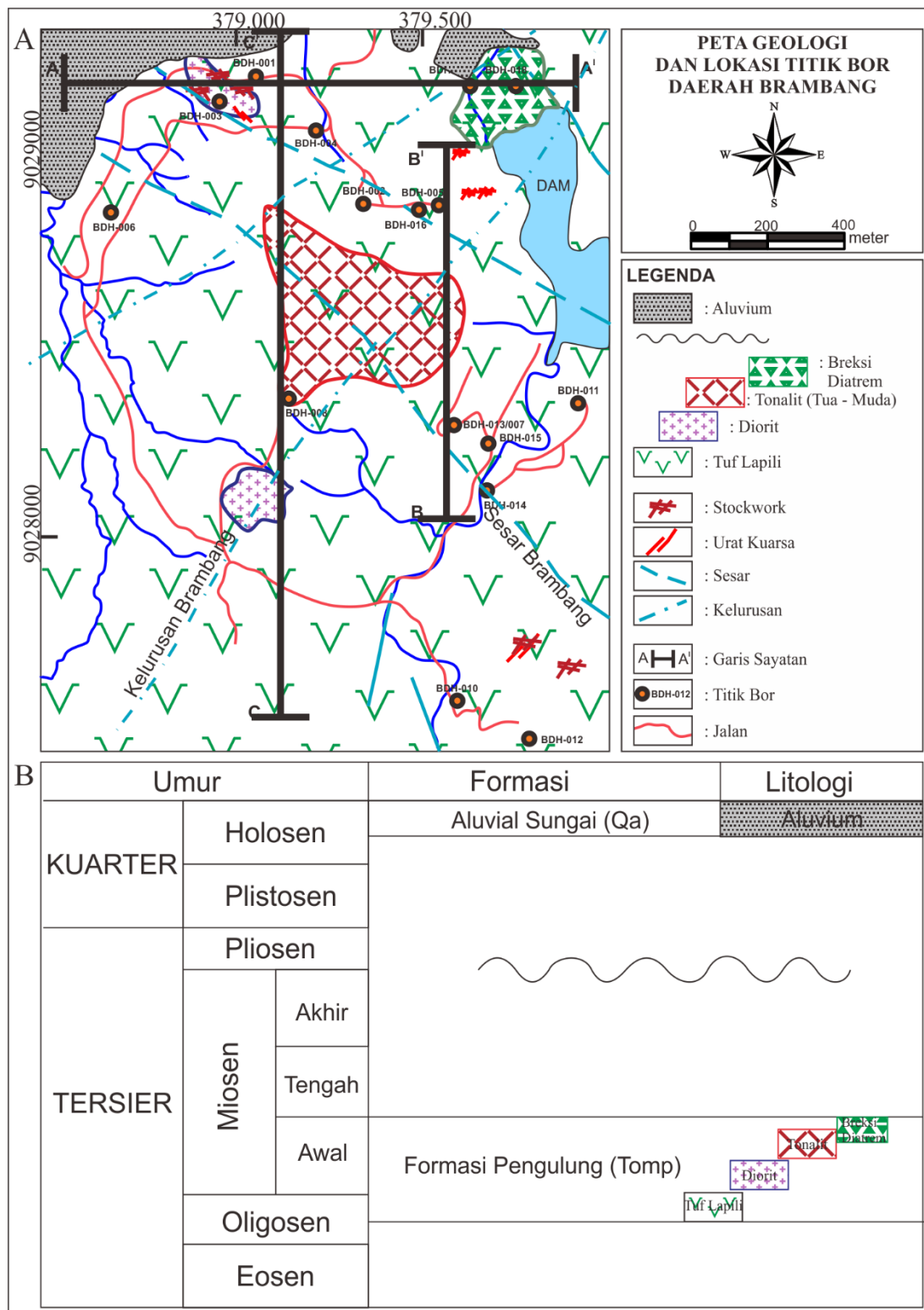
III.1. Fisiografi

III.1.1. Fisiografi Daerah Brambang

Lokasi Brambang terletak di Desa Brambang, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Secara fisiografis, lokasi Brambang ini merupakan bagian dari Satuan Geomorfologi Perbukitan Bergelombang di bagian selatan Pulau Lombok (Gambar 2.1.). Pegunungan di selatan ini membentang dari Jawa bagian selatan ke arah timur melalui bagian selatan Bali, Lombok, hingga Sumbawa (Indarto, 1997). Van Bemmelen, 1949 dalam Indarto, 1997 menegaskan bahwa Pegunungan Selatan ini merupakan jalur pegunungan lipatan Tersier yang tersusun oleh asosiasi batuan vulkanik kalk alkali dan sedimen marine yang berumur Miosen. Daerah Brambang memiliki ketinggian berkisar dari ± 50 meter hingga ± 400 meter (Mangga dkk. 1994; Sudrajat dkk. 1998; Indarto dkk. 1997; Pratama, 2002; dan Rompo dkk. 2012).

III.2. Litologi

Berdasarkan analisis megaskopis, data dari perusahaan, singkapan dan data *drillcore* sampel, satuan litologi daerah Brambang bisa dibagi menjadi beberapa satuan batuan dengan mempertimbangkan dominasi litologinya yaitu: satuan tuf lapili, satuan diorit, satuan tonalit dan satuan breksi diatrem (Gambar 5.1.).



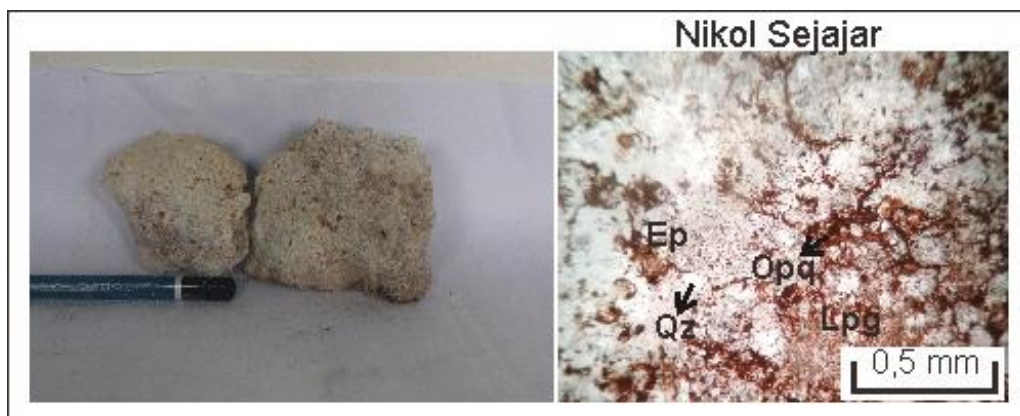
Gambar 5. 1. A) Peta Geologi Permukaan dan Lokasi Titik Bor daerah Brambang dimodifikasi dari PT Bintang Bulaeng Persada (2009). Garis sayatan A-A¹, B-B¹ dan Profil data bor ditampilkan dalam Lampiran A, LpA2 dan LpA3. Garis sayatan C-C¹ dibuat untuk menampilkan model genetik pada BAB IX. B) Kolom Stratigrafi Daerah Brambang modifikasi dari Mangga dkk., (1994). Menjelaskan satuan batuan tuf lapili yang ditrusi oleh diorite dan kemudian oleh tonalit dan breksi.

Berikut merupakan penjabaran dari 3 satuan litologi di daerah Brambang yaitu:

III.2.1. Satuan Tuf Lapili

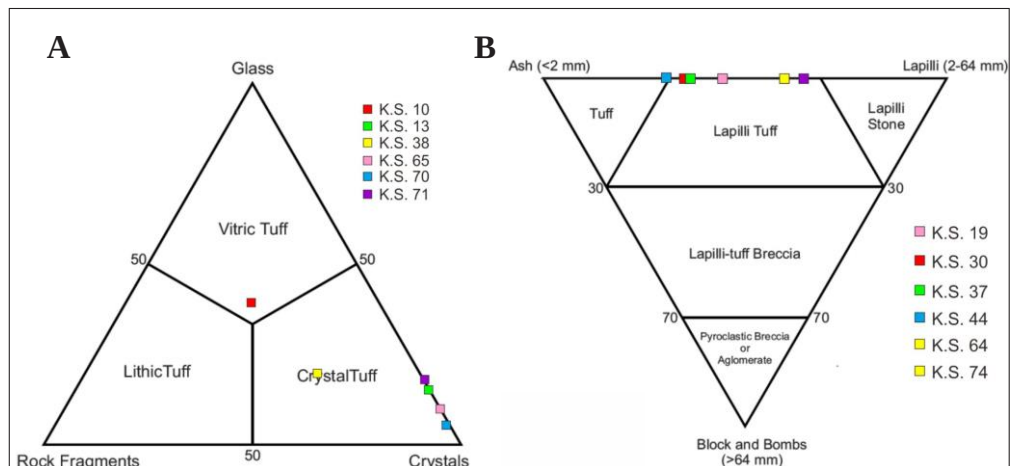
Tuf Lapili hadir merata dan dominan di titik bor. Pengamatan dari hasil sampel bor di lapangan, tuf ditemukan dalam kondisi segar dan beberapa sudah mulai berubah dengan intensitas sedang.

Berdasarkan pengamatan secara megaskopis (Gambar 5.2.), tuf bewarna putih keabu-abuan dalam kondisi segar, ukuran butir debu halus- kasar ($<0,04$ - >2 mm), membundar. Beberapa tempat mengalami ubahan argilik dan ubahan argilik lanjut. Secara umum tuf ini memiliki komposisi dominan debu (ash) pada tuf yang berukuran halus, serta komposisi dominan debu (ash), sedikit litik batuan beku, plagioklas, serta kuarsa pada tuf yang berukuran lebih kasar. Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis tuf (Gambar 5.2.) tersusun atas mineral gelas dan kristal. Kristal tersebut berupa plagioklas dan kuarsa. Namun secara umum mineral gelas menjadi komposisi yang dominan pada tuf.



Gambar 5. 2. Tuf lapili yang teralterasi argilik pada sampel no.2LP. Putih keabuan, teralterasi kuat, ukuran butir 0,1-0,75mm, derajat pembundaran buruk, pemilahan buruk, kemas mud supported, disusun oleh kuarsa, mineral lempung, opak dan epidote.

Berdasarkan 6 sampel, yaitu kode sampel 10, 13, 38, 65, 70 dan 71, segitiga perbandingan komposisi yang terdapat pada batuan piroklastik yakni fragmen batuan, kristal, dan massa dasar gelas, batuan ini masuk kedalam penamaan crystal tuf. Sedangkan berdasarkan 6 sampel dengan kode sampel 19, 30, 37, 44, 64, dan 74, batuan ini termasuk kedalam penamaan vitric tuf dan kristal tuf. Umumnya batuan ini memiliki komposisi mineral yang dominan daripada massa dasar gelas dan fragmen batuan. Sedangkan berdasarkan ukuran butir dari material penyusun, didapatkan nama tuf lapili dikarenakan ukuran butir nya <64mm dan >2mm (Gambar 5.3.). Berdasarkan posisi pada daerah regional, tuf daerah Brambang bisa dibandingkan dengan formasi pengulung, dimana pada peta geologi yang berumur oligosen-miosen, sehingga tuf daerah Brambang diperkirakan berumur oligosen-miosen.



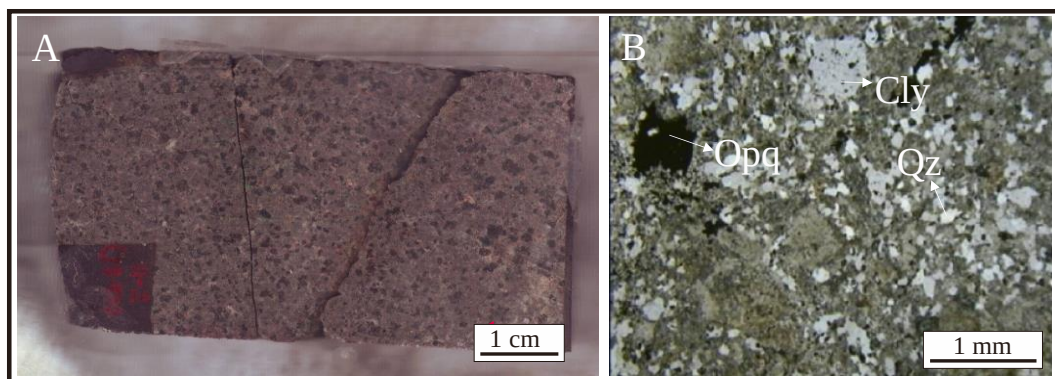
Gambar 5. 3. A. Klasifikasi Batuan Piroklastik berdasarkan material penyusun (after Pettijohn, 1975). 5.4. B Klasifikasi Batuan Piroklastik berdasarkan ukuran butirnya.

III.2.2. Satuan Diorit

Batuan ini didapatkan dari sampel bor dengan *least altered* dan beberapa sudah mulai berubah dengan intensitas sedang-kuat (Gambar 5.4.). Penyebaran diorit

terlihat pada sisi utara lokasi Brambang, dan juga berada di sisi selatan berdasarkan titik bor (Gambar 5.1.).

Berdasarkan pengamatan secara megaskopis (Gambar 5.4.A) secara umum batuan memiliki warna abu-abu gelap dalam kondisi segar, merupakan batuan beku plutonik intermediet yang memiliki tekstur porfiritik. Memiliki relasi antar mineral berupa ekuigranular (hipidiomorfik granular) sampai inekuigranular (porfiritik). Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis (Gambar 5.4.B) mineral penyusunnya ialah <20% mineral kuarsa yang sebagian merupakan fenokris dan sebagian lainnya sebagai masa dasar.



Gambar 5. 4. A) Kenampakan megaskopis sampel Diorit dari kedalaman 72.10m BDH011 sampel no.31. B) Kenampakan mikroskopis teralterasi argilik dengan 45% Lempung(illite?), 5% opak dan 50% kuarsa.

III.2.3. Satuan Tonalit

Batuan ini terdapat pada bagian tengah lokasi Brambang (Gambar 5.1.). Secara megaskopis (Gambar 5.5.), sampel bor tonalit memiliki kenampakan tesktur porfiritik. Memiliki warna abu-abu. Pengamatan yang lebih rinci terhadap sampel *drillcore* menunjukkan bahwa terdapat dua fase dari tonalit; tonalit muda, dan tonalit tua (Lampiran B, Tabel 2. Sampel no.49 dan Peta geologi Gambar 5.1 dan pada sayatan di Gambar 5.5 A, B Tonalit Muda dan Gambar 5.4 C, D tonalit tua). Dua fase tonalit ini dibedakan oleh kontak, tekstur, keberadaan urat kuarsa,

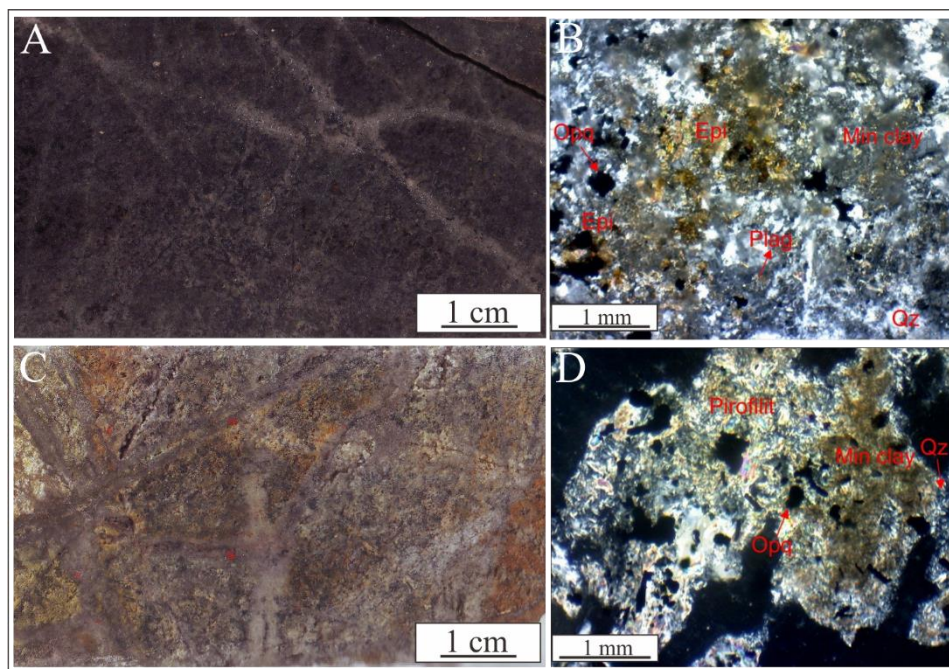
kelimpahan dan ukuran kuarsa fenokris, kelimpahan urat kuarsa serta kandungan Cu-Au didalamnya (Mitchell dkk., 1998; Clode dkk., 1999). Dalam membedakan fase dari intrusi tonalit yang paling sering digunakan sebagai penanda adalah urat kuarsa. Urat kuarsa pada satu fase akan terpotong oleh urat kuarsa dari fase yang berikutnya.

Tonalite tua (istilah diambil dari Mitchell dkk., 1998) berwarna abu-abu, bertekstur porfiritik dengan kuarsa berukuran kasar yang banyak, fenokris plagioklas dan mineral mafik yang terubah, yang tertanam di dalam massa dasar kuarsa dan plagioklas berukuran halus. Hornblende telah terubah menjadi klorit, biotit, dan magnetik, sedangkan plagioklas terubah menjadi serisit dan albit oleh proses ubahan.

Mineral-mineral mafik berkisar dari 10-15 % volume. Sampel nomer 16 tonalit teralterasi potasik dari kedalaman 339.5m kaya akan urat dan uratan stockwork A (istilah dari Gustafson & Hunt, 1975) urat A akan terpotong oleh urat AB dan B dengan komposisi persentase urat $A \leq AB \leq B$. Tonalit tua mempunyai komposisi silika yang tinggi (sampel no.16, $SiO_2 = 70.64\%$, Lampiran E, Lp64). Tubuh tonalit tua merupakan saluran bagi sistem hidrotermal, dan batuan ini serta batuan di sekitarnya merupakan sumber utama dari mineralisasi berkadar tinggi. (Gambar 5.5. C dan D)

Tonalit muda mempunyai komposisi mineral yang sama dengan tonalit tua, hanya pada tonalit muda mengandung mineral mafik $\leq 10\%$, tetapi mengandung fenokris kuarsa yang lebih banyak. Sampel nomer 7 tonalit muda dari kedalaman 246.7m kaya akan urat dan uratan stockwork A dimana urat B yang memotong urat AB dan urat A, komposisi persentase urat $B \geq AB \geq A$. Tonalit muda mempunyai komposisi

silika kurang dari Tonalit tua (sampel no.7, SiO₂ = 60.17%, Lampiran E, Lp64). Sampel nomer 7 teralterasi argilik lanjut mempunyai tekstur inequigranular porfiritik; disusun oleh plagioklas, mineral lempung, k feldspar, kuarsa, kalsit dan epidot. Tonalit muda merupakan batuan terobosan yang berupa retas-retas. Retas utama keluar dari bagian tubuh tonalit tua. (Gambar 5.5. A dan B)



Gambar 5. 5. A & B Sampel no. 7 Tonalit Muda teralterasi propilitik. C & D Sampel no.16 Tonalit Tua teralterasi argilik lanjut (Lampiran C, Lp34 dan Lp37).

III.2.4. Satuan Breksi Diatrem

Satuan breksi diatrem terdapat pada bagian timurlaut peta geologi daerah Brambang, di bagian utara dan Brambang (Gambar 5.1. A). Satuan breksi diatrem dan satuan batuan tuf lapili membentuk lahan perbukitan dengan elevasi 20-50 meter (Gambar 5.6.A).

Secara megaskopis satuan batuan ini berwarna kecoklatan-putih, tersusun atas fragmen yang berdiameter lebih besar dari 2mm dan mempunyai sudut yang *angular* (Gambar 5.6.B).



Gambar 5. 6. Satuan breksi diatrem di utara dam Brambang dengan ukuran fragmen yang beragam ($\geq 2\text{mm}$).

Umur satuan breksi diatrem didapat berdasarkan kesamaan fisik litologi, data lapangan, posisi stratigrafi, dekatnya dengan lokasi tipe yang dibandingkan dengan stratigrafi daerah Brambang serta hasil penelitian terdahulu. Intrusi tonalit yang menembus satuan batuan diorit dan satuan batuan tuf lapili yang dikontrol oleh struktur sesar dan kelurusan kelurusan mengakibatkan terbentuknya satuan breksi diatrem, berdasarkan hal tersebut, maka satuan batuan breksi diatrem dibandingkan dengan Formasi Pengulung yang berumur Miosen Awal.

III.3 Struktur Geologi

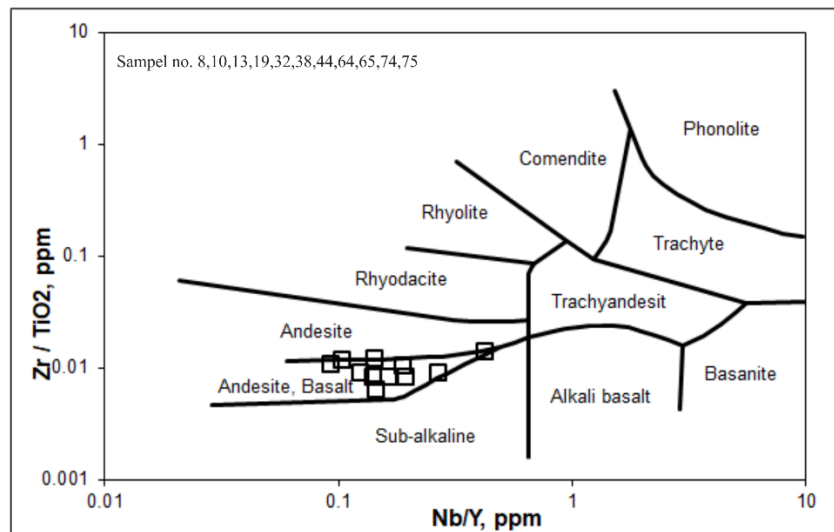
III.3.1 Struktur Geologi Daerah Brambang

Penarikan struktur daerah Brambang mengacu pada peneliti terdahulu (Rompo dkk., 2012 dan Mangga dkk., 1994) serta diperkuat dengan pengamatan dilapangan, maka dapat ditarik kelurusan-kelurusan dan sesar yang berarah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya. Kontrol struktur geologi sangat berpengaruh pada kehadiran mineral bijih pada daerah Brambang. Gambar 5.1. menunjukkan struktur geologi daerah Brambang juga mengikuti pola yang sama dengan struktur geologi regional yaitu baratlaut-tenggara (NW-SE) dan timurlaut-baratdaya (NE-SW))

trend struktur geologi yang berkembang terlihat pada peta geologi Lembar Lombok dengan arah umum timurlaut– baratdaya (NE-SW) serta baratlaut–tenggara (NW-SE). Kehadiran mineralisasi dipengaruhi oleh kedua *trend* utama struktur geologi. Struktur geologi daerah Brambang konsisten dengan struktur geologi regional (Gambar 2.2. bagian baratdaya). Struktur tersebut kemungkinan mengontrol mineralisasi daerah Brambang. Hal ini sesuai dengan Rompo dkk., (2002) yang melakukan penelitian di bagian baratdaya Pulau Lombok menyatakan struktur berarah baratlaut-tenggara mengontrol mineralisasi daerah penelitiannya. Namun, Priowasono (2002) dalam Pratama (2002) menyatakan struktur berarah timurlaut-baratdaya yang mengontrol mineralisasi di pulau Lombok dan Sumbawa. (Gambar 2.5.). Arah umum kehadiran sistem mineralisasi memiliki pola sejajar dengan pola struktur geologi berdasarkan data geologi di sekitar daerah Brambang.

III.3.2 Tektonik Setting Daerah Brambang

Terdapat 10 sampel dengan litologi tuf yang diteliti merupakan sampel batuan yang tidak *fresh* atau telah mengalami alterasi dengan tingkat intensitas lemah-sedang. Sampel tuf yang tidak dalam kondisi fresh atau segar hasil dari ICP-MS selanjutnya dimasukan ke dalam diagram Winchester dan Floyd (1976) dengan membandingkan nilai kadar Nb/Y (ppm) dan Zr/TiO₂ (ppm).



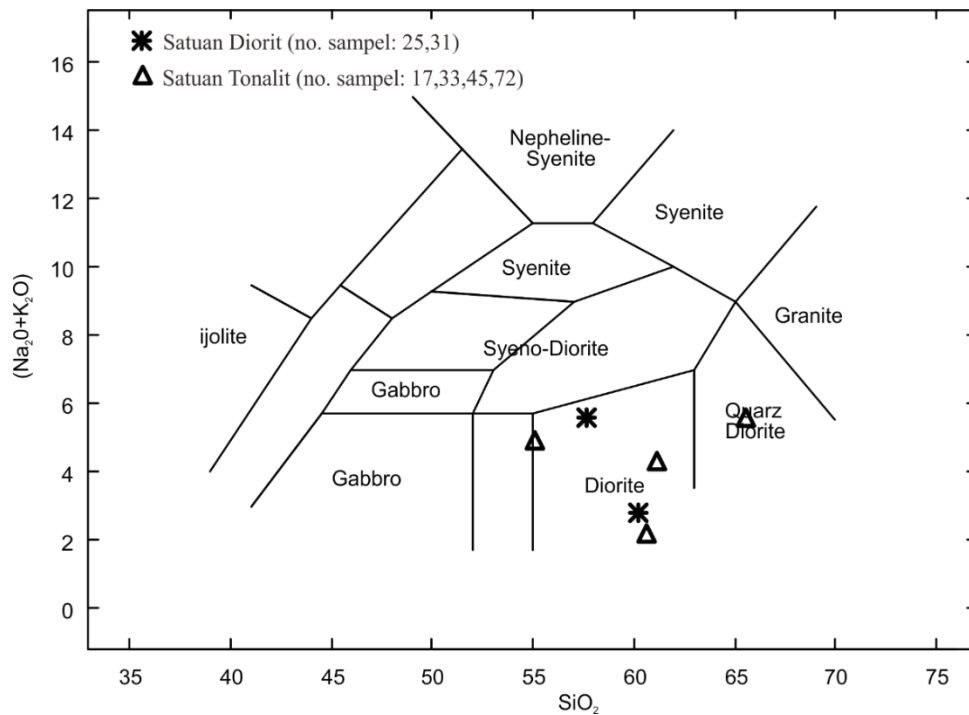
Gambar 5. 7. Menunjukkan tuf yang teralterasi termasuk dalam komposisi Andesit sebagai tipe batuan hasil pengeplotan menggunakan elemen immobile (setelah Winchester dan Floyd, 1976).

Gambar 5.7. menunjukkan diagram Winchester dan Floyd (1976). Dengan menggunakan nilai total unsur elemen yang *immobile*. Unsur *immobile* Ti, Al dan Zr relatif tak bergerak selama alterasi hidrotermal. Unsur-unsur ini juga sebagian besar digunakan untuk mengukur keseimbangan masa di beberapa endapan porfiri Cu-Au (Ulrich dan Heinrich, 2001; Hezarkhani, 2002; dalam Idrus, 2006). Dalam mengukur keseimbangan masa koefisien korelasi (r) digunakan untuk menggambarkan estimasi relatif unsur dari sifat *immobile* dengan massa dan perubahan volume pada satu sampel.

Dari 10 sampel pada lokasi Brambang ini, tuf pada lokasi Brambang termasuk ke dalam komposisi andesit dan andesit basalt. Komposisi andesit dan andesit basalt ini menandakan bahwa jenis magma merupakan bersifat intermediet dan umumnya lingkungan tektoniknya di daerah subduksi zona *back arc*.

Metode ICP-MS digunakan untuk menganalisis 4 sampel tonalit dan 2 sampel diorite yang memiliki LOI (*lost of ignition*) dibawah 2 dan dikategorikan sebagai sampel dari batuan yang fresh. Data ini kemudian dimasukkan ke dalam

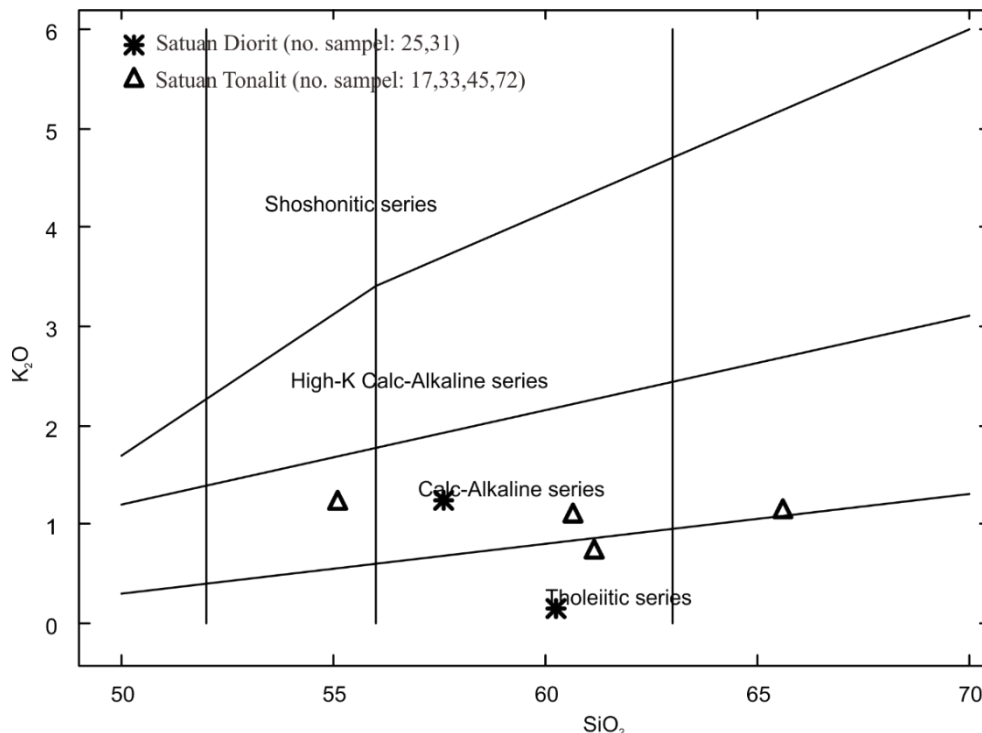
diagram $\%(K_2O+Na_2O)$ dengan $\%SiO_2$ dari Cox-Bell-Pank (1979); diagram $\%K_2O$ dengan $\%SiO_2$ dari Pecerillo dan Taylor (1976); diagram $\%Y$ dengan $\%Cr$ dari Pearce (1982); dan diagram $\%(Y+Nb)$ dengan $\%Rb$ dari Pearce dkk., (1984).



Gambar 5. 8. Diagram $\%(K_2O+Na_2O)$ dengan $\%SiO_2$ dari Cox-Bell-Pank (1979) menunjukkan batuan merupakan diorit.

Hasil analisis pada sampel tersebut didapatkan kandungan SiO_2 berkisar dari 55-61,98% dengan total alkali (Na+K) sekitar 4,5%. Hasil ini kemudian dimasukkan ke dalam diagram batuan plutonik, dan didapatkan nama batuan berupa diorit (Gambar 5.8.). Gambar 5.8. menunjukkan satuan batuan sample tonalit yang terklasifikasikan sebagai batuan diorit dalam pengelompokkannya sampel-sampel tersebut (sampel no.33, 45, 72) dikelompokkan dalam satuan batuan tonalit. Sampel no.17 yang terklasifikasikan sebagai batuan diorit kuarsa juga dikelompokkan kedalam satuan batuan tonalit. Mengacu pada *Encyclopedia Britannica 1911* bahwa tonalit adalah diorit kuarsa yang mengandung biotit dan hornblend. Dari data

tersebut diketahui bahwa afinitas sampel tersebut adalah kalk-alkalin (berdasarkan diagram Peccerillo dan Taylor, 1976) (Gambar 5.9.).

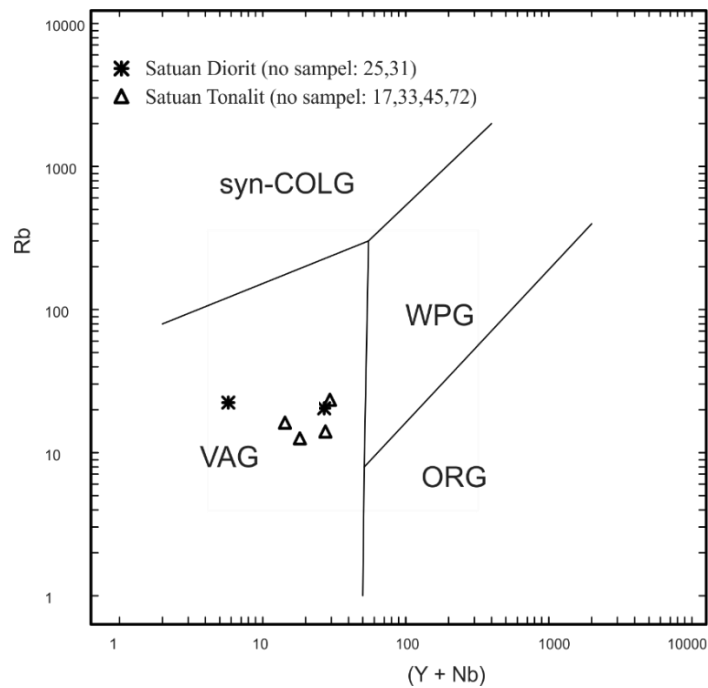


Gambar 5. 9. Diagram $\%K_2O$ dengan $\%SiO_2$ dari Peccerillo dan Taylor (1976) menunjukkan tipe seri batuan dominan adalah Kalk-Alkalin.

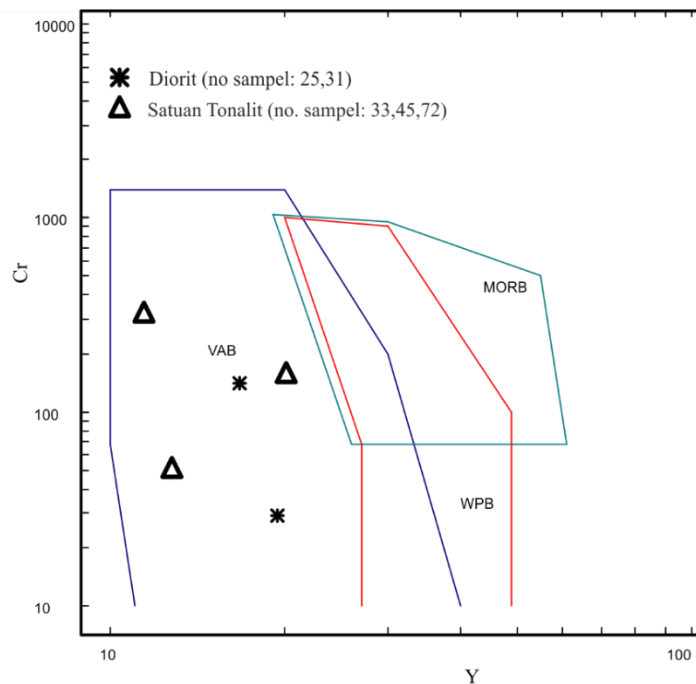
Peningkatan kadar K_2O seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9. dapat diinterpretasikan adanya evolusi tipe magma *tholeiitic series* ke tipe magma *calc-alkaline series*.

Karakter batuan kalk-alkalin ini merupakan karakter khas batuan yang terbentuk pada lingkungan batas kontinen aktif pada bagian sisi busur belakang (*Back-arc-side*). Namun hasil diagram Pearce lainnya (Gambar 5.10. dan Gambar 5.11.) menunjukkan bahwa sampel batuan berasal dari busur vulkanik, sehingga dapat disimpulkan sampel ini terbentuk di belakang subduksi yang sedang

berlangsung. Kemunculan intrusi pada daerah Brambang bersamaan dengan terbentuknya gunung api hasil subduksi.

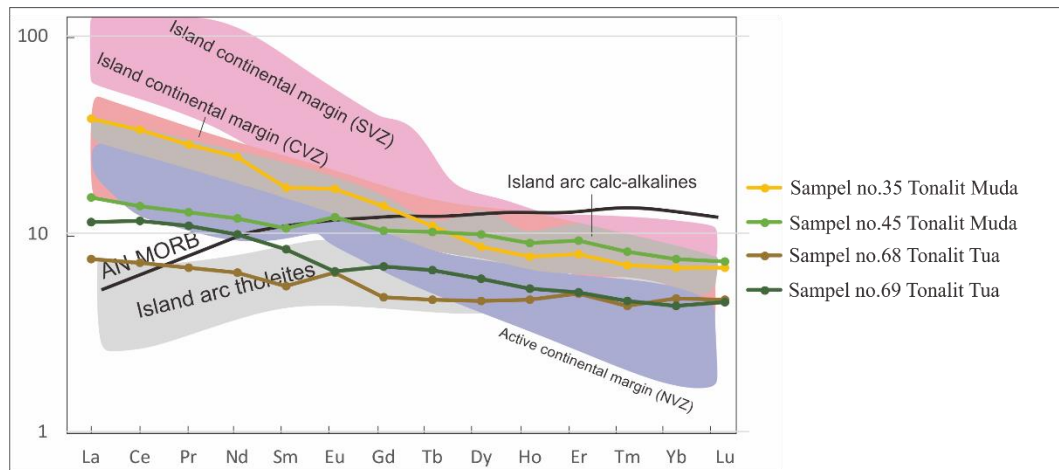


Gambar 5. 10. Diagram $\%(Y+Nb)$ dengan $\%Rb$ dari Pearce dkk., (1984) menunjukkan posisi tektonik batuan berada di VAG (Volcanic Arc Granites).



Gambar 5. 11. Diagram $\%Y$ dengan $\%Cr$ dari Pearce (1982) menunjukkan posisi tektonik batuan berada di VAB (Volcanic Arc Basalt).

Diagram REE-Chondrite yang dinormalisasi (Sun and McDonough, 1989) menunjukkan bahwa kerangka tektonik batuan di daerah Brambang ini adalah *Island Arc Calc-Alkalines* (Gambar 5.12.).



Gambar 5. 12. Diagram REE-Chondrites yang dinormalisasi (modifikasi dari Sun dan McDonough, 1989) untuk beberapa sampel tonalit (LoI<5 wt.%) menunjukkan pola tertentu mengikuti bentuk dari Island arc calc-alkalines.

BAB IV

MINERALOGI DAN GEOKIMIA BATUAN ALTERASI DAERAH BRAMBANG

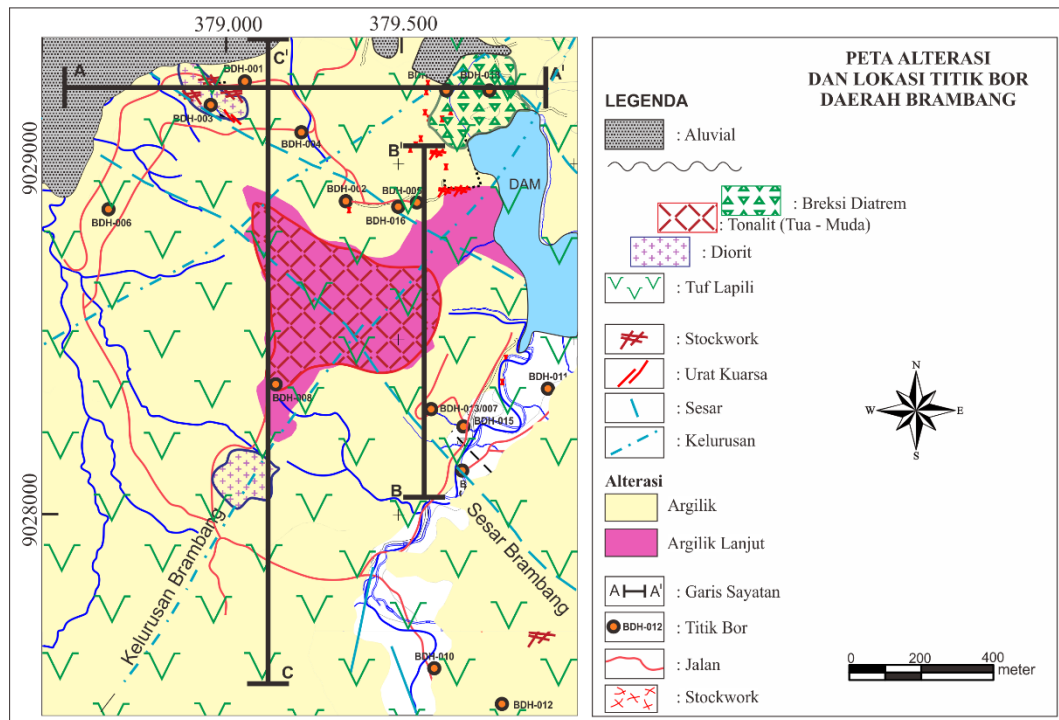
IV.1 Alterasi

Perubahan terhadap mineralisasi dan geokimia batuan yang dapat berupa penambahan (gains) ataupun pengurangan (losses) terhadap oksida maupun unsur dalam batuan disebabkan oleh proses alterasi hidrotermal.

Perubahan kimia batuan dapat diketahui dengan analisis kesetimbangan massa dan volume dengan metode isocon. Gresens (1967), dalam Grant (1986) dan Idrus (2006), mengatakan bahwa satu atau lebih komponen dalam batuan dapat bersifat tidak mobil (*immobile*) selama proses alterasi (Grant, 1986; Idrus, 2006). Unsur dan oksida yang umumnya bersifat tidak mobil selama proses alterasi hidrotermal berlangsung yakni Al_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , Y, Nb, dan Hf. Penambahan dan pengurangan komponen-komponen lainnya kemudian dapat dihitung berdasar pada asumsi bahwa perubahan volume itu merupakan faktor yang berlaku juga untuk semua komponen dalam batuan tersebut (Grant, 1986). Hubungan tersebut pada grafik linear dengan cara memplot harga konsentrasi pada batuan teralterasi (ordinat) terhadap harga konsentrasi pada batuan asalnya digambarkan oleh Grant (1986).

Alterasi hidrotermal sangat luas untuk ukuran cebakan dan berada di sekitar urat – urat dan rekahan. Cebakan porfiri terkadang terdiri dari zona potasik yang dicirikan oleh biotit dan atau K – feldspar ($\pm$ amfibol $\pm$ magnetit $\pm$ anhidrit) dan zona luar alterasi propilitik yang terdiri dari kuarsa, klorit, epidot, kalsit dan albit berasosiasi dengan pirit. Zona alterasi filik (kuarsa + serisit + pirit) dan alterasi argilik (kuarsa + illit + kaolinit + pirit + smektit + monmorilonit + kalsit).

Penyebaran alterasi argilik - filik dan argilik lanjut mencakup area yang luas terutama bagian utara Gunung Brambang. Zona stockwork kuarsa yang terkait dengan unsur Cu - Au jelas ditemukan di beberapa lokasi, terutama pada kontak intrusi (Gambar 6.1.).



Gambar 6. 1. Peta Zona Alterasi Daerah Brambang dari PT Bintang Bulaeng Persada (2009).

Zona alterasi hidrotermal dijumpai pada hampir seluruh area Brambang, dan menunjukkan pola penyebaran yang ideal, dengan tingkatan alterasi yang semakin rendah menjauhi bagian inti atau pusat tubuh intrusi, akibat pengaruh fluida hidrotermal yang semakin lemah. Berdasarkan pengamatan singkapan (Lampiran A, LpA1), analisis XRD (Lampiran D), dan peta alterasi dari PT Buena Persada (2009), maka alterasi permukaan pada daerah Brambang dapat dibagi menjadi zona alterasi argilik lanjut (**pirofilik-alunit**), zona alterasi argilik (**smektit-ilit**), dan alterasi propilitik (kuarsa – **klorit** – ilit – kaolinit – smektit – monmorilonit – **kalsit** ± **epidot**) (Gambar 6.1.). Alterasi propilitik dijumpai secara setempat-setempat

sehingga dimasukkan kedalam zona alterasi argilik. Penambahan data sampel bawah permukaan (sampel *drillcore*) menunjukkan zona alterasi potasik dan profilitik yang dapat dilihat pada sayatan tipis (Lampiran B, Lampiran C Tabel 1 dan Tabel 2). Hasil analisis sampel bawah permukaan (sampel *drillcore*) juga membuktikan keberadaan dari alterasi filik, argilik lanjut dan argilik (Lampiran B Tabel 2, Lampiran C Tabel 1 dan Lampiran D).

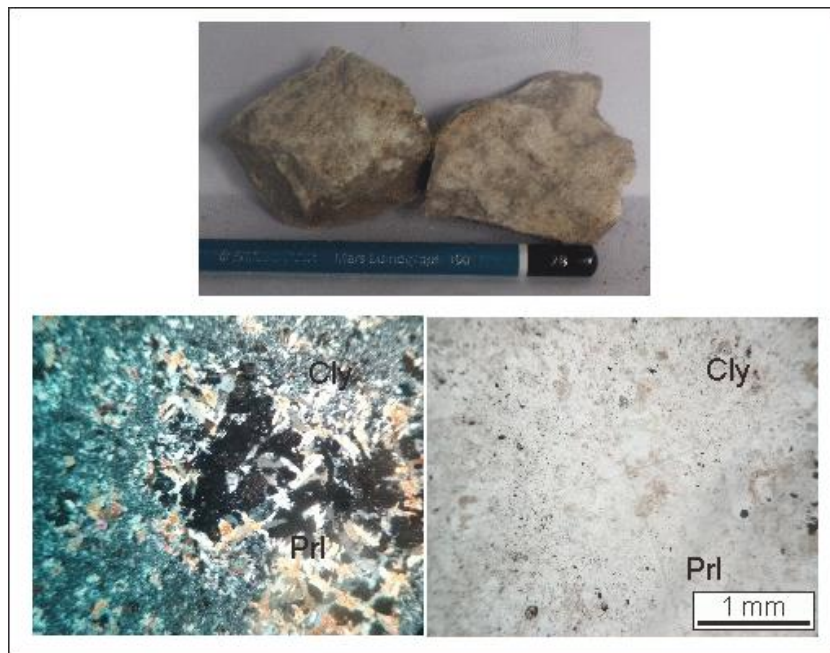
IV.1.1. Satuan Tuf Lapili

Tuf lapili yang sudah mengalami alterasi didominasi dengan hadirnya mineral lempung. Mineral primer penyusun litologi ini berubah menjadi mineral lempung seperti illit, pirofilit, serisit dan setempat menjadi klorit dan epidot. Litologi ini ditemukan mengalami alterasi tipe argilik dan argilik lanjutan.

VI.1.1.1 Alterasi Argilik Lanjutan

Pada tipe alterasi ini, dicirikan dengan kehadiran mineral-mineral dari penciri argilik lanjut seperti kehadiran mineral pirofilit, alunit, andalusit, anhidrit berdasarkan hasil pengamatan petrografi dan analisis XRD *air dry*.

Pada pengamatan petrografi memperlihatkan andalusit yang meng-*overprinting* dengan pirofilit dan beberapa juga digantikan oleh pirofilit. Diaspor berbutir halus sampai dengan sangat halus tumbuh bersama dengan pirofilit dan kuarsa, menggantikan kuarsa granoblastik prograde. Pirofilit pada sayatan tipis ini hadir sangat melimpah dengan persentase 60%. Selain pirofilit terdapat juga mineral kuarsa dengan persentase kehadiran 20% serta mineral lempung lainnya yang sulit diidentifikasi melalui pengamatan dibawah mikroskop dengan persentase kehadiran 10%. Mineral alunit tidak terlihat pada pengamatan petrografi (Gambar 6.2.)



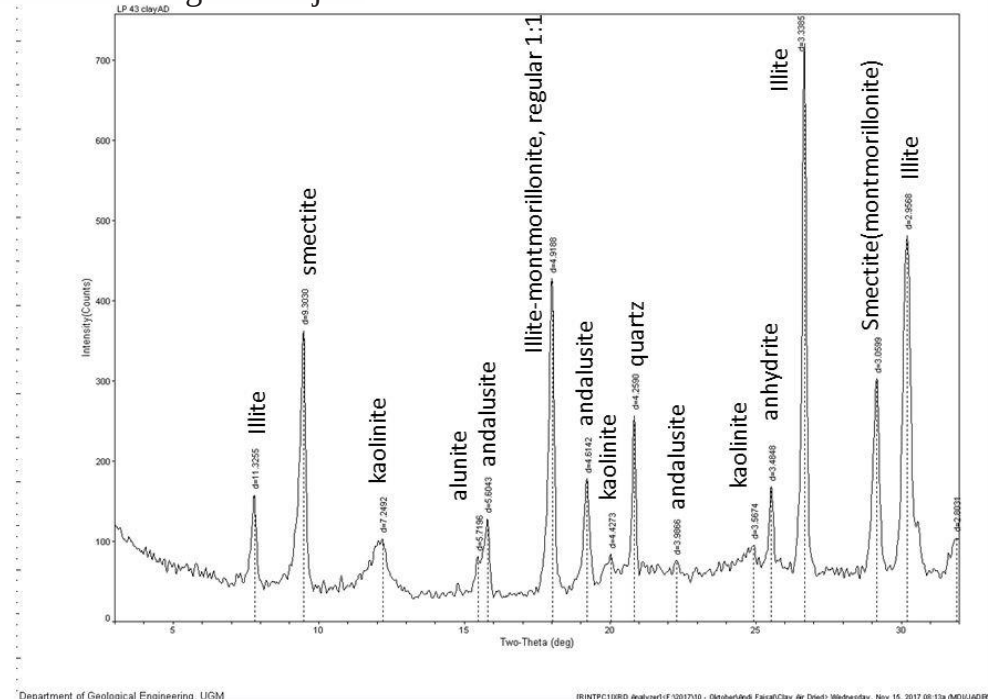
Gambar 6. 2. Indikasi alterasi argilik lanjutan pada tur lapili ditunjukkan pada sampel 43LP yang disusun oleh Pirofilit (60%), kuarsa sekunder (Qz, 20%) dan mineral lempung (10%).

Untuk mengetahui jenis atau nama dari mineral lempung yang terdapat pada tipe alterasi ini, dilakukan analisis XRD pada 3 sampel yang mewakili (Tabel 6.1.). Dari hasil analisis XRD umumnya didapatkan mineral lempung penciri tipe alterasi argilik seperti ilit, kaolinit, monmorilonit, dan smektit, serta mineral lain seperti kuarsa, andalusit, anhidrit dan mineral alunit, serta pirofilit yang merupakan penciri zona tipe alterasi argilik (Gambar 6.3.). Pada tabel 6.1. memperlihatkan kelimpahan mineral berdasarkan analisis XRD dari 3 sampel. Mineral andalusit adalah mineral yang sangat melimpah ditemukan kemudian diikuti oleh mineral lain seperti, ilit, smektit, anhidrit dan pirofilit, serta mineral alunit dan kaolinit kehadiran nya jarang tetapi tetap dijumpai disemua sampel pada saat analisis XRD.

Mineral lempung merupakan ubahan massadasar, alunit dijumpai sebagai hasil pendinginan fluida, dan kuarsa merupakan hasil pendinginan larutan hidrotermal ketika mengalami perubahan suhu dan tekanan secara tiba tiba.

Mineral lempung, alunit, anhidrit, andalusit adalah penciri pada alterasi argilik lanjut. Mineral lempung kaolinit, illit, smektit juga teridentifikasi pada alterasi argilik lanjut karena mengalami *overprinting* dengan alterasi argilik. Kumpulan mineral alterasi alunit, anhidrit dan andalusit termasuk pada jenis alterasi argilik dan terbentuk pada suhu sedang (250-300°C) pada umumnya mempunyai pH yang rendah atau asam (Corbett dan Leach, 1996).

43LP AD Argilik Lanjut



Gambar 6. 3. Analisis XRD air dry, pada lokasi pengamatan 43LP pada batuan Tuf lapili yang teralterasi argilik lanjut memperlihatkan kehadiran mineral penciri tipe alterasi argilik lanjut seperti alunit.

Tabel 6. 1. Kandungan mineral lempug yang mengindikasi alterasi argilik lanjut dengan menggunakan metode Air Dried.

No	No. Sampel	Satuan Batuan	Alterasi	Mineral					
				illit/smektit	Kaolinit	smektit	alunit	Anhidrit	Andalusit
1	43LP AD	Lapili Tuf	Argilik Lanjut	=====	=====	=====	=====	=====	=====
2	39LP AD	Lapili Tuf	Argilik Lanjut	=====	=====	=====	=====	=====	=====
3	16LP AD	Lapili Tuf	Argilik Lanjut	=====	=====	=====	=====	=====	=====

Keterangan:

- ===== :sangat melimpah-cukup melimpah
- ===== :sedikit melimpah
- :jarang ditemukan

VI.1.1.2 Alterasi Argilik

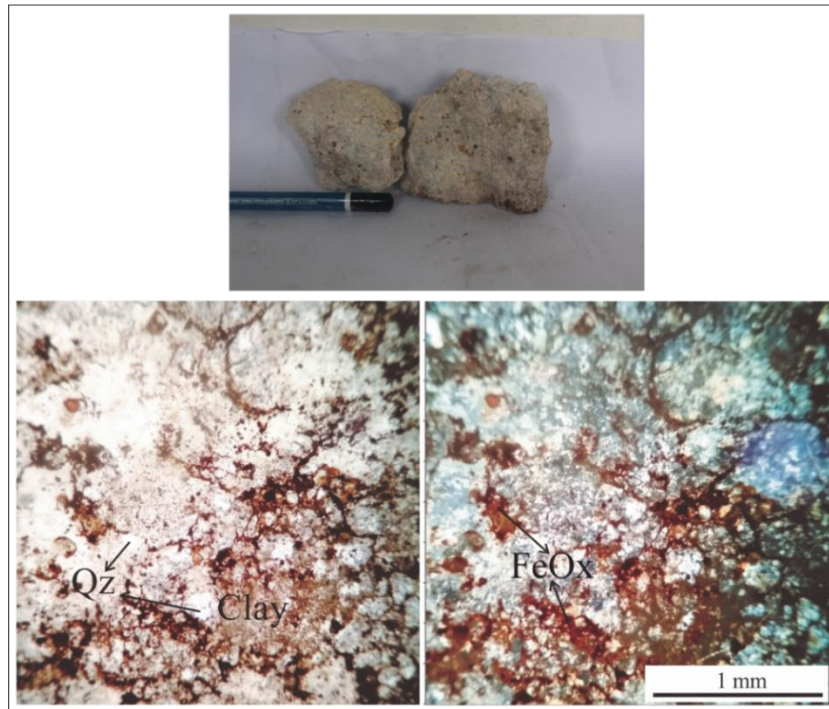
Pada litologi tuf selain alterasi argilik lanjut, terdapat juga alterasi argilik dengan dicirikan kehadiran mineral lempung seperti kaolinit, ilit, dan smektit yang melimpah kemudian terdapat di beberapa sampel mineral alunit dan pirofilit berdasarkan pengamatan petrografi dan analisis XRD *air dry*.

Pada pengamatan petrografi dilakukan terhadap beberapa sampel yang mewakili, ditemukan kelimpahan atau dominasi mineral lempung pada tiap sayatan tipis yang dianalisis. Umumnya persentase kehadiran mineral lempung 70-90% kemudian sisanya adalah mineral kuarsa dan oksida. Mineral lempung dicirikan dengan sifat halus menyebar hampir diseluruh disayatan (Gambar 6.4.). Dikarenakan sangat halus sulit untuk mendeteksi jenis atau nama dari mineral lempung ini, tetapi dari pengamatan hasil lapangan mineral lempung yang dapat teridentifikasi adalah ilit-kaolinit, dan smektit.

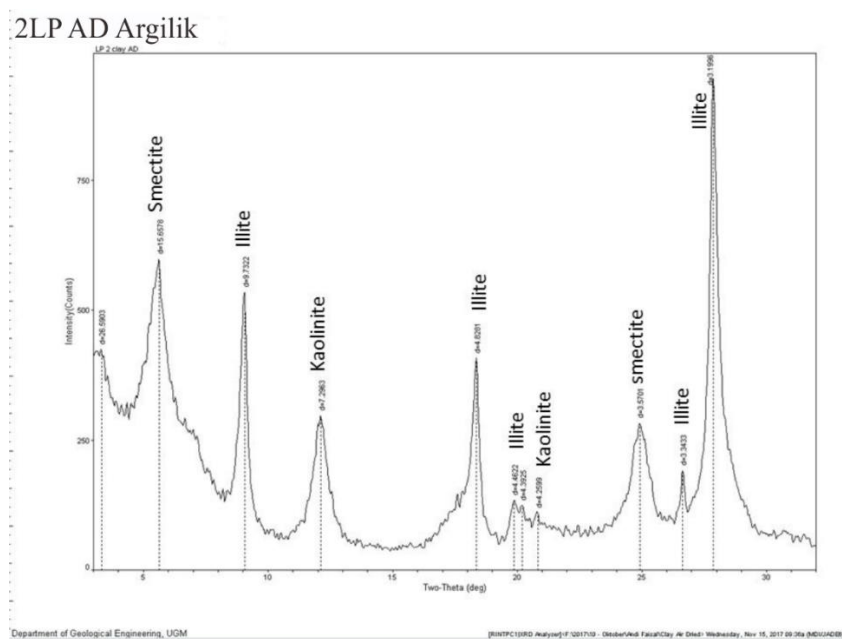
Analisis XRD digunakan untuk mengidentifikasi jenis atau nama dari mineral lempung (Gambar 6.5.). Sebanyak 4 sampel dilakukan analisis ini. Dari hasil analisis ini ditemukan kehadiran yang sangat melimpah adalah mineral kaolinit, ilit, dan smektit di semua sampel yang dianalisis, selain itu terdapat juga mineral penciri suhu tinggi seperti alunit, pirofilit, andalusit, dan anhidrit di beberapa sampel dan hadirnya tidak cukup melimpah atau jarang (Tabel 6.2).

Di beberapa sampel litologi ini, mengandung mineral ubahan lempung seperti kaolinit, ilit dan smektit yang merupakan penciri mineral ubahan akibat alterasi argilik, yang terbentuk pada suhu rendah (200-250°C) dan pada umumnya mempunyai pH rendah (Corbett dan Leach, 1998). Pada alterasi ini terdapat juga mineral penciri alterasi argilik lanjut seperti alunit, dan pirofilit dengan kehadiran

yang jarang menandakan tipe alterasi argilik ini meng *overprinting* zona tipe alterasi argilik lanjut.



Gambar 6. 4. Tuf lapili teralterasi argilik ditunjukkan juga pada sampel 2LP dengan mineralogi berupa mineral lempung Illit? (Min clay 70%), kuarsa sekunder (Qz 10%), dan mineral oksidasi (Oksidasi 20%).



Gambar 6. 5. Sampel 2LP teralterasi argilik memperlihatkan kehadiran mineral penciri tipe alterasi argilik seperti illit, kaolinit dan smektit.

Tabel 6. 2. Kandungan mineral lempung yang mengindikasikan alterasi argilik dengan menggunakan metode Air Dried.

No	No. Sampel	Satuan Batuan	Alterasi	Mineral							
				illit/smektit	Kaolinit	smektit	alunit	Anhidrit	Andalusit	Dikit/Kaolinit	pirofilit
1	2LP AD	Lapili Tuf	Argilik	████	████	████	----			████	
2	9LP AD	Breksi	Argilik	████	████	████	----	----	----	████	----
3	14LP AD	Lapili Tuf	Argilik	████	████	████				████	
4	40LP AD	Lapili Tuf	Argilik	████	████	████				████	

Keterangan:

- ████ :sangat melimpah-cukup melimpah
- ████ :sedikit melimpah
- :jarang ditemukan

Dibagian baratdaya daerah Brambang dijumpai alterasi profilitik secara setempat-setempat yang dimasukkan kedalam zona alterasi argilik.

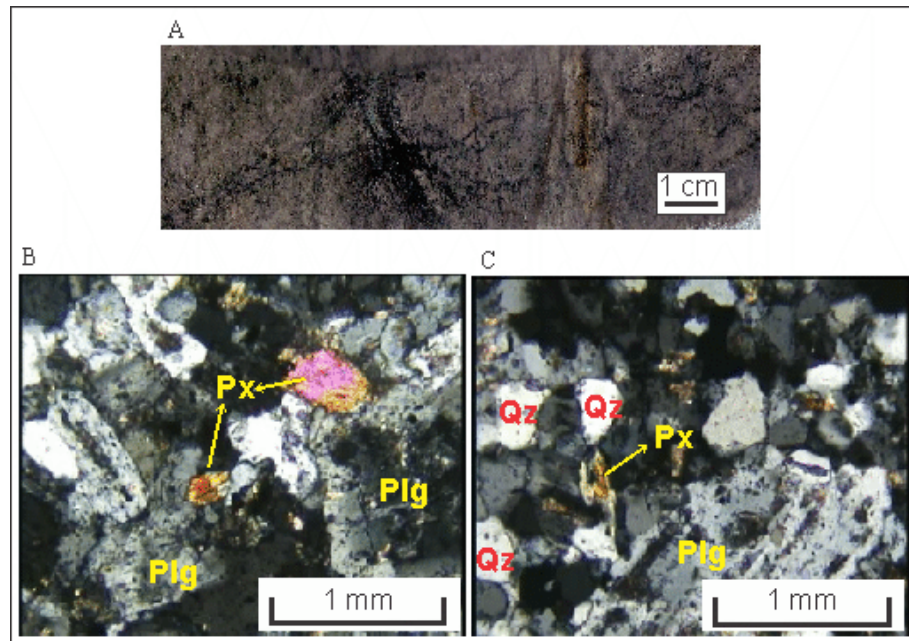
IV.1.2. Satuan Diorit

Satuan diorit pada permukaan (Gambar 5.1.A) hanya mengalami alterasi argilik, namun dari hasil analisis sampel *drillcore* didapat tipe alterasi potasik dan profilitik. Pada alterasi potasik dicirikan dengan keterdapatannya k-feldspar (sebagai hasil penggantian terhadap plagioklas pada massa dasar, maupun pada fenokris (lebih sedikit)), selain biotit sekunder. Terdapat beberapa mineral aksesoris berupa magnetit sekunder dan aktinolit/tremolit. Selain itu, juga dapat ditemukan epidot dan klorit (berasal dari biotit sekunder), serta mineral karbonat Fe/Mg/Ca (berasal dari Ca-plagioklas) sebagai hasil *overprinting* dari alterasi potasik. Kehadiran mineral lempung berupa illit hasil penggantian terhadap Ca-plagioklas, menunjukkan adanya *overprinting* dari alterasi argilik.

VI.1.2.1. Alterasi Potasik

Alterasi ini dicirikan dengan hadirnya mineral ubahan seperti biotit sekunder, K feldspar, kuarsa, serisit dan magnetit. Selain biotisasi mineral klorit juga muncul sebagai penciri zona ubahan potasik. Alterasi ini muncul dikarenakan oleh penambahan unsur potassium pada proses metasomatis dan disertai dengan

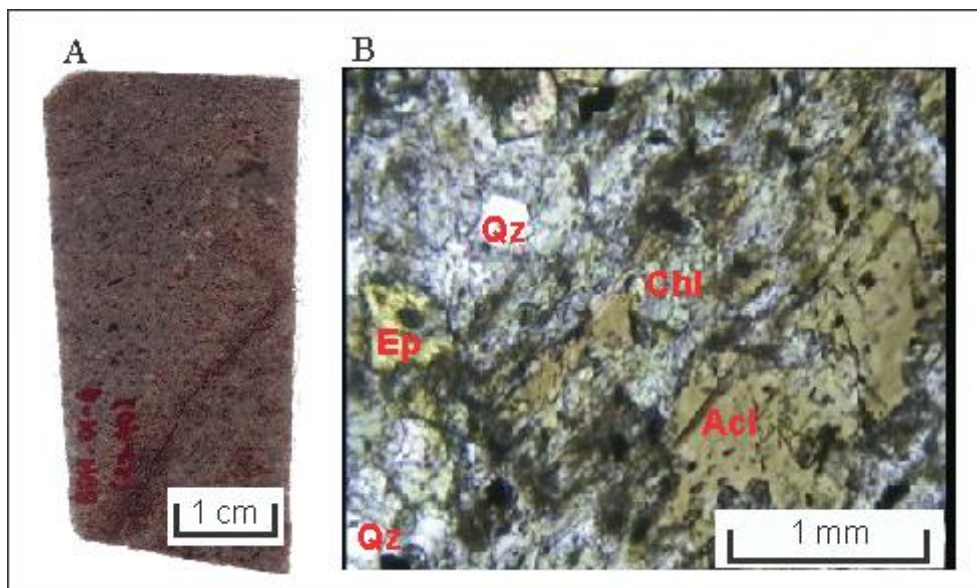
banyak atau sedikitnya dari unsur unsur seperti kalsium dan sodium pada batuan yang kaya akan mineral alumosilikat. (Gambar 6.6.)



Gambar 6. 6. Sampel no.26 tersusun atas Plagioklas (Plg, 60%), Piroksen (Px, 10%) dan Kuarsa (Qz, 30%) ; A) Kontak Diorit yang teralterasi Potasik dengan Andesit B) Bagian tepi mineral Plagioklas (Plg) yang berubah menjadi K-Feldspar (Nikol Silang); C) terbentuk kuarsa sekunder (Qz) dengan bentuk mineral sub-anhedral (Nikol Silang).

VI.1.2.2. Alterasi Propilitik

Secara megaskopis tipe alterasi ini berwarna abu-abu hingga abu-abu kehijauan, bersifat kompak. Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis mineral yang dapat diidentifikasi antara lain hadirnya mineral aktinolit, epidot, klorit dan kuarsa. Mineral aktinolit, epidot, dan klorit hadir sebagai penciri dari tipe alterasi ini, dimana epidot merupakan ubahan dari mineral plagioklas, aktinolit dan klorit merupakan ubahan dari mineral mafik yang ada pada batuan diorit. (Gambar 6.7.)



Gambar 6. 7. Sampel no.3 mengindikasikan alterasi propilitik ditunjukkan oleh hadirnya epidot (Ep, 15%), klorit (Chl, 10%) dan aktinolit (Act, 35%) sebagai mineral sekunder menggantikan mineral mafik pada diorit kuarsa. Kuarsa (Qz, 40%) berbentuk anhedral sebagai massa dasar (Nikol Sejajar).

IV.1.3. Satuan Tonalit

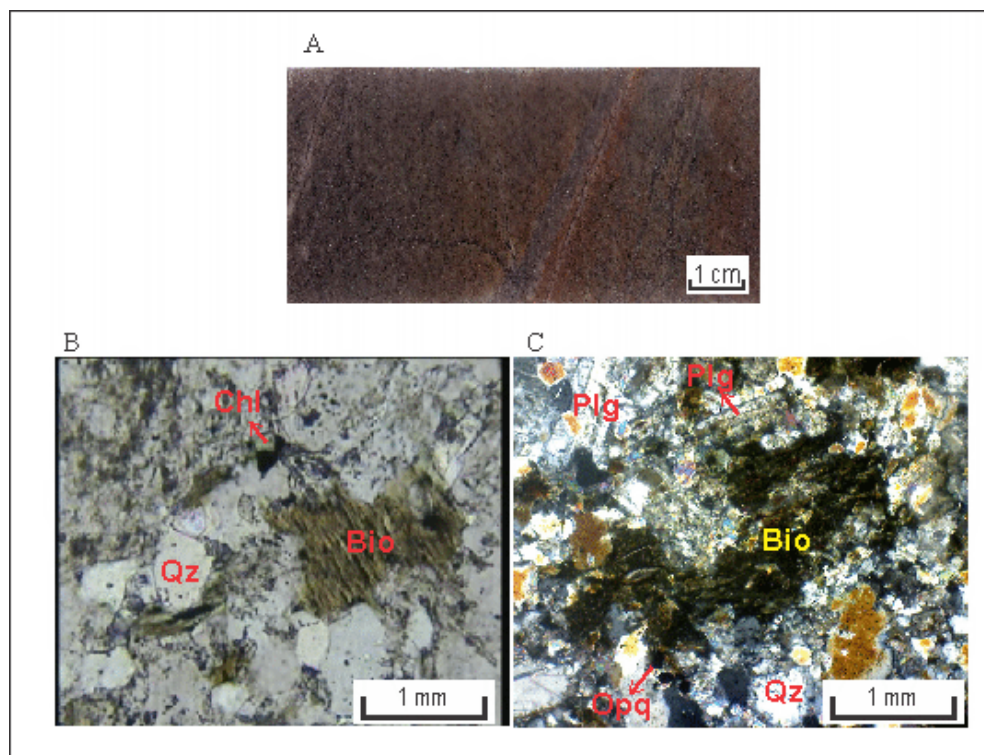
Batuan ini mengalami alterasi potasik dicirikan dengan kehadiran biotit sekunder berwarna coklat (berasal dari amfibol) dan K-feldspar sekunder (berasal dari plagioklas), dengan atau tanpa kehadiran mineral aksesoris berupa magnetit sekunder, anhidrit, serta apatit dan zirkon (sebagai inklusi pada massa dasar). Kehadiran mineral karbonat Fe/Mg/Ca dan klorit (hasil alterasi dari biotit primer dan sekunder) diperkirakan merupakan hasil overprinting dari zona alterasi bersifat prograde berupa propilitik (Tabel 6.3).

Tabel 6. 3. Kehadiran mineral penciri alterasi pada Tonalit berdasarkan pengamatan Petrografi

Tipe Alterasi Pada Tonalit	Himpunan Mineral
Potasik	Biotit, K-Feldspar
Propilitik	Epidot, Klorit
Filik	Serisit, Kuarsa
Argilik	Illit, Serisit, Mineral Lempung Lain
Argilik Lanjutan	Pirofilit, Kuarsa, Andalusit

VI.1.3.1 Alterasi Potasik

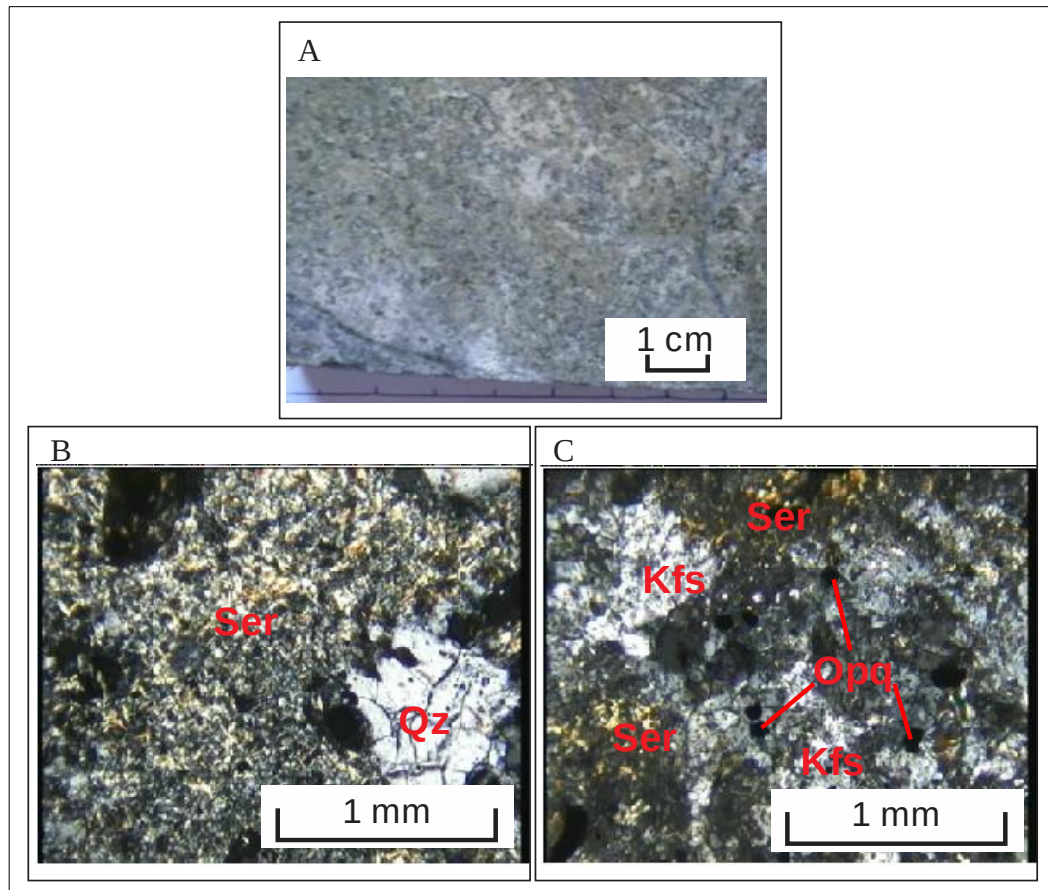
Satuan tonalit pada permukaan mengalami alterasi argilik lanjut (Gambar 5.1.A). Dari hasil analisis sampel bawah permukaan (sampel *drillcore*) dijumpai satuan tonalit dengan alterasi potasik dan profilitik, filik dan argilik lanjut (Lampiran B, Lampiran C Tabel 1 dan Tabel 2). Interaksi awal tonalit terhadap fluida hidrotermal ditandai dengan pembentukan urat dan uratan terisi oleh kuarsa yang berasosiasi dengan albit dan K-feldspar, anhidrit, biotit dan magnetit sekunder, serta bornit, kalkopirit, digenit, dimana mineralogi tersebut adalah sesuai terhadap mineralogi pada tahap akhir kristalisasi massa dasar. (Gambar 6.8.)



Gambar 6. 8. A) Indikasi alterasi potasik pada tonalit, ditunjukkan pada: B) Sampel no.28 dengan kehadiran biotit (Bio, 30%), klorit (Chl, 10%) dan kuarsa sekunder (Qz, 60%) (nikol sejajar); C) Sampel 28 dengan kehadiran mineral opak (Opq, 5%), biotit (Bio, 50%) anhedral, plagioklas (Plg, 35%) yang sebagian berubah menjadi K-Feldspar dan kuarsa (Qz, 10%) (nikol silang).

VI.1.3.2 Alterasi Filik

Selain itu, pada beberapa sampel batuan tonalit juga terdapat pula mineral penciri alterasi filik, yaitu serisit (hasil penggantian plagioklas), dengan distribusi yang terbatas di sekitar urat-urat pirit, maupun tersebar pada batuan induk sebagai hasil alterasi dari biotit primer dan sekunder, yang berasosiasi (*interlayered*) terhadap illit dan meng-*overprint* K-feldspar dan biotit (alterasi potasik). Sangat sedikit dijumpai pirit dan kalkopirit. Mineral alterasi ini merupakan hasil overprinting terhadap mineral alterasi potasik. Interaksi awal tonalit terhadap fluida hidrotermal ditandai dengan pembentukan kekar (makro maupun mikro) terisi oleh kuarsa bertekstur granoblastik, yang berasosiasi dengan albit dan K-feldspar, anhidrit, biotit dan magnetit sekunder, serta pirit, dimana mineralogi tersebut adalah sesuai terhadap mineralogi pada tahap akhir kristalisasi massa dasar. (Gambar 6.9.) Sama halnya dengan alterasi potasik, distribusi dan orientasi zona alterasi filik tidak dapat digambarkan pada peta zona alterasi daerah Brambang, karena keterdapatannya yang ada di bawah permukaan (diketahui berdasarkan sampel inti batuan (core)).

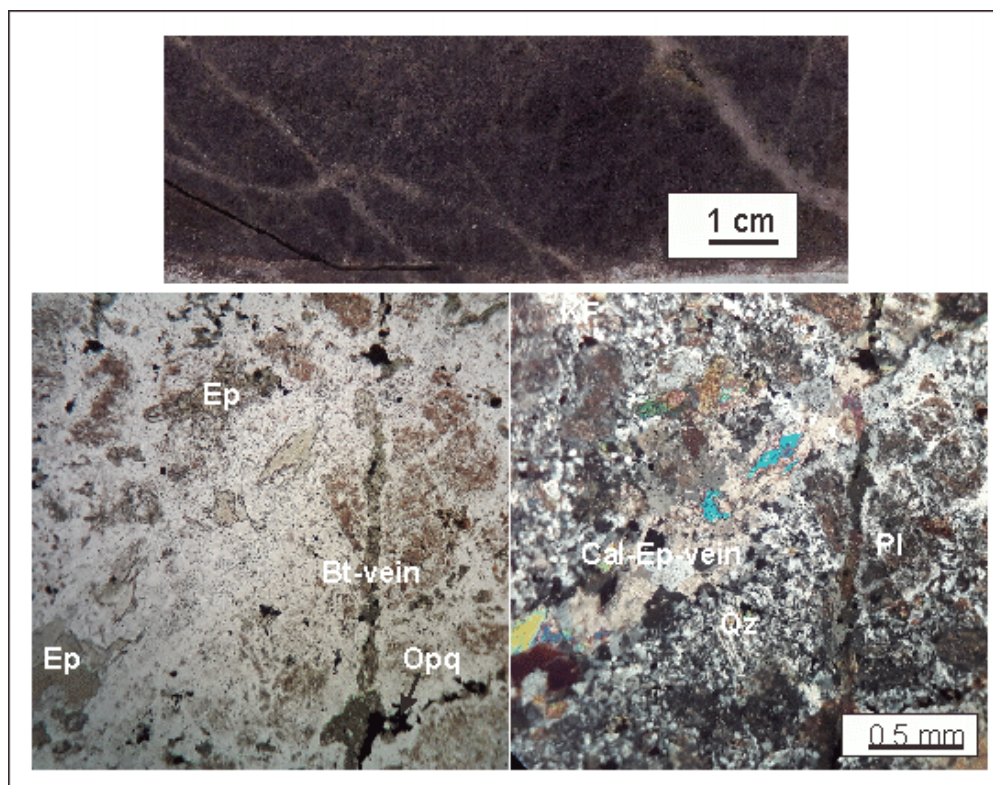


Gambar 6. 9. A) Indikasi alterasi filik yang meng-overprint mineral alterasi potasik pada tonalit: B) Sampel 8E terdapat kuarsa sekunder (Qz, 30%) yang sisinya diisi dengan serisit (Ser, 70%) menggantikan plagioklas dari batuan asal (Nikol Silang); C) Sampel no.63 terdapat K-Feldspar (Kfs, 60%) yang sisinya berubah menjadi serisit (Ser, 30%), ditemukan pula mineral opak (Opq, 10%). Dapat berupa pirit atau magnetit-dari alterasi potasik) (Nikol Silang).

VI.1.3.3 Alterasi Propilitik

Dibeberapa tempat tonalit juga mengalami ubahan dengan tipe alterasi propilitik dengan intensitas alterasi sedang-kuat. Secara megaskopis memiliki ciri bewarna abu-abu kehijauan, bersifat kompak, dengan kenampakan mineral ubahan yang dominan klorit dan epidot serta mineral bijih pirit dan magnetit.

Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis mineral yang dapat diidentifikasi antara lain hadirnya mineral penciri alterasi propilitik, yaitu epidot yang menggantikan mineral plagioklas, dan klorit menggantikan mineral mafik. Ditemukan juga mineral opak. Kalsit dan kuarsa sekunder juga terbentuk pada tonalit dengan tipe alterasi propilitik. (Gambar 6.10.)

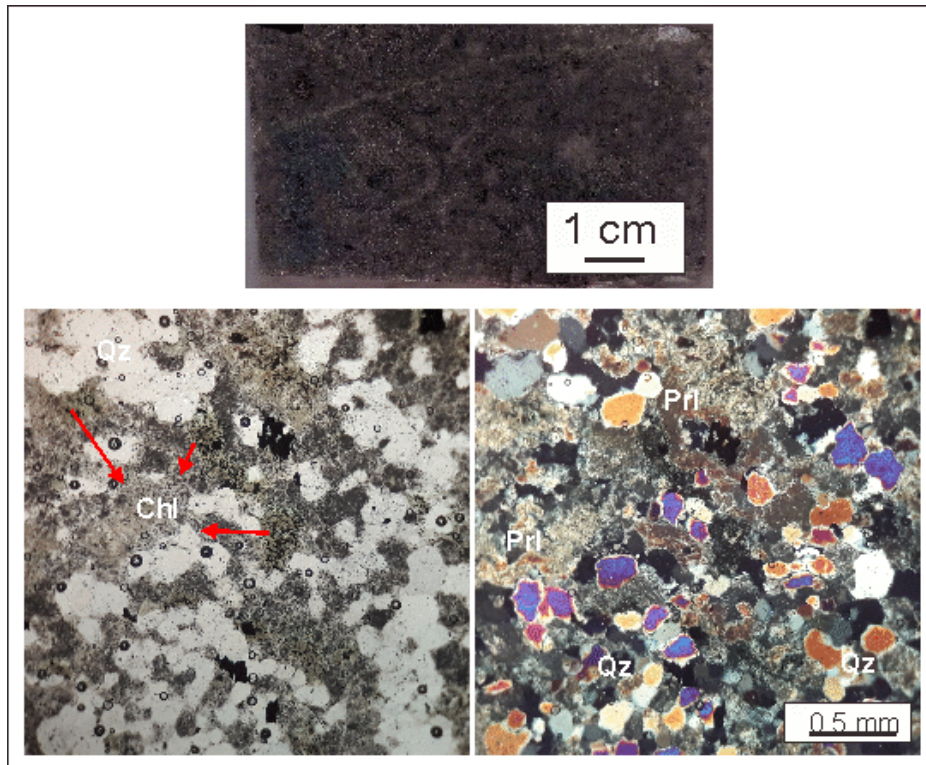


Gambar 6. 10. Indikasi alterasi propilitik pada tonalit. Sampel no.7 terdapat epidot (20%) yang mengoverprint plagioklas (mineral primer 10%) dan K-feldspar (5%). Kuarsa sekunder yang berbentuk granular banyak dijumpai (40%), mineral lempung berupa illit (10%) juga ditemukan mengoverprint plagioklas, mineral opak (10%) dan kalsit (5%). Ditemukan juga Vein Biotit dan Vein Kalsit-Epidot.

VI.1.2.4 Alterasi Argilik Lanjutan

Tipe alterasi argilik lanjut juga hadir pada intrusi tonalit. Secara megaskopis tipe alterasi ini bewarna putih keabu-abuan, bersifat kompak-rapuh. Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis mineral yang dapat diidentifikasi antara lain hadirnya mineral pirofilit, kuarsa, dan klorit. Tipe alterasi ini dicirikan dengan

kehadiran pirofilit dan kuarsa pada sampel batuan tonalit. Tipe alterasi ini mendominasi ubahan pada persebaran batuan tonalit. (Gambar 6.11.)



Gambar 6. 11. Indikasi alterasi argilik lanjutan pada tonalit. Sampel 59 terdapat pirofilit (20%) yang Kuarsa (50%). Terdapat mineral lempung (illit, 25%) dan sedikit klorit (5%).

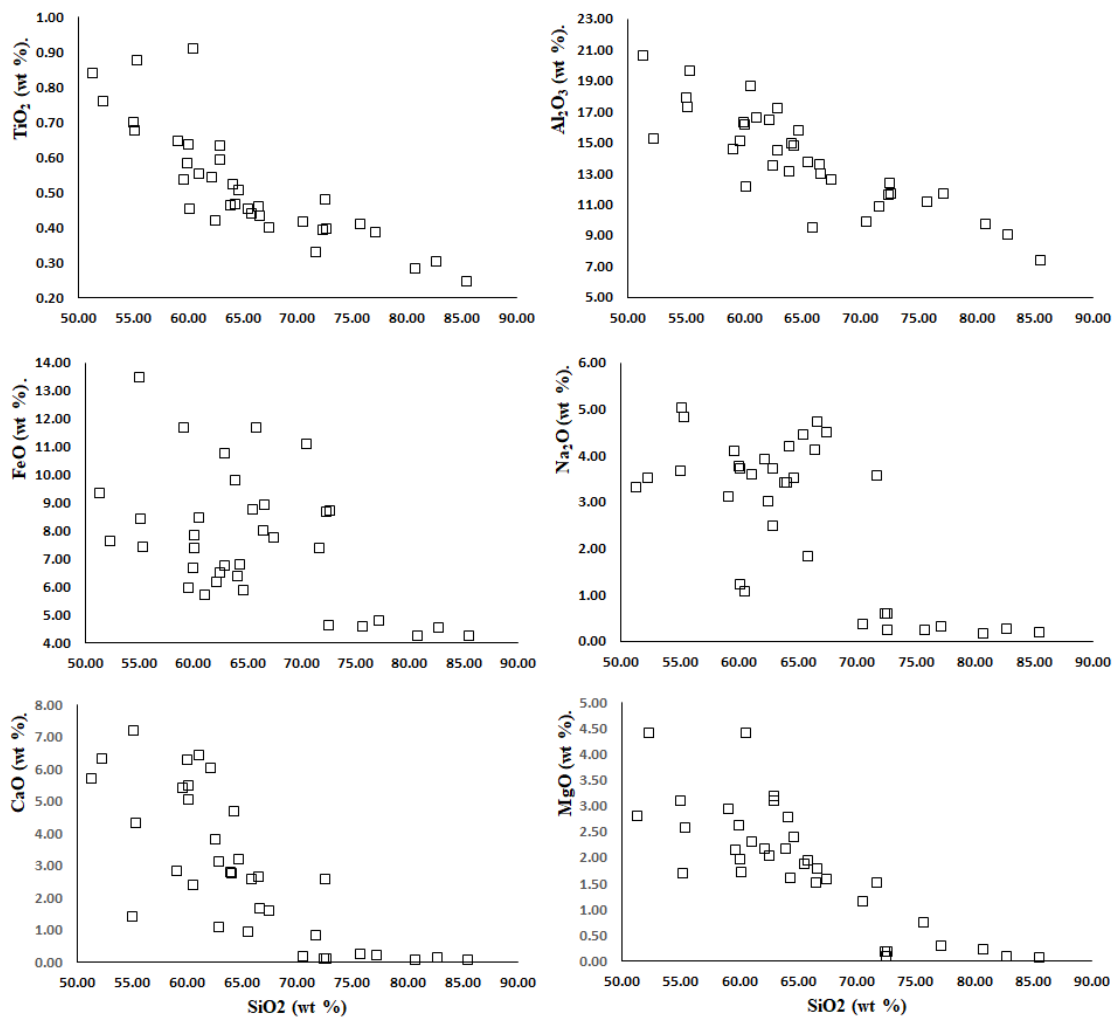
IV.2. Geokimia Batuan Alterasi

Analisis geokimia batuan dengan metode XRF (X-Ray Fluorescence) menghasilkan tabel berisikan kandungan unsur utama dan unsur jejak menggunakan 52 sampel dari semua litologi dan metode ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) menghasilkan tabel berisikan unsur jarang menggunakan 24 dari 52 sampel tersebut diatas. Selanjutnya data tersebut diolah dengan menggunakan Petrograph. Petrograph adalah salah satu software penunjang geologi yang digunakan untuk plotting ke berbagai diagram berdasarkan kandungan unsur utama maupun unsur jejak.

IV.2.1. Harker Diagram

Diagram variasi Harker antara unsur oksida (*major element*) dengan SiO_2 di daerah Brambang menggunakan 35 sampel batuan tonalit teralterasi, menunjukkan bahwa kenaikan SiO_2 bersamaan dengan turunnya kandungan Al_2O_3 , TiO_2 , MnO , MgO , CaO , Fe_2O_3 dan Na_2O . Beberapa litologi memiliki kandungan SiO_2 tinggi yakni ETI-ADC (*Early Tonalite-Advanced Argilic*) dan ITI-ADC (*Intermediate Tonalite-Advanced Argilic*). Secara umum unsur utama ini menunjukkan posisi tektonik busur magmatik, yakni kandungan SiO_2 yang bervariasi (45,33-85,59 wt.%), TiO_2 rendah (0,24-1,33 wt.%), MgO (0,05-7,16 wt.%), Al_2O_3 (7,35-25,87 wt.%), dan Na_2O (0,15-5,01 wt.%). (Lampiran E)

Gambar 6.12. menunjukkan Variasi diagram harker antara unsur oksida (*major elemen*) dan SiO_2 . Unsur oksida (TiO_2 , Al_2O_3 , CaO dan MgO) menunjukkan *trend* negatif seiring dengan bertambahnya tingkat keasaman batuan. Bertambahnya tingkat keasaman batuan mengarah kepada menurunnya kadar CaO dan MgO pada batuan, hal tersebut paralel dengan proses terjadinya diferensiasi magma. Unsur Na_2O dan FeO terlihat lebih menunjukkan *trend* acak yang dikarenakan karena proses alterasi dan oksidasi, sementara proses alterasi terlihat sedikit berpengaruh pada unsur oksida Al_2O_3 .



Gambar 6. 12. Variasi dari diagram Harker antara unsur oksida (Major element) dan SiO₂ (dalam % berat).

Unsur utama, unsur jejak dan unsur tanah jarang (REE) kecuali Ti, Al, dan Zr umumnya bersifat *mobile*. Kemampuan mobilisasi dipengaruhi oleh kondisi geologi selama proses hidrotermal berlangsung. SiO₂, Na₂O, CaO, Fe₂O₃, MgO adalah unsur utama yang mudah teralterasi selama proses hidrotermal, sementara unsur jejak yang sering meningkat atau menurun termasuk Sr, Ba, Cr, dan Cu. Kestimbangan massa sangat penting untuk menghitung perubahan unsur *mobile* diantara batuan teralterasi, dengan menggunakan unsur *immobile*.

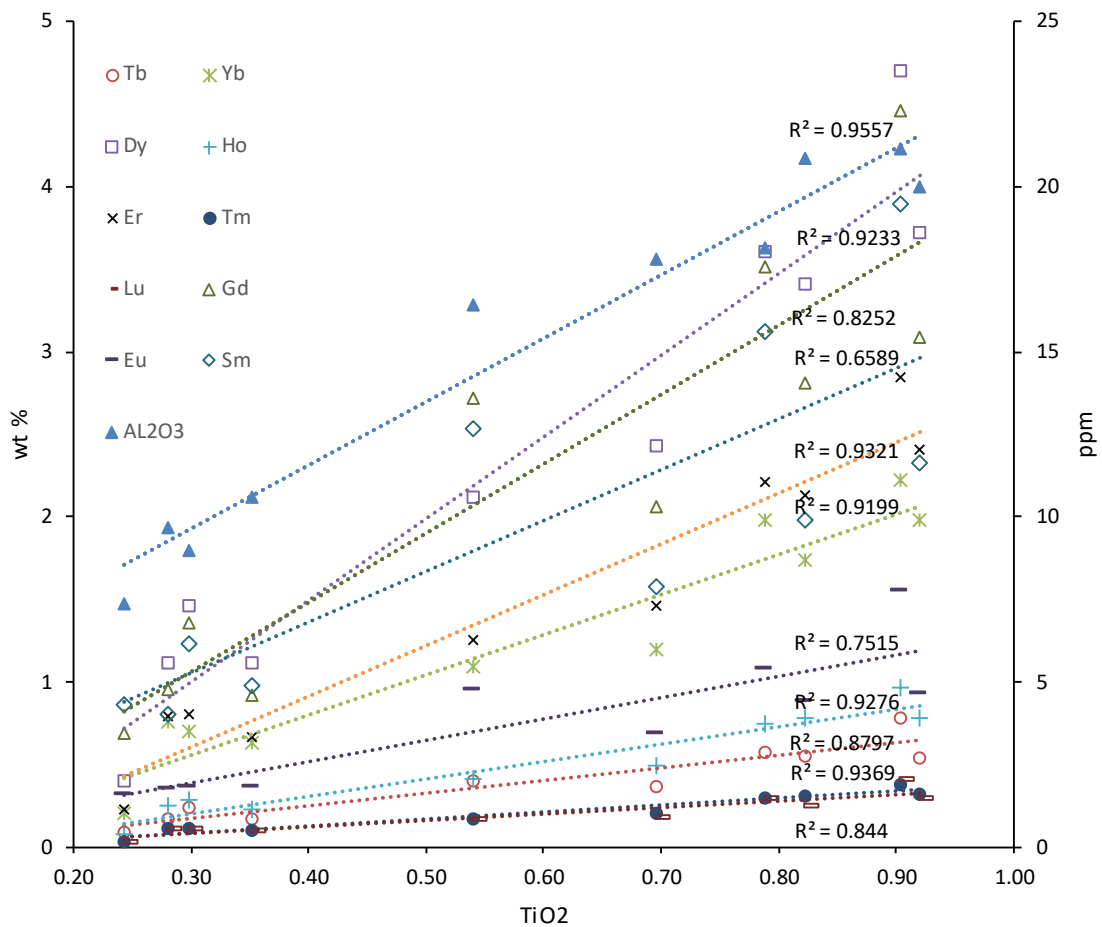
IV.2.2. *Mass Balance*

Diawal fase reaksi fluida hidrotermal dengan batuan sampling akan menghasilkan aliterasi potasik pada bagian luar dari batuan intrusi dan juga zona alterasi argilik lanjut pada bagian atas batuan intrusi tersebut. Reaksi fluida hipersalin yang mengandung K dan Na dengan batuan sampling ini, yang kemudian menentukan himpunan mineral seperti K-felspar, biotit dan magnetit dari zona alterasi potasik (Giggenbach, 1997). Pada intrusi selanjutnya, fluida hidrotermal akan melewati zona alterasi potasik yang sudah ada dan membentuk zona alterasi filik atau zona alterasi serisit-klorit (Heddenquist dan Richards, 1998).

Dengan begitu *mass balance* akan dikalkulasi berdasarkan:

1. Perubahan unsur pada zona alterasi potasik dibandingkan dengan unsur pada batuan *fresh*.
2. Perubahan unsur zona alterasi filik dibandingkan dengan unsur pada zona alterasi potasik.
3. Atau perubahan unsur zona alterasi sesudah alterasi filik (zona alterasi profilitik) dibandingkan dengan unsur pada zona alterasi potasik.

Perhitungan keseimbangan massa umumnya memakai metode Gresen (1967) yang dimodifikasi oleh Grant (1986). Untuk menghitung keseimbangan massa, digunakan sampel batuan teralterasi, begitu juga batuan tidak teralterasi (atau sedikit teralterasi).



Gambar 6. 13. *Trend* Linier dari Oksida Major dan Elemen terhadap TiO₂. Oksida Major dan Element mengindikasikan immobilitas dengan koefisien korelasi ($r \geq 0,7$). Catatan: Oksida Major dalam wt % dan Element dalam ppm.

Unsur *immobile* ((Al, Ti, Ga, Hf and HREE as Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb and Lu) dipakai sebagai parameter *isocon*, dengan menggunakan standar deviasi dari analisis unsur *immobile* (Selverstone *et al.*, 1991; Kolb *et al.*, 2000). Gradien *isocon* terbentuk dari sampel asli (sedikit teralterasi) dengan sampel teralterasi (Mo/Ma). Sampel terpilih diplot vs TiO₂, jika koefisien korelasinya ($r \geq 0.7$) berarti unsur tersebut *immobile* (Bühl and Zöfel, 1999). Dalam batuan teralterasi yang kompleks (banyak terjadi *overprint*), koefisien korelasi dihitung dengan pengeplotan unsur pada bermacam-macam zona alterasi dan tipe batuan. (Gambar 6.13.)

Unsur yang diplot di atas *reference isocon* adalah unsur yang jumlahnya meningkat selama alterasi, sedangkan unsur yang di plot di bawah *reference isocon* adalah unsur yang jumlahnya menurun selama alterasi, unsur yang di plot relatif sejajar dengan *reference isocon* adalah unsur *immobile* (Grant, 1986).

Grant (2005) menyimpulkan rumus dari keseimbangan massa pada alterasi metasomatik (Gresens, 1967; Grant, 1986) dan ditulis ulang sebagai :

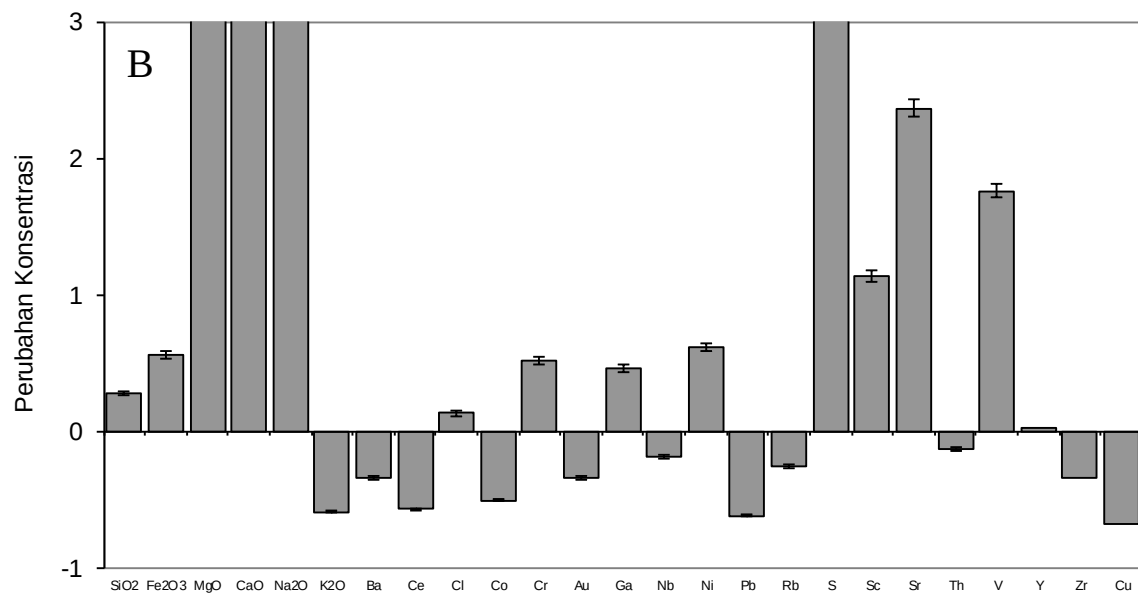
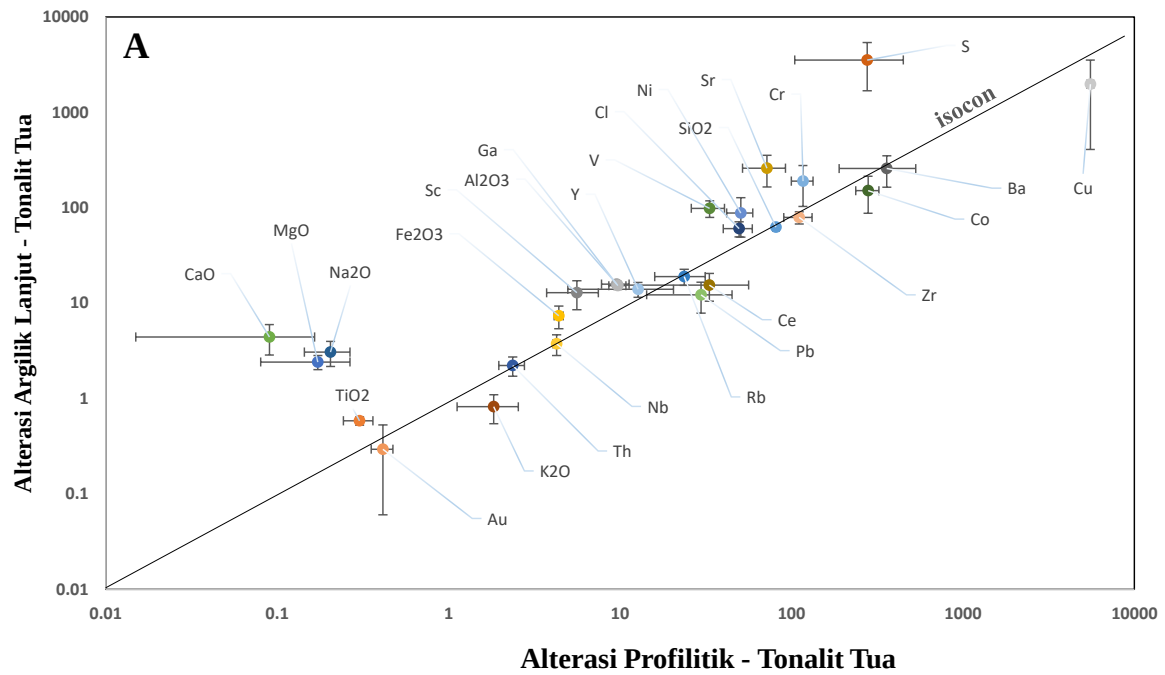
$$C^A_i = M^O/M^A(C^O_i + \Delta C_i), \text{ dimana:}$$

C_i = konsentrasi dari spesies “i”, “O” adalah batuan asli dan “A” adalah batuan teralterasi

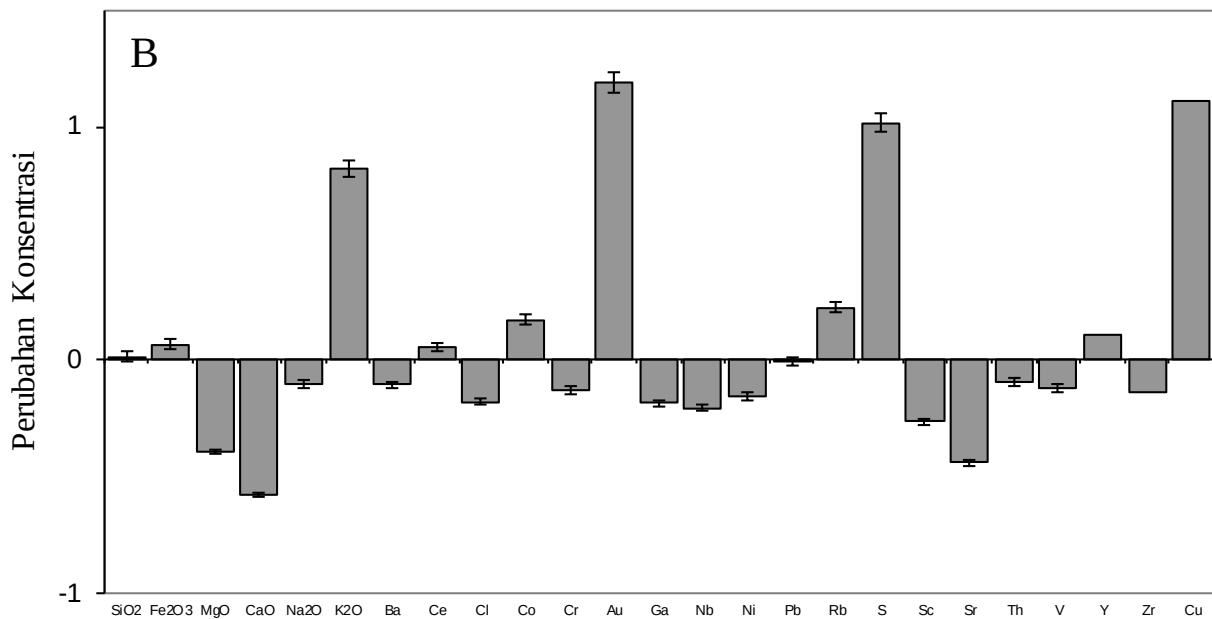
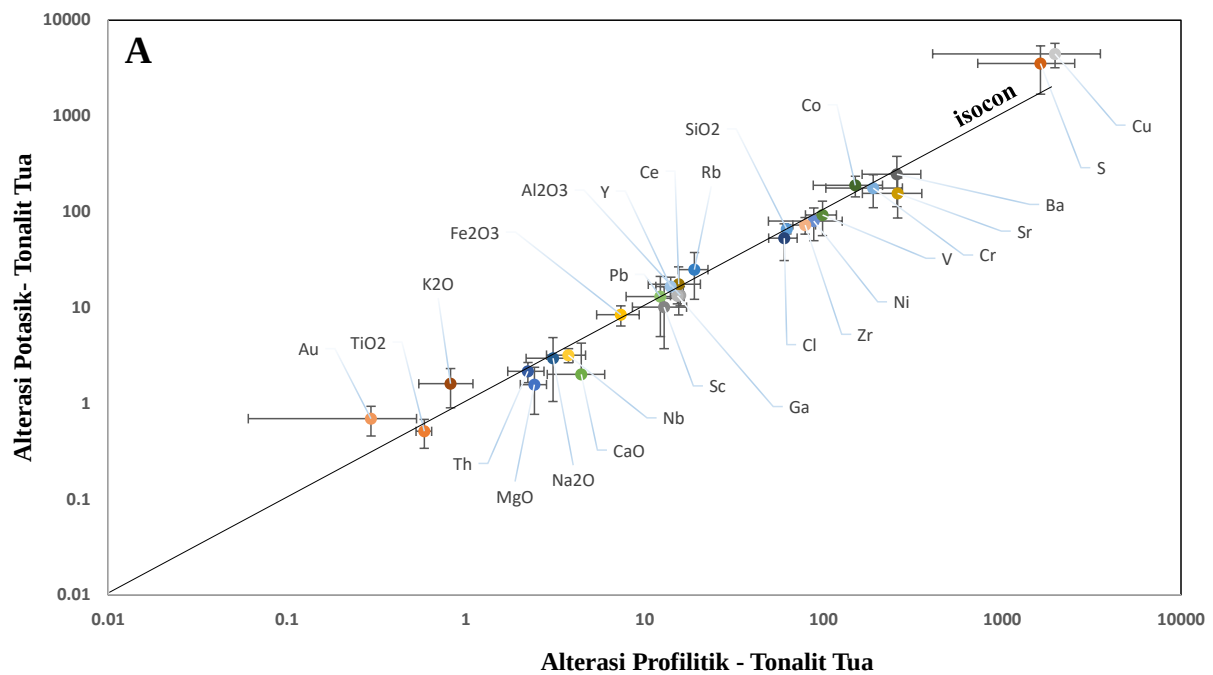
M^O/M^A = ekuivalen massa sebelum dan setelah alterasi

ΔC_i = perubahan konsentrasi (tambah/hilang) dari spesies “i” ($C^O_i - C^A_i$).

Kemiringan dari *isocon yields* perubahan keseluruhan massa relatif adalah M^O . Kemiringan didapatkan dengan *clustering* data C^A_i / C^O .



Gambar 6. 14. Isocon-Mass Balance Diagram antara unsur zona alterasi profilitik dengan unsur pada zona alterasi Argilik Lanjut pada Tonalit Tua. B) Perubahan Konsentrasi unsur zona alterasi profilitik dengan unsur zona alterasi Argilik Lanjut pada Tonalit Tua.



Gambar 6. 15. Isocon-Mass Balance Diagram antara unsur zona alterasi profilitik dengan unsur pada zona alterasi Potasik pada intermediate Tonalit. B) Perubahan Konsentrasi unsur zona alterasi profilitik dengan unsur zona alterasi Potasik pada intermediate Tonalit.

IV.2.3. Keseimbangan Massa dan Volume

Analisis keseimbangan massa (mass balance) dilakukan untuk mengetahui perubahan massa dan volume unsur utama maupun unsur jejak dari batuan asal terhadap alterasi hidrotermal lain yang terbentuk di batuan yang sama. Batuan asal yang digunakan adalah tonalit dengan alterasi profilitik (Garwin, 2000).

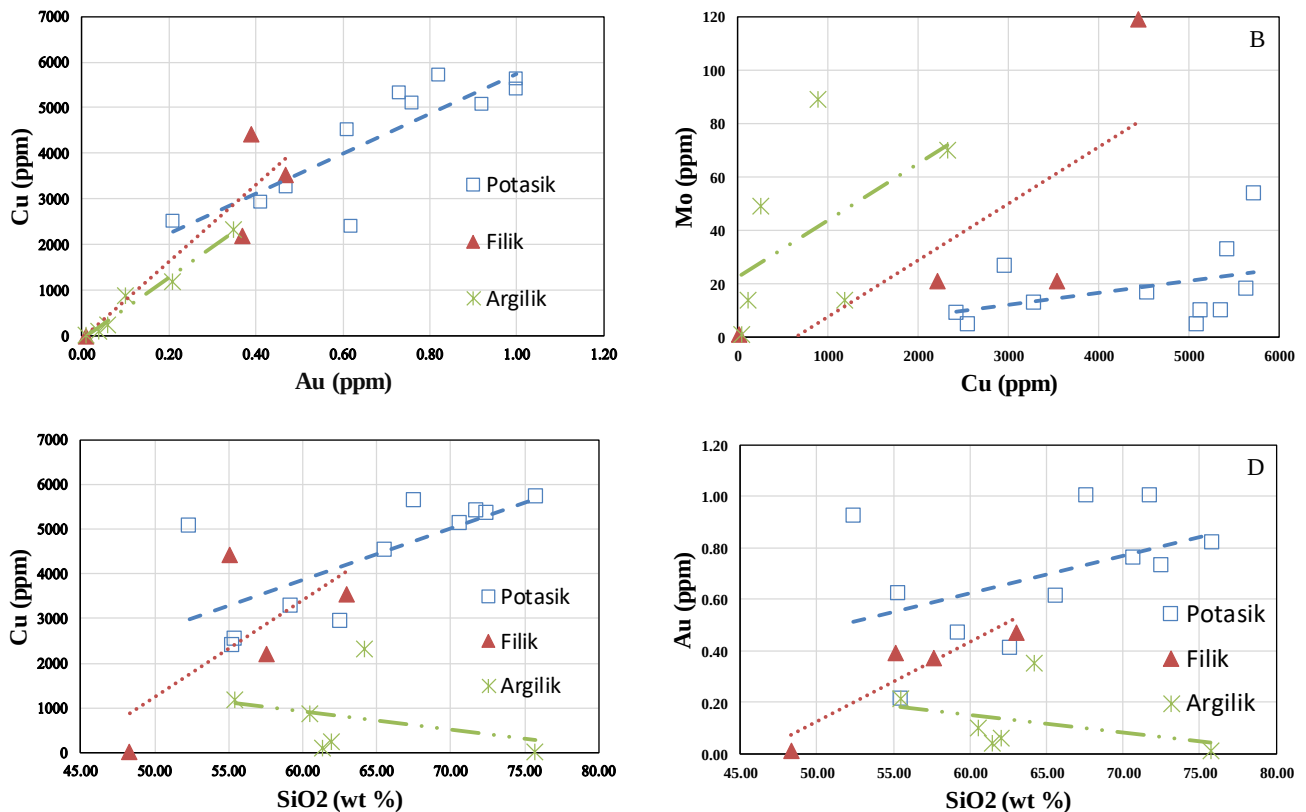
Pada analisis ini, digunakan nilai rerata dari konsentrasi unsur utama dan unsur jejak dari batuan asal yang berjumlah tiga buah (N=3), serta unsur utama dan unsur jejak dari batuan asal yang teralterasi potasium dan argilik lanjut, asing asing sebanyak empat buah (N=4). Garis isocon (Grant, 1986) dibuat dengan acuan tiga unsur yang bersifat *immobile* yaitu Ti, Al dan Ga (Idrus, 2006). Garis tersebut memisahkan elemen atau unsur yang mengalami pengayaan (terletak diatas garis isocon) dan elemen atau unsur yang mengalami pengurangan (yang terletak dibawah garis isocon) (Gambar 6.14. dan Gambar 6.15.)

IV.3. Geokimia Bijih

Pengukuran kadar unsur logam pada daerah Brambang dilakukan pada 70 sampel urat kuarsa oleh PT Bintang Bulaeng Persada. Berdasarkan pengukuran pada sampel urat kuarsa dengan menggunakan metode analisis AAS (*Atomic absorption spectroscopy*), dapat dideteksi unsur unsur logam, yaitu Au, Cu, Pb, Zn, Ag, As, Sb, dan Mo. Pada beberapa sampel unsur-unsur logam tersebut menunjukkan adanya kelimpahan seperti Au $\geq 0.5\text{ppm}$ dan Cu $\geq 5000\text{ppm}$ (Lampiran G, Tabel 1. Data kelimpahan unsur logam pada daerah Brambang).

Pada gambar 6. 16. kelimpahan unsur Cu-Au dapat dilihat pada setiap alterasi potasium, filik dan argilik. Peningkatan kelimpahan unsur Cu-Au pada

alterasi potasium dan filik sejalan dengan peningkatan kadar SiO_2 yang mencerminkan peningkatan *maturity* secara mineralogi akan tetapi pada alterasi argilik peningkatan kadar SiO_2 tidak diikuti dengan Peningkatan kelimpahan unsur Cu-Au



Gambar 6. 16. Variasi dari diagram Harker antara unsur logam Au, Cu, Mo (dalam ppm) dan SiO_2 (dalam % berat).

IV.4. Kimia Mineral Klorit

Hubungan antara mineral komposisi dan temperatur kristalisasi sudah diteliti di banyak area geothermal. Secara keseluruhan kondisi fisik, kimia dan mineralogi berhubungan erat dengan meningkatnya Temperatur seiring dengan bertambahnya kedalaman. Kandungan $\text{Al}_{(\text{IV})}$ didalam tetrahedral pada klorit, meningkat seiring

dengan suhu, dan bahwa $Al_{(IV)}$ di klorit adalah fungsi dari suhu dan dapat diterapkan pada hidrotermal sistem, Persamaan 1, Cathelineau (1988).

Persamaan geothermometri klorit sebagai berikut (Persamaan 1):

$$T [^{\circ}C] = -61.92 + 321.98 * (Al_{IV}) \dots\dots\dots 1)$$

Vidal dkk., (2001) juga menggunakan klorit geothermometrie yang mirip Cathelineau (1988) dengan menggunakan faktor koreksi $Fe/(Fe+Mg)$.

Tabel 6. 4. Geothermometri pada sampel no.50 menggunakan mineral klorit pada Tonalit Tua, menurut Cathelineau (1988) dan Vidal dkk., (2001).

Sampel	Keterangan
Batuan	Quarz Diorite
Alterasi	Propilitik
T $^{\circ}C$ Cathelineau (1988)	309 $^{\circ}C$
T $^{\circ}C$ Vidal dkk., (2001)	332 $^{\circ}C$

Microprobe data dari mineral klorit diambil dari sampel batuan teralterasi potasik pada batuan tonalit tua. Kedua kalkulasi dari Cathelineau (1988) dan Vidal dkk., (2001) menunjukkan hasil yang relatif sama (Tabel 6.4.). Perhitungan klorit geothermometri pada Brambang ini menunjukkan Temperatur yang berkisar antara 309 $^{\circ}C$ s/d 332 $^{\circ}C$. (Lampiran H, Tabel 2. dan Tabel 3.)

BAB V

SISTEM URAT DAN MINERALISASI

Pada daerah Brambang, area dengan batuan yang tersilifikasi tersingkap disebelah utara gunung Brambang, sebelah barat Pelangan, barat daya pulau Lombok. Bagian atas dari sistem mineralisasi porfiri telah tererosi dan tersingkap pada lahan seluas lebih dari 250 x 400 meter; dengan mineralisasi bijih utama tersingkap pada pola pengaliran di sisi bagian selatan. Mineralisasi yang terpusat pada *stock* tonalit porfiri, yang menerobos batuan vulkanik lapili tuf dan batuan diorit. Selanjutnya terjadi *multi fase* intrusi pada *stock* tonalit, yang menghasilkan tonalit tua dan tonalit muda. Tonalit tua dan batuan dinding yang berdekatan akan menjadi *host rock* dengan mineralisasi tinggi. Tonalit muda memiliki komposisi yang sama dengan intrusi tonalit tua, tetapi mineralisasinya tidak terlalu kuat. Gambar 7.1. menunjukkan zona singkapan batuan yang tersilifikasi di sebelah utara gunung Brambang (di sebelah selatan jalan kontrol irigasi desa Brambang).



Gambar 7. 1. Morfologi dari zona mineralisasi dilihat dari sebelah selatan jalan kontrol irigasi. Argillic alterasi, stockwork A-B-C-D veinlet dengan Cu-Au mineralisasi.

VII.1. Sistem Urat

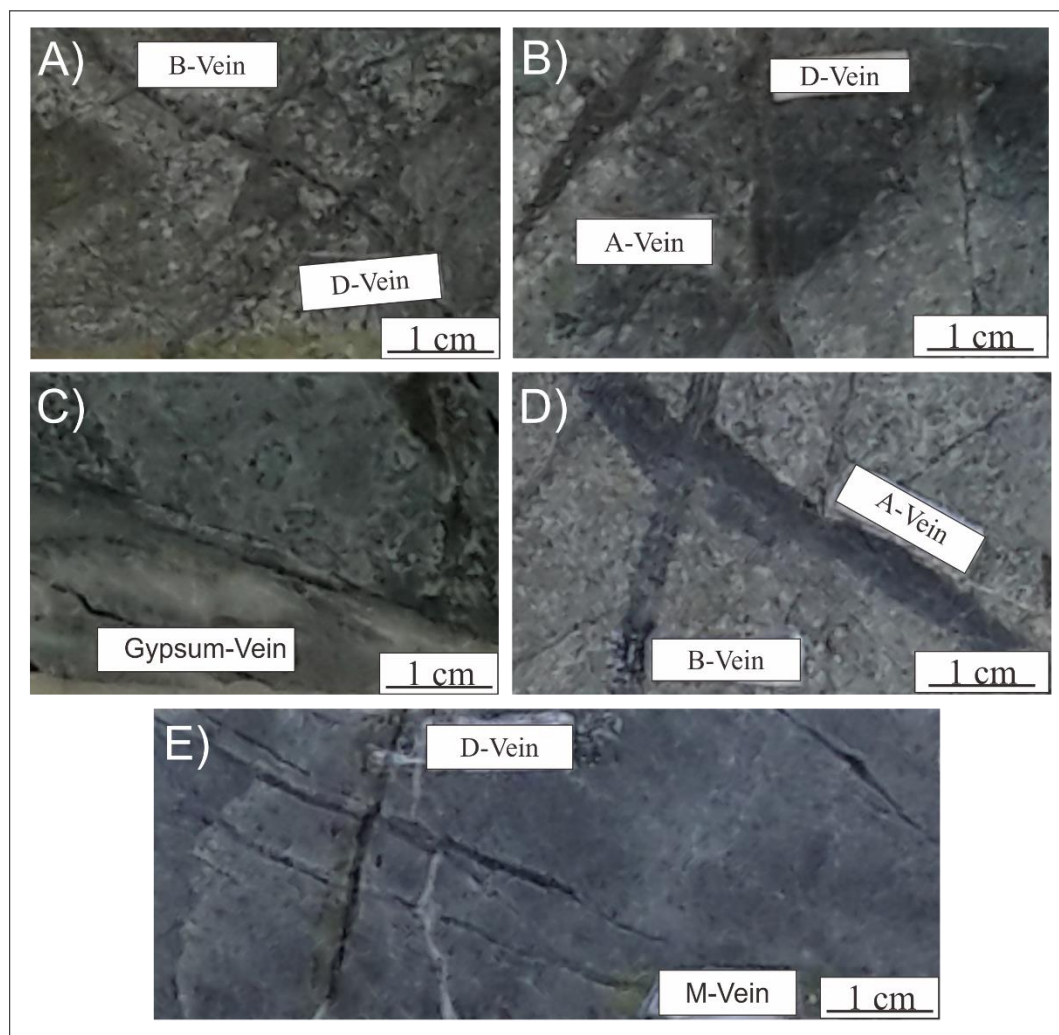
Pemahaman mengenai *vein* dan *veinlet* dalam sistem porfiri merupakan hal yang bersifat penting, terutama pada deposit porfiri Cu-Au, seperti halnya pada daerah Brambang. Hal tersebut disebabkan karena pada umumnya, mineralisasi bijih dikaitkan dengan kehadiran keduanya.

Berdasarkan himpunan mineral yang terkandung di dalam urat, selain urat magnetit-kalkopirit $\pm$ kuarsa-biotit, urat-urat pada daerah Brambang dapat dibagi menjadi lima tipe, yaitu urat tipe M, A, B, C, dan tipe D, dengan masing-masing penjelasan sebagai berikut (Gambar 7.2.).

- a. Magnetit – kalkopirit $\pm$ kuarsa - biotit, umumnya dijumpai sebagai *stinger veinlet*.
- b. *Banded/Laminated* quartz-magnetit (urat tipe M, *M-Vein*), terdiri dari pelapisan magnetit dan kuarsa, dengan sedikit atau tanpa kandungan sulfida.
- c. Kuarsa $\pm$ magnetit (urat tipe A, *A-Vein*), umumnya tersusun oleh kuarsa transparan dengan/ tanpa magnetit, serta mineral sulfida berupa kalkopirit, pirit, dengan/ tanpa bornit. Hanya ditemukan di zona alterasi potasik dan *vein* memiliki bentuk asimetris, *irregular* dan *discontinue*, *stockwork* atau *single vein*.
- d. Kuarsa $\pm$ K-feldspar (urat tipe B, *B-Vein*), dicirikan dengan kehadiran kuarsa dengan pertumbuhan sejajar mengarah ke pusat urat, yang berasosiasi dengan K-feldspar, dengan/tanpa kandungan mineral sulfida berukuran halus.
- e. Pirit $\pm$ kalkopirit (urat tipe C, *C-Vein*), tersusun oleh mineral sulfida berupa pirit dan/ tanpa kalkopirit, dengan ukuran kecil (umumnya), dan tanpa alterasi hidrotermal.

- f. Pirit – kuarsa – kalkopirit - karbonat (urat tipe D, *D-Vein*), ditandai dengan keterdapatan pirit euhedral berukuran besar, yang berasosiasi dengan kuarsa, dan mineral karbonat, yang diikuti dengan keterdapatan silika-serisit ± pirit (halo), serta berada pada zona alterasi filik dan propilitik.

Berdasarkan observasi *vein* dan *veinlets* (A, B, M dan D) baik dari lapangan dan *drill core*, diindikasikan bahwa sistem mineralisasi di Bukit Brambang adalah Sistem Porfiri Cu-Au.

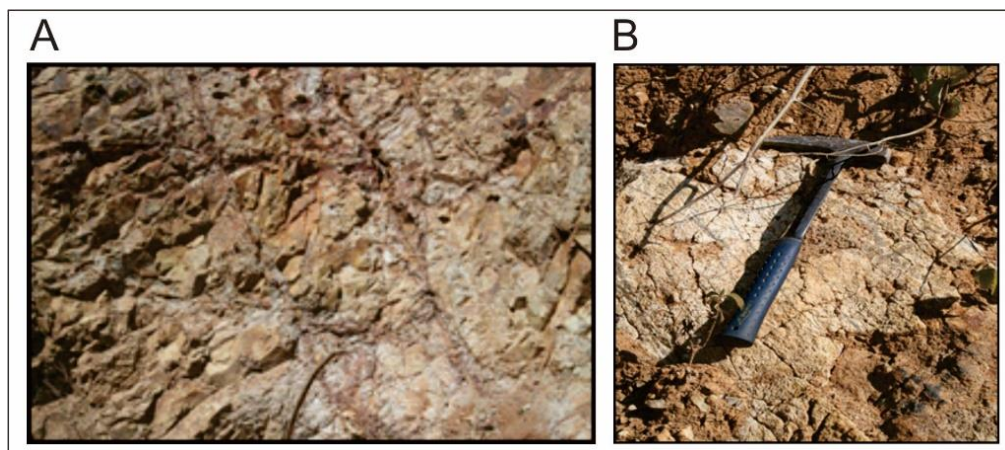


Gambar 7. 2. Beberapa sampel yang menunjukkan kehadiran urat yang mengindikasikan sistem mineralisasi porfiri Au-Cu.

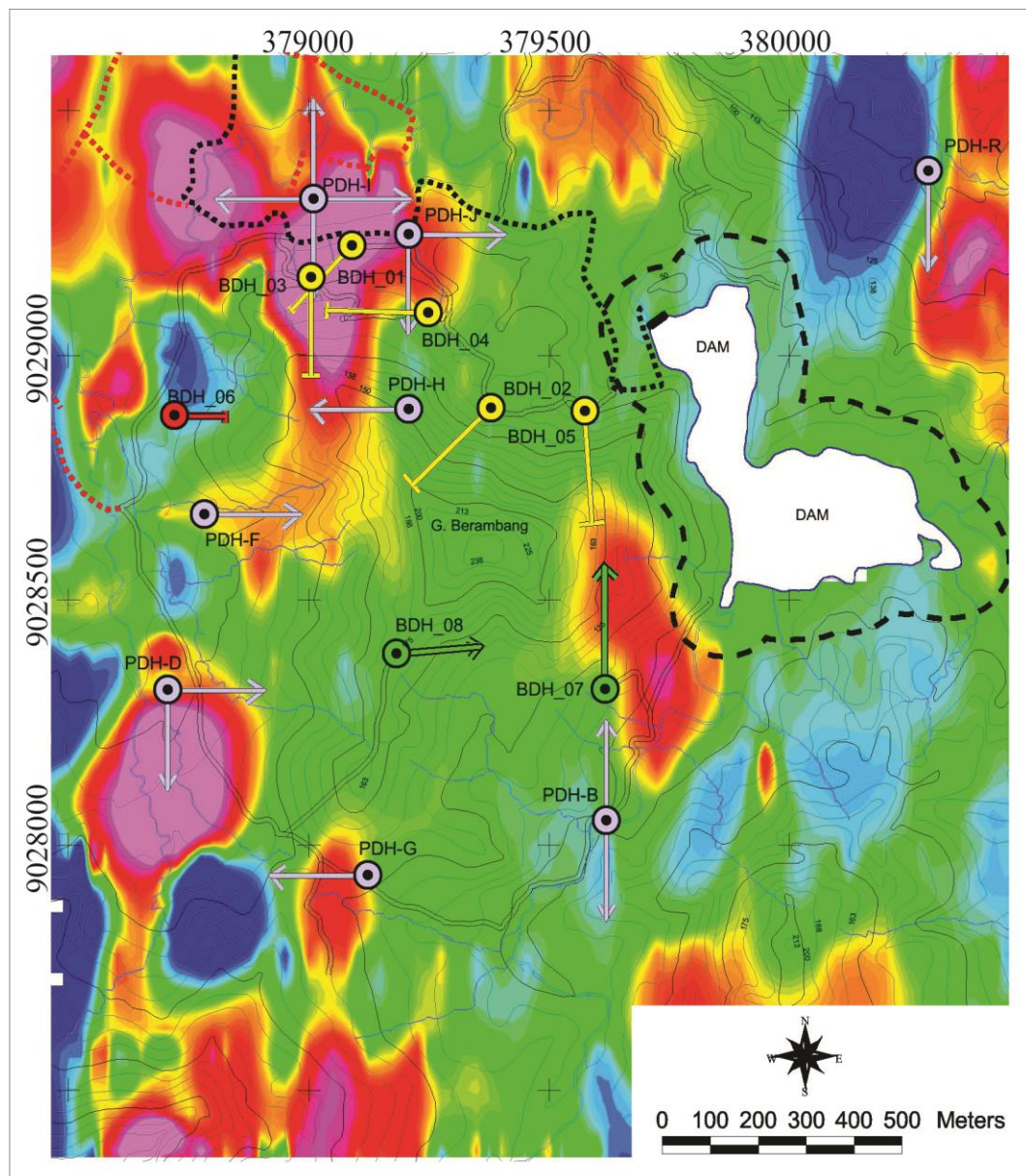
- A) Sampel 005RL D-Vein memotong B-Vein; D) Sampel 011RL B-Vein memotong A-Vein
 B) Sampel 012RL D-Vein memotong A-Vein; C) Sampel 001RL Single D-Vein;
 E) Sampel 004RL D-Vein memotong M-Vein.

V.2. Mineralisasi Bijih

Mineralisasi bijih pada daerah Brambang dapat dijumpai dalam bentuk urat (termasuk di dalamnya adalah urat-urat kecil (*veinlet*)) maupun terdiseminasi pada seluruh batuan teralterasi, dengan batuan asal berupa tonalit, diorit kuarsa, serta tuf lapili. Kedua bentuk endapan tersebut menunjukkan bahwa mineralisasi bijih pada daerah Brambang dikontrol oleh zona permeabel berupa struktur geologi dan *stockwork*, serta porositas batuan. Berdasarkan pengamatan secara megaskopis, dan mikroskopis (mineragrafi) terhadap conto urat dan batuan teralterasi pada daerah Brambang, dapat diketahui terdapat lima jenis mineral bijih yang terbentuk secara hipogen, yaitu enargit, kalkopirit, pirit, bornit, molibdenit, dan kalkosit, serta terdapat pula magnetit (sekunder), hematit, dan kovelit sebagai hasil dari proses supergen (oksidasi), dimana magnetit dan hematit berasal dari pirit, kalkopirit, dan bornit, sedangkan kovelit merupakan hasil ubahan terhadap mineral pembawa tembaga (Cu), seperti enargit, kalkopirit, bornit, maupun kalkosit. Tonalite porfiri dengan tipe alterasi argilik merupakan salah satu penghasil mineral logam ekonomis yang besar dengan kadar 0,7 % Cu dan 0,8 ppm Au (Gambar 7.3).



Gambar 7. 3. A) Diorite-tonalite porfiri dengan strong argillic alterasi, stock works b-d vein, 0.7% Cu-0.8ppm Au. B) Stok work area disepanjang jalan kontrol irigasi pada Gambar 7.1.

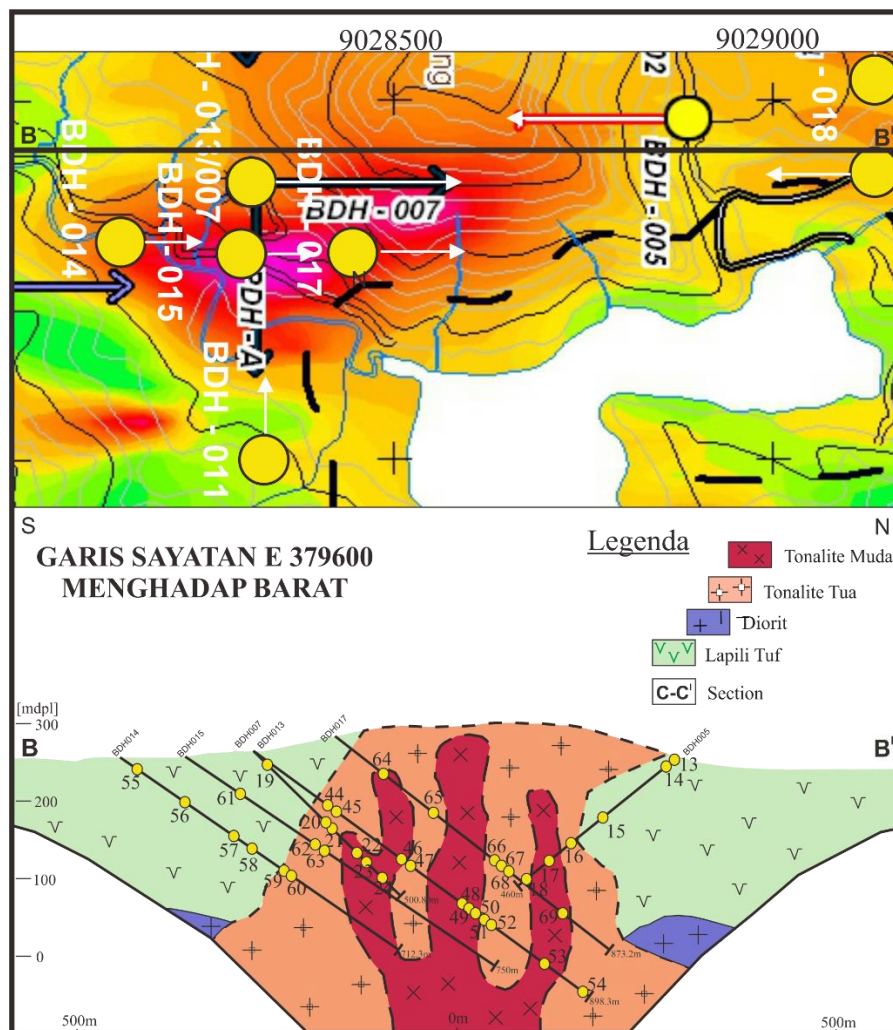


Gambar 7. 4. Anomali *ground magnetics* dan lokasi titik bor pada prospek mineralisasi. Lokasi penelitian daerah Brambang, Lombok Barat, Pulau Lombok. PT Bintang Bulaeng Persada.

Berdasarkan hasil dari penelitian *ground magnetics* yang telah dilakukan pada daerah Brambang, ditemukan beberapa daerah yang diasumsikan sebagai daerah prospek mineralisasi. Gambar 7.4. adalah hasil dari *ground magnetics* yang memperlihatkan keterdapatan daerah prospek mineralisasi pada daerah Brambang. Daerah dengan tingkat intensitas mineralisasi bijih yang tinggi pada peta

ditunjukkan dengan warna merah jambu-merah. Untuk daerah dengan tingkat intensitas mineralisasi bijih yang rendah ditunjukkan dengan warna hijau-kebiruan.

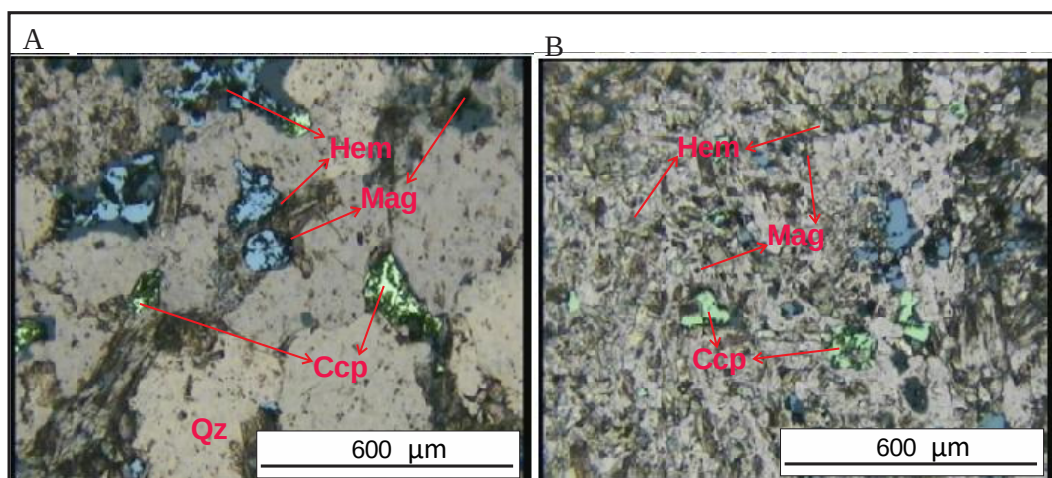
Setelah mengetahui interpretasi data bawah permukaan mengenai daerah yang prospek akan mineralisasi kemudian dilakukan pengeboran pada titik-titik yang diinterpretasikan sebagai daerah prospek akan mineralisasi. Gambar 7.5 menunjukkan *Cross Section E379600 - Looking West* dengan posisi lobang bor pada peta yang disertai dengan informasi *Ground Magnetic*. Interpretasi geologi digambarkan berdasarkan informasi yang didapat dari data lubang bor.



Gambar 7. 5. Penampang Utara-Selatan sayatan B-B^I pada Peta Anomali Ground Magnetik (yang diputar 90° searah jarum jam) modifikasi dari PT Bintang Bulaeng Persada.

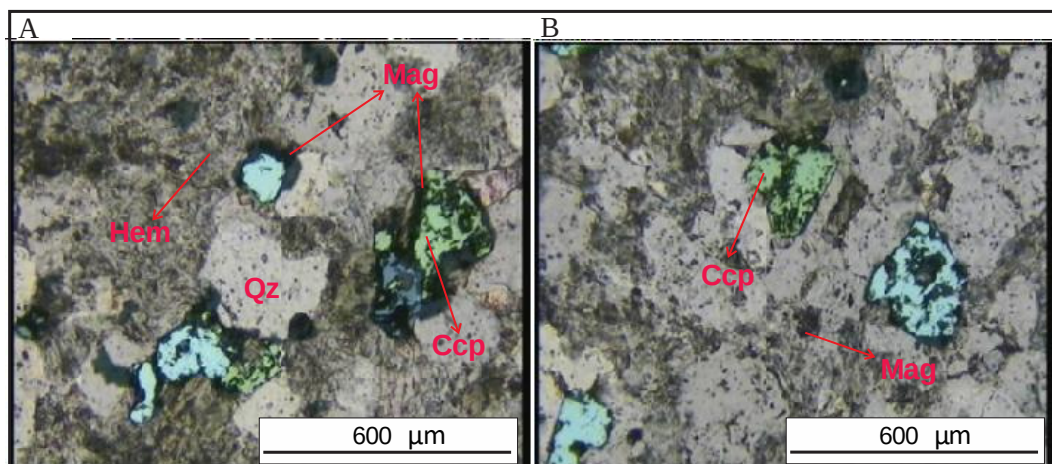
V.2.1. Mineralisasi Pada Alterasi Potasik

Mineralisasi Cu-Au pada alterasi ini dapat dilihat di litologi diorit kuarsa dan tonalit. Sebaran kalkopirit pada tipe batuan diorit kuarsa porfiritik dalam paragenesa terbentuk pada magmatik *hidrous* akhir hingga hidrotermal magmatik. Mineralisasi Cu yg lebih awal dicirikan oleh butiran butiran kalkopirit diantara atau tumbuh bersama mineral primer pada masa dasar.



Gambar 7. 6. Sayatan Poles Diorit Kuarsa Sampel no.26: A) Kalkopirit (Ccp) tumbuh bersama dengan magnetit (Mag) dan kuarsa (Qz) granoblastik mengisi rekahan; B) Kalkopirit (Ccp) dan magnetit (Mag) tumbuh bersama dalam kristal k-feldspar yang terbentuk mengganti masa dasar plagioklas atau fragmen litik.

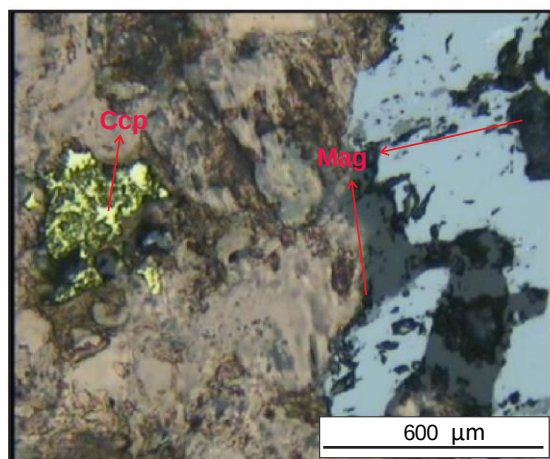
Pada sayatan poles litologi tonalit, teridentifikasi beberapa mineral bijih diantaranya kalkopirit yang tumbuh bersama biotit sekunder prograde, magnetit, dan hematit. Tekstur pada mineralisasi berupa disseminasi. Dibeberapa tempat hematit menggantikan kalkopirit akibat dari proses oksidasi. *Mineral gangue* berupa kuarsa. K-feldspar terbentuk menggantikan plagioklas primer dan amfibol.



Gambar 7. 7. Sayatan Poles Tonalit Sampel no.28: A) Kalkopirit (Ccp), magnetit (Mag) dan pirit tumbuh bersama dengan masa dasar kuarsa (Qz); B) Kalkopirit dan pirit tumbuh bersama dengan masa dasar kuarsa dan plagioklas yang terubah.

V.2.2. Mineralisasi Pada Alterasi Propilitik

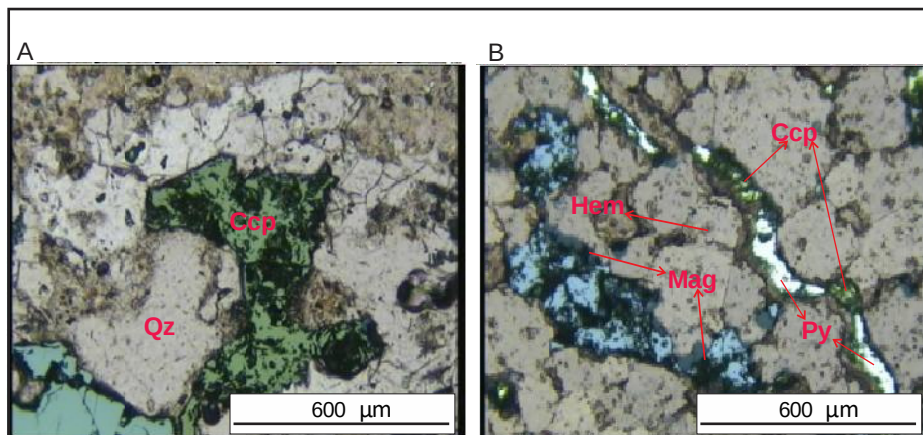
Sebaran kalkopirit pada tipe batuan diorit kuarsa porfiri terbentuk pada *magmatic hidrous* akhir hingga hidrotermal magmatik. Mineralisasi Cu yang lebih awal dicirikan oleh butiran-butiran kalkopirit di antara atau tumbuh bersama mineral primer pada masa dasar.



Gambar 7. 8. Sayatan Poles Diorit Kuarsa: Sampel no.3 Kalkopirit (Ccp) diantara masa dasar K-felspar (ubahan dari plagioklas) dan magnetit (Mag).

V.2.3. Mineralisasi Pada Alterasi Filik

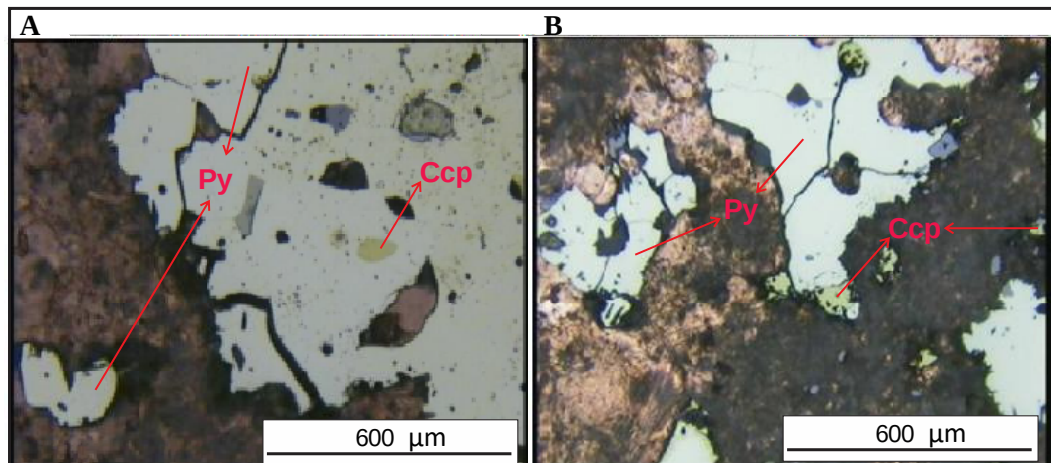
Sebagian besar kalkopirit pada diorite kuarsa, terlihat tumbuh bersama dan sebagai inklusi pada kuarsa granoblastik dan juga pada sebagian tumbuh bersama magnetit dan K-felspar (bervariasi sebagian berubah ke illit/serisit). Molibden dan pirit terlihat mengisi fraktur dalam jumlah kecil.



Gambar 7. 9. Sayatan Poles Diorit Kuarsa: A) Sampel no.8E kalkopirit (Ccp) dan pirit diantara kuarsa (Qz) dengan tekstur granoblastik; B) Sampel no.63 pirit (Py) dan kalkopirit (Ccp) mengisi fraktur dan memotong kuarsa (Qz) bertekstur granoblastik. Fraktur lain juga diisi dengan magnetit (Mag).

V.2.4. Mineralisasi Pada Alterasi Argilik Lanjut

Mineralisasi pada alterasi jenis ini ditemukan pada litologi tuf lapili. Ditemukan beberapa mineral bijih berupa pirit, kalkopirit, dan enargit. Ditemukan juga mineral pirolusit, diaspor dan andalusit yang ditemukan terbentuk bersamaan dengan pembentukan enargit.



Gambar 7. 10. Sayatan Poles Diorit Kuarsa, sampel no.19: dijumpai inklusi kalkopirit (Ccp) dengan bentuk anhedral dalam Pirit (Py).

V.3. Paragenesa Mineral

Paragenesis mineral alterasi hidrotermal dan bijih pada daerah Brambang ditentukan berdasarkan keterdapatan mineral bijih terhadap himpunan mineral hasil alterasi pada masing-masing zona alterasi. Keterdapatan zona alterasi pada daerah Brambang menunjukkan tahapan mineralisasi pada endapan porfiri pada daerah Brambang, yang sekaligus menunjukkan letak pusat endapan beserta dengan zona transisi di sekitarnya, yang juga disesuaikan dengan urutan pembentukan berbagai tipe urat yang ada. Alterasi dan mineralisasi pada daerah Brambang dikontrol oleh multifase intrusi pada semua Satuan Tonalit, yang sebelumnya menerobos atau mengintrusi pada Satuan yang lebih tua, yaitu Tuf Andesitik-Dasitik.

Sistem endapan porfiri yang berkembang di daerah Brambang dibagi menjadi 4 fase, diantaranya;

1. Pada fase pertama terjadi erupsi yang menghasilkan jenis batuan andesit dan pecahannya dan intrusi yang berkaitan secara paragenetik menengah hingga tinggi dari jenis batuan diorit dan diorit porfiri.

2. Selanjutnya, erupsi yang menghasilkan andesit kuarsa hingga dasit beserta pecahan batumannya.
3. Hadirnya intrusi tonalit yang berkembang menjadi batuan yang berhubungan dengan tipe *breccia*, dilanjutkan andesit yang mengalami metamorfisme suhu dan metasomatisme, dan hadirnya andesit kuarsa dan dasit sebagai batuan hasil erupsi dan intrusi diorit menengah hingga tinggi/diorit porfiri.
4. Fase terakhir yakni hadirnya intrusi seri diorit kuarsa dengan efek panas dan metasomatisme lokal pada semua jenis batuan.

Porfiri Au-Cu Brambang sangat berkaitan dengan intrusi tonalit. Intrusi ini menunjukkan bermacam-macam komposisi dan tekstur yang dapat diukur dalam skala sentimeter, bahkan mencapai berpuluh-puluh meter, dalam satu intrusi atau lebih. Mineralisasi tembaga (dan emas) berhubungan erat dengan magmatik hidrous akhir hingga hidrotermal magmatik dalam paragenesis hubungan batuan pembawa klinopiroksen, diorit kuarsa porfiri tanpa biotit dan anhidrit. Porfiri diorit kuarsa diinterpretasikan berumur lebih muda dibandingkan batuan tonalit.

Kehadiran intrusi tonalit ini diinterpretasikan menjadi *causative* hingga andesit vulkanik dan intrusi diorit mengalami metamorfisme termal dan metasomatisme, berkembang semakin baik dari piroklastik intermediat hingga asam. Interaksi awal tonalit terhadap fluida hidrotermal ditandai dengan pembentukan kekar (makro maupun mikro) terisi oleh kuarsa bertekstur granoblastik, yang berasosiasi dengan albit dan K-feldspar, anhidrit, biotit dan magnetit sekunder, serta pirit, dimana mineralogi tersebut adalah sesuai terhadap mineralogi pada tahap akhir kristalisasi massa dasar.

Tabel 7. 1. Urutan Pembentukan Mineral berdasarkan tahap alterasi di daerah Brambang

			Porfiri						
			Awal				Transisi	Lanjutan	Supergen
Tipe Vein			A	M	AB	B	C	D	
Hipogen	Awal	Potasik	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Propilitik	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
	Transisi	Filik		■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
	Lanjutan	Argilik Lanjut					■■■■■	■■■■■	
		Argilik					■■■■■	■■■■■	
Kumpulan Hidrotermal Mineral	Mineral Alterasi	Biotit	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		K Felspar	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Kuarsa	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Aktinolit	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Klorit				■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Epidot					■■■■■	■■■■■	
		Anhidrit	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Kalsit					■■■■■	■■■■■	
		Dolomit						■■■■■	
	Mineral Bijih	Magnetit	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Pirit				■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Kalkopirit	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Bornit	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Pyrhotit				■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Kovelit							■■■■■
		Digenit							■■■■■
	Mineral Oksidasi	Kalkosit							■■■■■
		Hematit							■■■■■
		Serisit					■■■■■	■■■■■	
		Illit					■■■■■	■■■■■	
		Smektit					■■■■■	■■■■■	
		Pirofilit			■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Kaolinit			■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	
		Malasit							■■■■■
		Limonit							■■■■■

Keterangan:

■■■■■ :sangat melimpah-cukup melimpah

■■■■■ :sedikit melimpah

■■■■■ :jarang ditemukan

A, M, AB, C, D : Tipe Vein

Mineralisasi tembaga dan molibdenum (dan emas) berasosiasi dengan komponen metasomatisme yang membentuk *vein* kuarsa tipe porfiri dan penggantian/rekristalisasi dan pengisian rekahan oleh kumpulan mineral seperti

alkali feldspar, biotit, kuarsa granoblastikm, aktinolit/tremolit, anhidrit, magnetit dan pirit.

Overprinting alterasi asam lebih luas membuat tingkatan *hornfelsed intermediate* lebih tinggi menjadi vulkanik asam dan secara lokal hadir di intrusi yang lebih dalam, digambarkan dengan penggantian mineral *retrograde* dan pengisian rekahan dengan mineral lempung propilitik, alunit, diaspor, lempung kaolin, pirit dan andalusit. Pada tingkatan yang lebih tinggi, kehadiran alterasi bersifat asam ini semakin intensif, dan secara lokal ditemukan kovelit, enargit dan pirit yang terbentuk setelah kalkopirit. Urutan pembentukan mineral berdasarkan tahap alterasi di daerah Brambang ditunjukkan pada Tabel 7.1.

BAB V

PETROGRAFI DAN MIKROTERMOMETRI INKLUSI FLUIDA

V.1. Pendahuluan

Inklusi fluida adalah inklusi yang terjebak dalam tubuh mineral dalam bentuk sebagai cairan (liquid dan uap) dan kadang-kadang mengandung kristal (padat) di suhu permukaan. Inklusi fluida terbentuk bersamaan dengan pengendapan mineral di mana ia terjebak dalamnya, sehingga karakteristik kimia dan karakteristik fisika dari fluida hidrotermal yang membentuk mineral akan menyerupai dengan karakteristik masuknya cairan yang terjebak dalam tubuh mineral tersebut. Oleh karena itu analisis inklusi fluida dapat memberikan informasi tentang kondisi yang ada selama pembentukan mineral, seperti suhu, tekanan, dan komposisi fluida hidrotermal. Ukuran Fluid Inklusi berkisar antara 1 μ sampai dengan centimeter.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.1 ada tiga tipe utama Inklusi Fluida (Shepherd dkk., 1985):

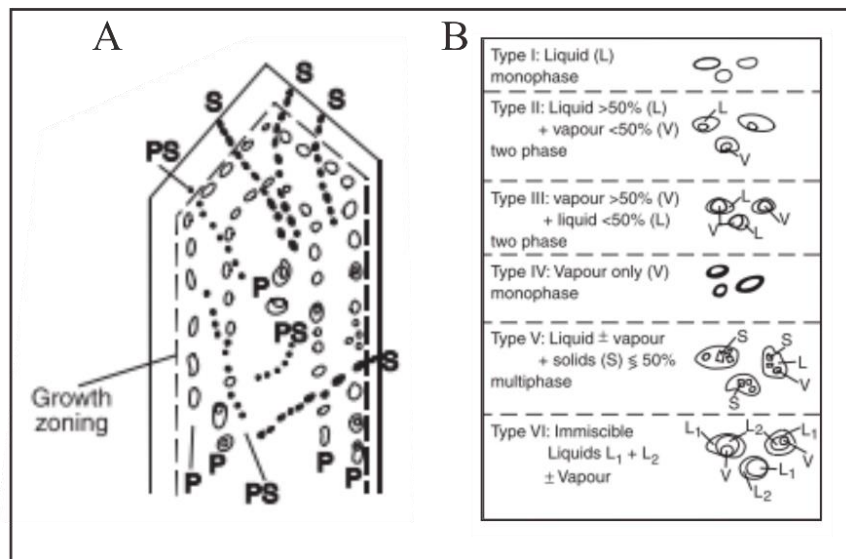
- a. Primer (P): Terbentuk bersamaan dengan tumbuhnya Mineral Induk: Inklusi Primer ini terbentuk terisolasi atau dalam kelompok kecil dan dapat menentukan arah dari pertumbuhan Mineral Induk.
- b. Sekunder (S): Terbentuk setelah pertumbuhan Mineral Induk selesai: Inklusi tersebut melintasi zona Mineral Induk dan bahkan batas Mineral.
- c. Pseudosekunder (PS): Terbentuk didalam rekahan satu Kristal Tunggal dan tidak melewati batas Mineral.

Pada dasarnya Inklusi Fluida memiliki kombinasi dari satu atau beberapa Phase
(Pirajno, 2009):

L = Cair (Liquid), (e.g. H₂O, Hydrocarbons).

V = Gas (Vapour), (e.g. H₂O, CO₂, CH₄).

S = Padat (Solid), (e.g. Halit (NaCl), Sylvite (KCl), Sulphides, Carbonat,).



Gambar 8. 1. Tipe dan Klasifikasi Inklusi Fluida. (A): Primer (P), Sekunder (S), Pseudosekunder (PS) Inklusi Fluida pada Kristal Kuarsa. (B): Inklusi Fluida pada Ruang Temperatur Shepperd dkk., (1985).

Pada ruang temperature Inklusi Fluida terjadi dengan beberapa kombinasi, seperti yang diterangkan oleh Roedder (1971), Shepherd dkk., (1985) dan Nash (1976):

- (1) Tipe I, L-V (L=liquid, fase cair; V=Vapour, fase uap), cairan-uap (10-40 vol.% Uap). Tipe inklusif fluida ini biasanya terkait dengan zona alterasi propilitik atau serisit (Nash, 1976 dan Hedenquist dkk., 1998).
- (2) Tipe II, V-L (L=liquid, fase cair; V=Vapour, fase uap), uap-cairan dengan satu atau lebih *doughter mineral* (60-90 vol.% Uap).

(3) Tipe III, L-V (L=*liquid*, fase cair; V=*Vapour*, fase uap), kaya cairan, cairan-uap dengan lebih dari satu *daughter mineral*.

(4) Inklusi tipe IV kaya CO₂ cair, dan tidak khas dari kebanyakan deposit porfiri (Nash, 1976).

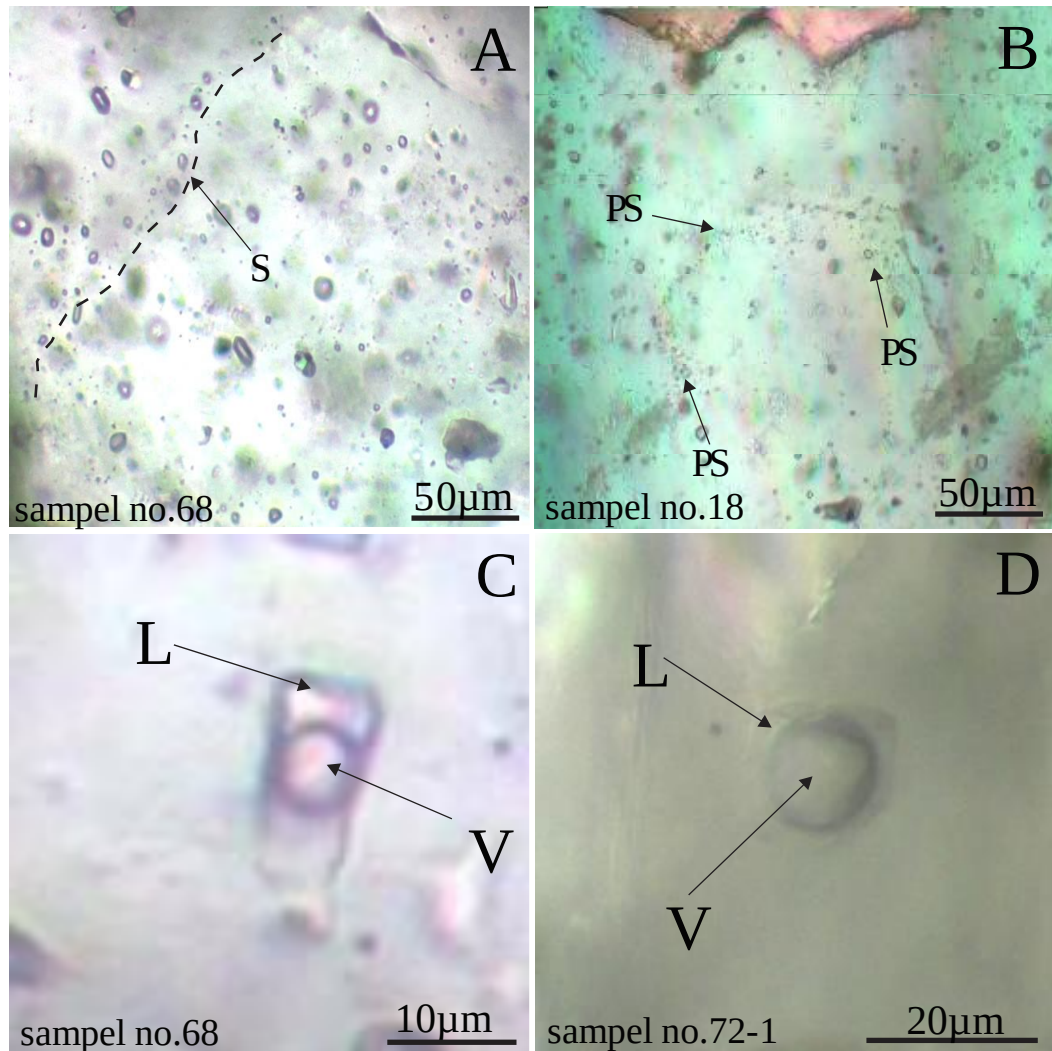
Inklusi Tipe I ini biasanya terkait dengan zona alteritis propilitik atau serisit (Nash, 1976; Hedenquist dkk., 1998), sedangkan Inklusi Tipe II dan III berhubungan erat dengan zona alterasi potasik, dan tipikal inklusi didalam urat / urat kuarsa awal "A", "B" dan "AB" pada sistem porfiri (Nash, 1976., Hedenquist dkk., 1998).

V.2. Petrografi Inklusi Fluida

Analisis inklusi fluida pada daerah Brambang dilakukan terhadap tujuh sampel (sampel no.50, 6, 18, 72, 62, 48, 39 dan 68) pengukuran inklusi fluida dilakukan pada urat kuarsa "A", "B", "AB" dan D dengan total pengukuran 97 inklusi fluida (Lampiran I, Tabel 1.). Analisis tersebut hanya dilakukan pada inklusi fluida primer, yang dicirikan dengan keterdapatannya yang tersebar secara acak, paralel terhadap zona pertumbuhan kristal, dan bersifat terisolasi, meskipun terdapat pula inklusi fluida sekunder di dalam urat, yang dicirikan dengan keterdapatannya yang paralel pada bidang retakan dan memotong zona pertumbuhan kristal.

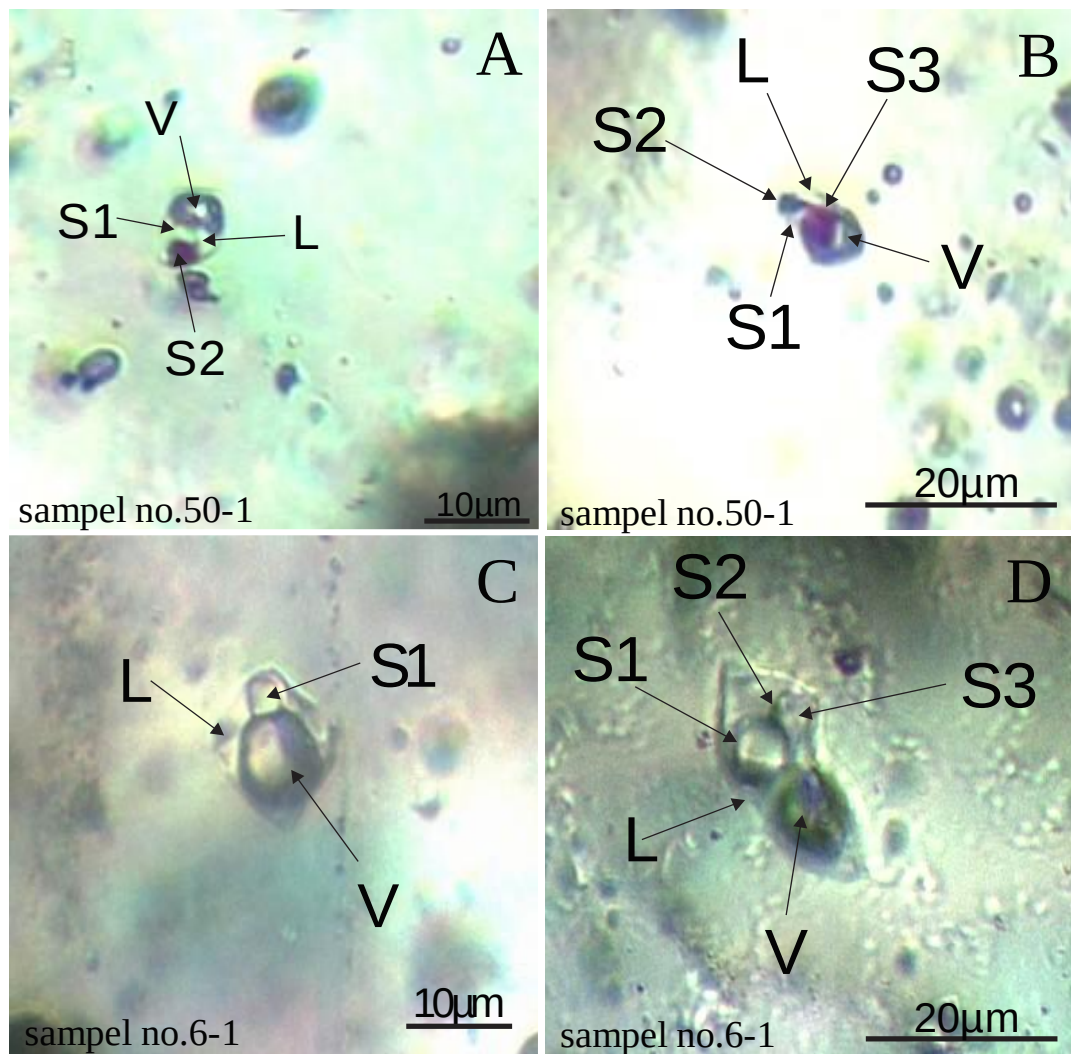
Petrografi inklusi fluida akan mengidentifikasi, menjelaskan dan mengklasifikasikan inklusi fluida Tipe I, Tipe II dan Tipe III pada mineral kuarsa. Tipe I Inklusi fluida primer dengan ukuran 5-20µm dapat dilihat pada Gambar 8.2. C dan D. Inklusi Fluida ini diambil dari urat kuarsa "D" (Lampiran I, Tabel 1.). Inklusi fluida tipe I pada Gambar 8.2. C dan D menunjukkan alterasi propilitik dan advance argilik (Nash, 1976 dan Hedenquist dkk., 1998). Klasifikasi inklusi fluida

S (sekunder) yang melintasi zona mineral induk dan PS (pseudosekunder) yang tidak meliwati batas Mineral, dapat dilihat pada Gambar 8.2. A dan B. Petrografi



Gambar 8. 2. A dan B menunjukkan klasifikasi Inklusi Flida Sekunder (S) dan Pseudosekunder (PS). C dan D menunjukkan kalsifikasi Inklusi Fluida Primer dari urat kuarsa “D” (L+V) dan (V+L).

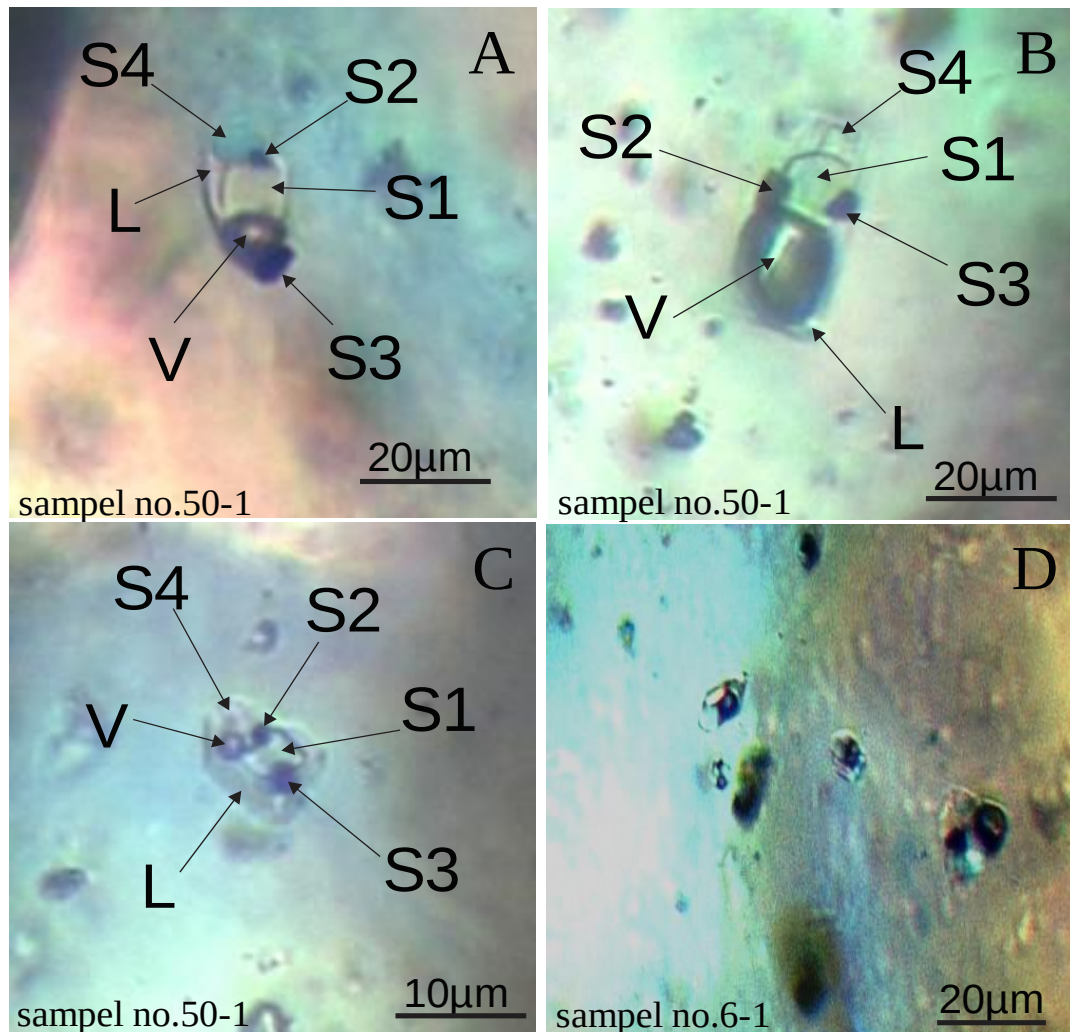
studi inklusi fluida didaerah Brambang pada urat kuarsa “A”, “B” dan “AB” memperlihatkan Inklusi Fluida Tipe II dan Tipe III yang terdiri dari V+L+S1+S2+S3, Gas=V (vapour), Cair = L (liquid) dan S1, S2 dan S3 adalah kristal Padat yang lebih dikenal dengan ‘daughter mineral’ halite (NaCl), Sylvite (KCl), Sulphides.



Gambar 8. 3. Petrografi Analisis Inklusi Fluida Tipe II V+L dengan satu atau lebih daughter mineral. A dan B menunjukkan mineral hematit dengan warna “merah”.

Pada Gambar 8.3. petrografi inklusi fluida menunjukkan inklusi fluida Tipe II dengan komposisi $V > L$ + satu atau lebih *daughter mineral* (Roedder, 1971., Shepherd dkk., 1985., dan Nash, 1976.). Inklusi ini diambil dari vein “B” pada sampel no.6-1 dan dari vein “A” pada sampel no.50-1 (Lampiran I Tabel 1.).

Tipe III inklusi fluida dengan komposisi L-V + lebih dari satu *daughter mineral* dapat dilihat pada Gambar 8.4.-C. Gambar 8.4.-D memperlihatkan urat kuarsa yang kaya akan Inklusi Fluida Tipe II dan Tipe III.



Gambar 8. 4. A dan B Inklusi Fluida Tipe II V+L dengan satu atau lebih daughter mineral. C Inklusi Fluida Tipe III L+V dengan lebih dari satu daughter mineral. D dengan urat kuarsa yang kaya akan Inklusi Fluida Tipe II dan Tipe III.

V.3 Mikrotermometri

Untuk mengetahui temperatur homogenisasi (T_h) dan temperatur pelelehan (T_m) dilakukan pengukuran mikrotermometri, yang mana temperatur pelelehan tersebut digunakan untuk menentukan nilai salinitas fluida hidrotermal yang

berperan saat pembentukan kristal. Pengeplotan nilai salinitas terhadap T_h terkait penentuan tipe endapan pada daerah Brambang, pada rentang T_h -salinitas berbagai tipe endapan pada Gambar 8.5. Temperatur-Salinitas Diagram (Large dkk., 1988).

A) Tipe I (L-V).

67 inklusi fluida Tipe I telah di Analisis microthermometry dari Tipe I inklusi fluida dilakukan pada sebanyak 67 inklusi Fluida pada vein “D”. Sebagian kecil inklusi fluida dari Tipe I juga di analisis pada vein “B” dimana juga terdapat Inklusi fluida Tipe II (Gambar 8.5.). Temperatur homogenisasi (T_h) berkisar antara 170 hingga 390°C, dengan salinitas keseluruhan 0.5 - 6 wt.% NaCl. (estimasi pengeplotan salinitas menggunakan table dari Potter dkk., 1978). Hasil pengeplotan nilai salinitas terhadap T_h terkait penentuan tipe endapan pada daerah Brambang dapat dilihat pada Gambar 8.5.

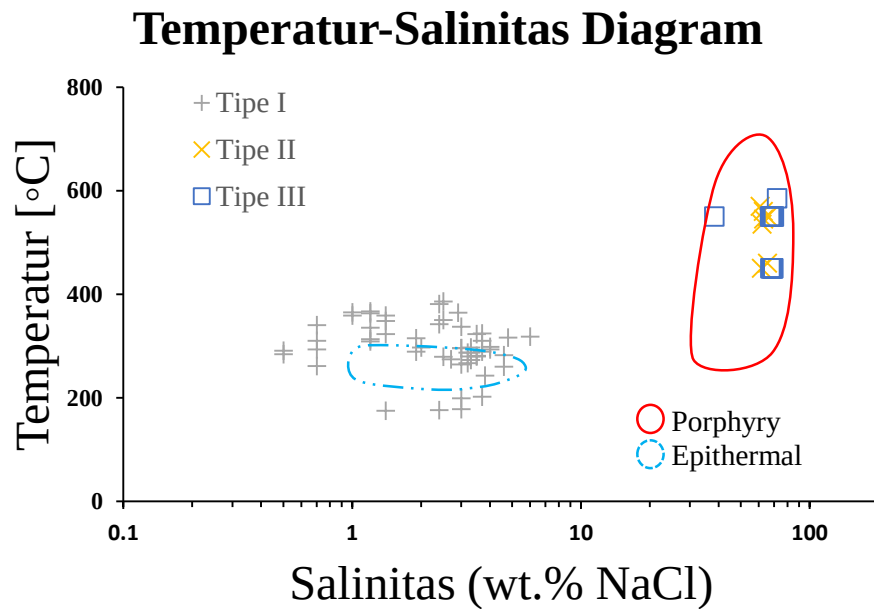
B) Tipe II (V-L) dengan satu atau lebih *doughter mineral*.

Sebanyak 7 inklusi fluida Tipe II telah di analisis mikrotermometri pada vein “AB” dan “B” dengan kode sampel 72-1 dan 6-1. Temperatur homogenisasi (T_h) berada diatas 500°C dengan salinitas ≥ 60 wt.% NaCl (estimasi pengeplotan menggunakan SOWATFLINC_INCLUSION ver.2007 dari Bodnar, 1993). Tipe I (Gambar 8.5.) inklusi fluida yang di analisis bersamaan dengan Tipe II memiliki salinitas ≈ 3 wt.% NaCl nilai ini diatas rata rata dari nilai salinitas yang dimiliki inklusi fluida Tipe I pada vein “D”.

C) Tipe III (L-V) dengan satu atau lebih *doughter mineral*.

Analisis mikrotermometri telah dilakukan pada 15 inklusi fluida Tipe III (Gambar 8.5.). Analisis mikrotermometri ini dilakukan pada vein “A” dan “AB” dengan kode sampel 18-1, 50-1 dan 50-3. Pada sampel 50-1. Temperatur homogenisasi inklusi

fluida Tipe III ini berada diatas 500°C dengan salinitas ≥ 60 NaCl wt.%. Pada kode sampel 50-1 terdapat juga inklusi fluida Tipe I (L-V) dengan salinitas ≈ 3 wt.% NaCl.



Gambar 8. 5. Diagram Salinitas (wt.% NaCl) terhadap Temperatur [T_h] terkait penentuan tipe endapan pada daerah Brambang Brambang di Plot dan dimodifikasi pada Diagram Tipe Endapan menurut Large dkk., (1988).

BAB VI

DISKUSI

VI.1. Kontrol Geologi Terhadap Pembentukan Endapan

Daerah Brambang yang berada pada bagian barat daya Pulau Lombok merupakan sistem busur kepulauan Sunda-Banda. Subduksi lempeng Eurasia dan lempeng Hindia-Australia pada pulau Lombok mengakibatkan proses vulkanik dan magmatisme pada sebagian besar daerah Pulau Lombok. Aktivitas-aktivitas dari vulkanisme dan magmatisme menjadi sumber mineralisasi pada beberapa daerah selatan Lombok termasuk pada daerah Brambang yang berpotensi sebagai cebakan emas.

Kontrol geologi yang mengakibatkan hadirnya cebakan emas pada daerah Brambang antara lain karena pengaruh multi fase intrusi yang terjadi dan struktur geologi yang kompleks. Daerah Brambang tersusun oleh batuan vulkanik seperti tuf lapili, intrusi diorit, dan intrusi tonalit porfiri. Zona alterasi hampir terjadi pada seluruh batuan yang ada di daerah Brambang dengan intensitas lemah-kuat. Zona mineralisasi yang kuat terjadi pada *stock* tonalit porfiri yang menerobos batuan vulkanik dan batuan diorit. Selanjutnya terjadi multifase intrusi pada *stock* tonalit, yang menghasilkan tonalit muda dan tua dengan komposisi yang sama, dengan perbedaan kehadiran mineralisasi tidak terlalu banyak pada tonalit muda.

Selain faktor litologi dan multifase intrusi, struktur geologi sangat mempengaruhi terbentuknya cebakan emas pada endapan ini. . Struktur geologi daerah Brambang juga mengikuti pola yang sama dengan struktur geologi regional yaitu barat laut (NW), timur laut (NE), dan barat daya (SW). *Trend* struktur geologi

yang berkembang terlihat pada peta geologi Lembar Lombok bersekala 1:250.000 dengan arah umum timurlaut (NE) – baratdaya (SW) serta baratlaut (NW) – tenggara (SE). Kehadiran mineralisasi dipengaruhi oleh kedua *trend* utama struktur geologi. Arah umum kehadiran sistem mineralisasi memiliki pola sejajar dengan pola struktur geologi berdasarkan data geologi di sekitar daerah Brambang. Pola struktur ini diduga terjadi pada kala Oligosen. Berdasarkan penafsiran peta topografi dan kelurusan-kelurusan punggung menunjukkan bahwa terdapat struktur berupa sesar mendatar di Daerah Brambang. Sesar ini terletak di tengah daerah Brambang bagian utara, memanjang dari baratlaut (NW) – tenggara (SE) sepanjang 3,5 km. Adapun bukti-bukti sesar mendatar Brambang di lapangan adalah lembah sesar dan gawir sesar berarah Baratlaut – Tenggara. Selain sesar ditemukan juga kekar kekar yang terisi mineral maupun tidak.

VI.2. Karakteristik Endapan

Zona alterasi hidrotermal umumnya terdistribusi pada hampir semua batuan pada daerah Brambang. Zona alterasi pada daerah Brambang antara lain, potasik, filik, argilik lanjut, argilik dan propilitik. Zona mineralisasi umumnya terdistribusi pada batuan tonalit porfiri yang merupakan intrusi dengan jenis *stock*. Sistem urat berdasarkan data permukaan dan *drill core* pada daerah Brambang terbagi menjadi 5 tipe, yaitu urat tipe M, A, AB, B, dan tipe D. Endapan ini berkaitan erat dengan intrusi tonalit.

Pada tahap awal mineralisasi, terbentuk alterasi tipe potasik. Ini dapat dilihat dari tahapan pembentukan mineral alterasi dan bijih pada tipe potasik ini, antara lain adanya biotit sekunder dan magnetit sebagai tahap awal proses fluida hidrotermal

naik ke permukaan. Setelah tahapan tipe potasik terbentuk, kemudian terbentuk tipe filik dicirikan dengan kehadiran mineral serisit, klorit, kuarsa. Kemudian berturut turut ke arah permukaan argilik lanjut dan argilik. Untuk tipe propilitik hampir berada pada zona dalam maupun luar pada endapan ini.

Mineralisasi bijih yang hadir pada daerah Brambang antara lain, magnetit, pirit, kalkopirit, spalerit, galena, pirhotit, digenit, kovelit, bornit, kalkosit. Pada mineralisasi bijih tahapan pertama yang terbentuk antara lain magnetit, kemudian berangsur melimpah kalkopirit, pirit, pirhotit, bornit yang diikuti mulai berangsur hilangnya magnetit akibat pengaruh dari tekanan dan suhu yang semakin rendah. Kemudian proses akhir mineralisasi hadirnya mineral kalkosit, kovelit, dan digenit yang merupakan produk dari proses supergen pada mineral bijih yang telah ada sebelumnya akibat dari proses pelapukan.

Berdasarkan tipe alterasi, kehadiran mineral bijih dan sistem urat yang terdapat pada daerah penelitian termasuk kedalam endapan porfiri Cu-Au.

VI.3. Diskriminasi Tektonomagmatik Intrusi Tonalit

Komposisi magma dalam porfiri tonalit (Lampiran E, Tabel 1.), telah digunakan untuk diskriminasi tektonomagmatik intrusi dengan menerapkan diagram diskriminasi $\%K_2O$ dengan $\%Si_2O$ dari Peccerillo dan Taylor, (1976) pada Gambar 5.8. Diagram tersebut menunjukkan dua tipe batuan tektonomagmatik yakni (1) Tipe Batuan tholeiitic-series dan (2) tipe batuan orogenic cacl-alkaline, yang sebagian besar terbentuk dalam lingkungan yang berhubungan dengan subduksi.

Gambar 5.8. menunjukkan bahwa porfiri tonalit Brambang diklasifikasikan sebagai granit K-alkalin menengah. Jenis batuan yang diplot sangat mendukung lingkungan tektonik dari Brambang porfiri tonalit, yang *emplaced* dalam busur magmatik Sunda-Banda (terkait subduksi). Hasil diagram REE-Chondrites yang dinormalisasi (Gambar 5.11. modifikasi dari Sun dan McDonough, 1989) untuk beberapa sampel tonalit ($LoI < 5$ wt.%) menunjukkan pola tertentu mengikuti bentuk dari *Island arc calc-alkalines*, yang menunjukkan bahwa tonalit dikategorikan menjadi I- MC (granit tipe-I berkulit kerak sedang). Petrografi, biotit dalam porfiri tonalit Brambang dikaitkan dengan amphibole, magnetit dan kumpulan ilmenit minor, yang biasanya mengkarakterisasi granit tipe I-kalk-alkalin (yang berhubungan dengan subduksi). Studi ini menunjukkan bahwa komposisi magmatik dan keberadaan kumpulan mineral yang terkait dalam porfiri tonalit Brambang mencerminkan sifat magma dan lingkungan tektonik asal mereka.

VI.4. Diskriminasi Kimia Antara Zona Alterasi Hidrotermal

Diskriminasi kimia antara alterasi hidrotermal sangat penting dikarenakan dapat menegetuhui tentang pemahaman yang komprehensif tentang proses dan fluida yang terlibat, yang juga dapat diterapkan sebagai tahapan atau target eksplorasi yang potensial. Pada dasarnya ada dua kemungkinan untuk secara kimia membedakan antara zona alterasi yaitu variasi dalam kimia batuan, yang diilustrasikan menggunakan *Milicatonic* R1-R2 diagram (De La Roche dkk.,1980) dan REE *chondrite* (C1) pola normal, serta variasi komposisi kimia dari mineral hidrotermal diagnostik. Pada penelitian ini kedua analisis tersebut, analisis

Milicatonic R1-R2 diagram (De La Roche dkk.,1980) dan analisis REE *chondrite* (C1) dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.1. dan Gambar 9.2.

VI.4.1 Diskriminasi Geokimia Batuan

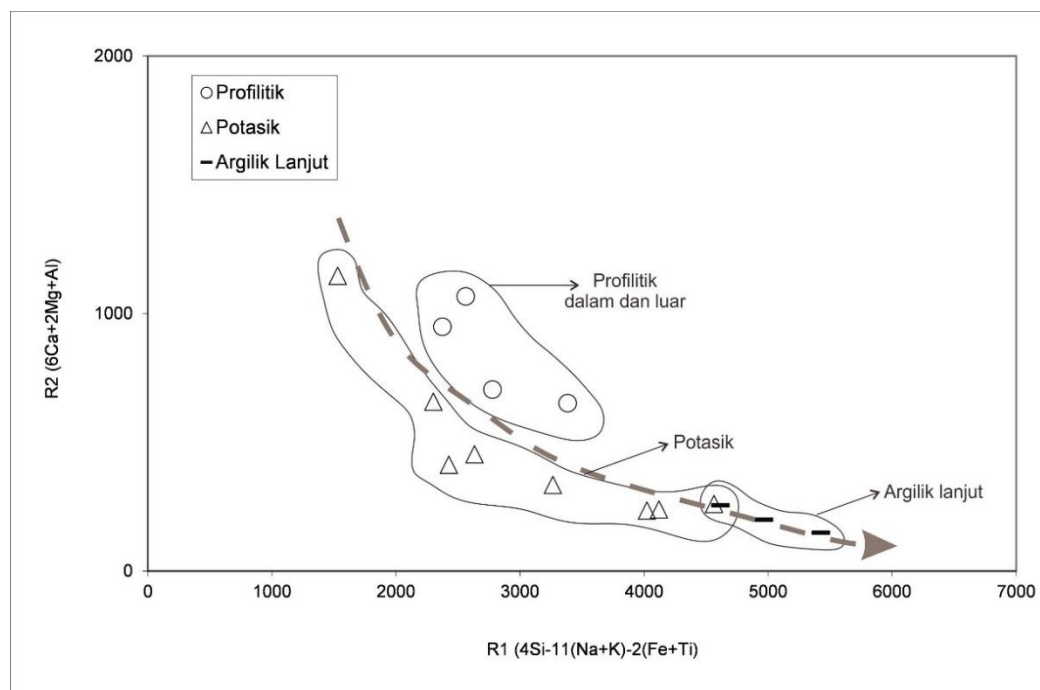
Pada bagian ini, diskriminasi kimia hanya ditekankan pada kimia batuan tonalit. Jenis batuan dipilih, karena hadirnya semua zona alterasi hidrotermal pada batuan ini di dalam deposit.

VI.4.1.1 Oksida Utama

Diagram R1-R2 mempertimbangkan semua kation utama, tingkat kejenuhan silika dan perubahan gabungan $Fe / (Fe + Mg)$ dan $(Ab + Or) / An$, dalam rumus $R1 = 4Si - 11 (Na + K) - 2 (Fe + Ti)$ dan $R2 = 6Ca + 2Mg + Al$ (diplot sepanjang sumbu x dan y, masing-masing, Gambar 9.1.; De La Roche dkk., 1980). Meskipun awalnya diterapkan untuk membedakan antara batuan vulkanik dan plutonik, sejak itu telah digunakan untuk mengkarakterisasi variasi kimia (misalnya Robb dan Meyer, 1987). Untuk meningkatkan efisiensi plot, komposisi dari konstituen mineral utama termasuk beberapa mineral hidrotermal diagnostik telah ditambahkan. Sehubungan dengan komposisi mineral, *trend* di zona alterasi lebih mencolok. R1-R2 diagram tampaknya lebih cocok dinilai oleh dispersi kumpulan mineral hidrotermal.

Batuan yang dianalisis menunjukkan kecenderungan dalam perubahan hidrotermal, dimana *trend* perubahan zona alterasi hidrotermal diwakili oleh panah (Gambar 9.1.). Arah panah ini mewakili dari zona proksimal, tengah, transisi, kemudian akhir yang mencerminkan peningkatan intensitas perubahan, dari batuan yang sedikit berubah, kemudian berubah menjadi zona profilitik luar diwakili oleh kehadiran klorit dan epidot pada batuan yang merupakan zona proksimal, berubah menjadi

zona profilitik dalam diwakili oleh aktinolit pada batuan. Semakin kedalam zona alterasi hidrotermal berubah menjadi zona potasik diwakili oleh kehadiran biotit yang merupakan zona tengah dan transisi, dan kemudian akhir ditandai kehadiran zona alterasi argilik lanjut yang diwakili oleh mineral pirofilit, andalusit. Penggantian hornblende primer oleh klorit sekunder, aktinolit dan biotit, menggambarkan kecenderungan di distal klorit-epidot (propilitik luar), proksimal aktinolit (inner propilitik) dan sentral biotite (potasik) zona alterasi, masing-masing. Penggantian mineral plagioklas oleh serisit maupun pirofilit dan andalusit menggambarkan *trend* di zona alterasi argilik akhir dan lanjutan.



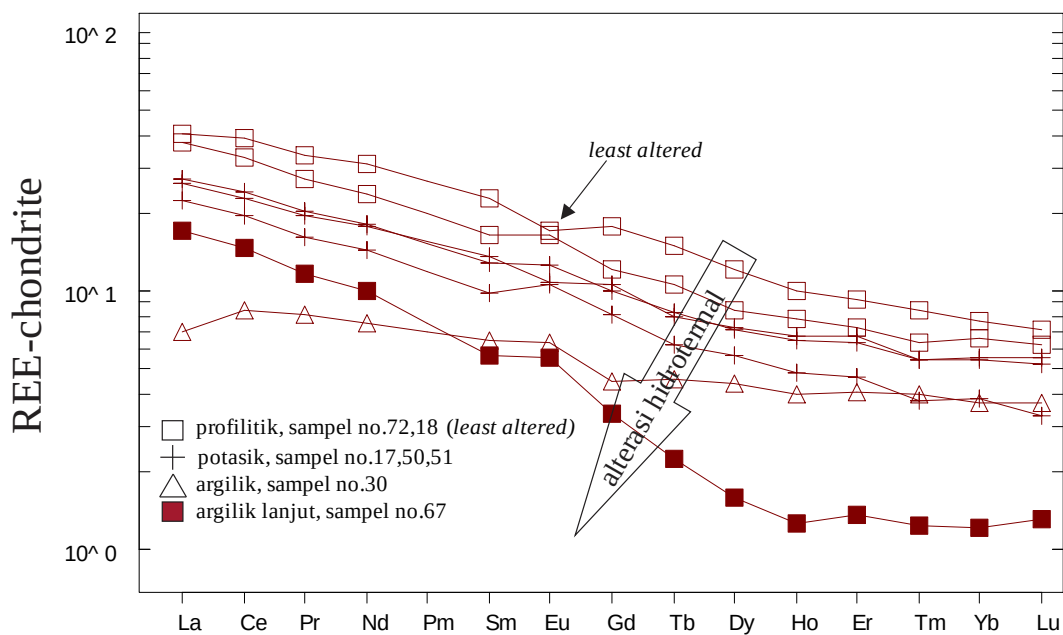
Gambar 9. 1. Tonalit. Diskriminasi geokimia berdasarkan R1 dan R2 yang memperlihatkan intensitas perubahan alterasi dari zona awal, transisi, kemudian akhir pada zona alterasi. Modifikasi dari De La Roche dkk., (1980).

Secara kimia, *trend* perubahan dapat dikaitkan dengan penurunan umum Ca, Mg, Na dan K, sebagai konsekuensi dari perusakan dan / atau penggantian mineral mafik dan plagioklas. Penurunan keseluruhan unsur-unsur dari awal, transisi ke zona

alterasi akhir dapat menyiratkan penurunan umum kegiatan mereka dalam cairan hidrotermal selama proses perubahan. Diskriminasi kimia juga menunjukkan bahwa R1 meningkat dan R2 menurun dengan meningkatkan intensitas perubahan, dari melalui zona transisi awal, transisi, hingga akhir. Peningkatan R1 $[4\text{Si}-11(\text{Na} + \text{K}) - 2(\text{Fe} + \text{Ti})]$ dan penurunan R2 $[6\text{Ca} + 2\text{Mg} + \text{Al}]$ sesuai dengan penurunan massa dan volume batuan yang diubah secara umum yang terkait dengan zona alterasi berikutnya, dari awal, transisi, hingga zona alterasi akhir. Gambar 9.1 diagram R1-R2 (setelah De La Roche dkk., 1980) membedakan berbagai zona alterasi dalam deposit daerah Brambang dalam hubungan batuan induk tonalit.

VI.4.1.2 Unsur Tanah Jarang

Secara umum, konsentrasi REE absolut dalam batuan cenderung menurun dengan meningkatnya intensitas perubahan dari batuan yang paling sedikit terubah, hingga akhir zona alterasi argilik. Penurunan konsentrasi REE yang sistematis juga diilustrasikan oleh pola *chondrite-normalised* Diagram (Gambar 9.2.). Penipisan umum dan pola serupa dari REE dalam jenis batuan yang diubah meningkat dengan meningkatnya intensitas perubahan, dari awal-transisi, ke zona alterasi hidrotermal akhir (lihat Bab VI.2. *Mass Balance*). Penipisan REE secara keseluruhan juga terkait erat dengan stabilitas mineral hidrotermal selama perubahan. Batuan yang teralterasi serisit umumnya diperkaya di HREE, karena kemampuan serisit dan mungkin klorit untuk menyerap unsur-unsur yang dilepaskan. Batuan yang teralterasi argilik lanjut menunjukkan penipisan REE terkuat, yang dijelaskan oleh kerusakan lengkap mineral feldspar dan mafik utama selama perubahan, dan ketidakmampuan aluminosilikat dan mineral lempung bersama untuk memperbaiki semua elemen yang dilepas (Gambar 9.2.).



Gambar 9. 2. REE-chondrite (C1) pola normalisasi membedakan berbagai zona alterasi dilokasi Brambang pada batuan Tonalit. Pola menunjukkan bahwa REE mengalami penipisan seiring dengan peningkatan intensitas alterasi dari batuan yang paling fresh (*least altered*) sampai dengan alterasi argilik lanjut. (Lampiran F, Tabel 1.)

VI.4.1.3 Komposisi mineral hidrotermal diagnostik: Implikasi Untuk Kondisi Fisikokimia Cairan Yang Terlibat

Variasi komposisi dari mineral klorit telah dijelaskan dalam Bab VI.4. Diagnosa mineral hidrotermal dianggap mewakili mineral alterasi utama dari pusat hingga pinggiran deposit. Bagian ini bertujuan untuk membahas implikasi dari perubahan komposisi untuk kondisi fisikokimia cairan hidrotermal.

Klorit Hidrotermal

Komposisi kimia dari mineral klorit yang diambil pada sampel batuan tonalit yang telah mengalami alterasi potasik digunakan untuk perhitungan kondisi fisikokimia cairan hidrotermal. Secara keseluruhan kondisi fisik, kimia dan mineralogi berhubungan erat dengan meningkatnya Temperature seiring dengan bertambahnya kedalaman. Kandungan $Al_{(IV)}$ didalam tetrahedral pada klorit,

meningkat seiring dengan suhu, dan bahwa Al_{IV} di klorit adalah fungsi dari suhu dan dapat diterapkan pada hidrotermal sistem, Persamaan 1, Chatelineau (1988).

$$T [^{\circ}C] = -61.92 + 321.98*(Al_{IV}).....1)$$

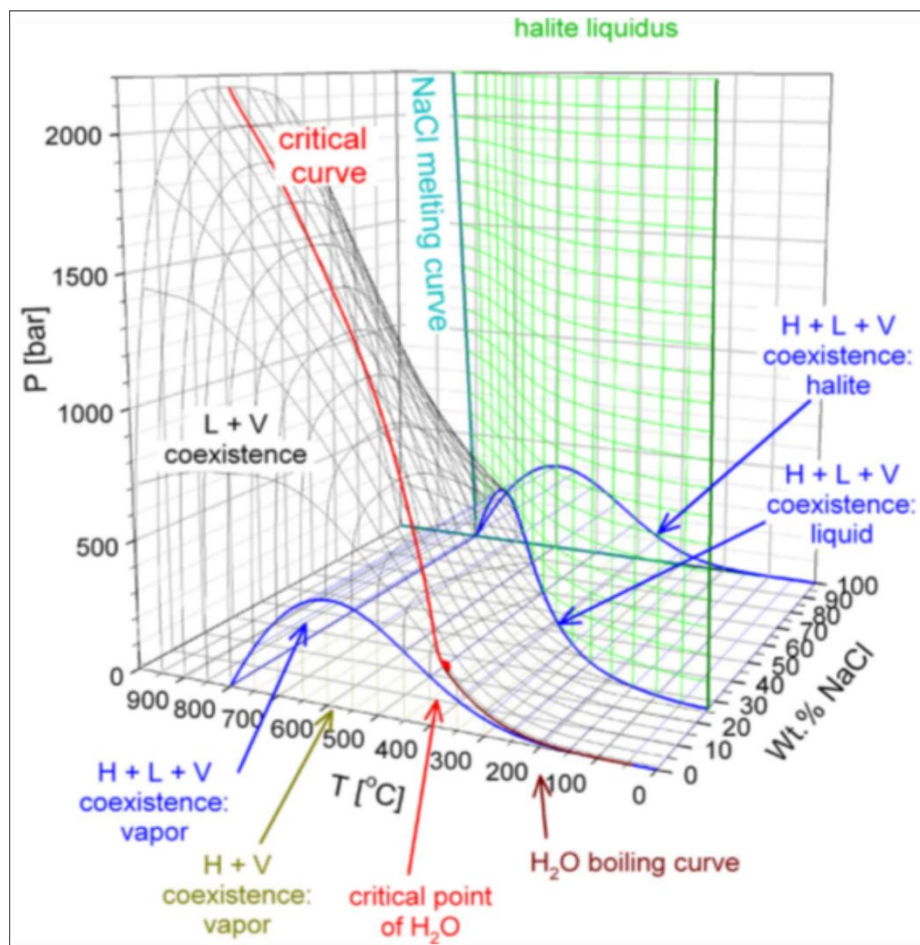
Berdasarkan hasil analisis *microprobe* data dari mineral klorit. Kedua kalkulasi dari Cathelineau (1988) dan Vidal dkk., (2001) menunjukkan hasil yang relatif sama (Tabel 6.1.). Perhitungan klorit geothermometrie pada penelitian ini menunjukkan Temperatur yang berkisar antara 309°C s/d 332°C. (Lampiran H, Tabel 1, 2, 3)

VI.5. Evolusi Fluida Bijih

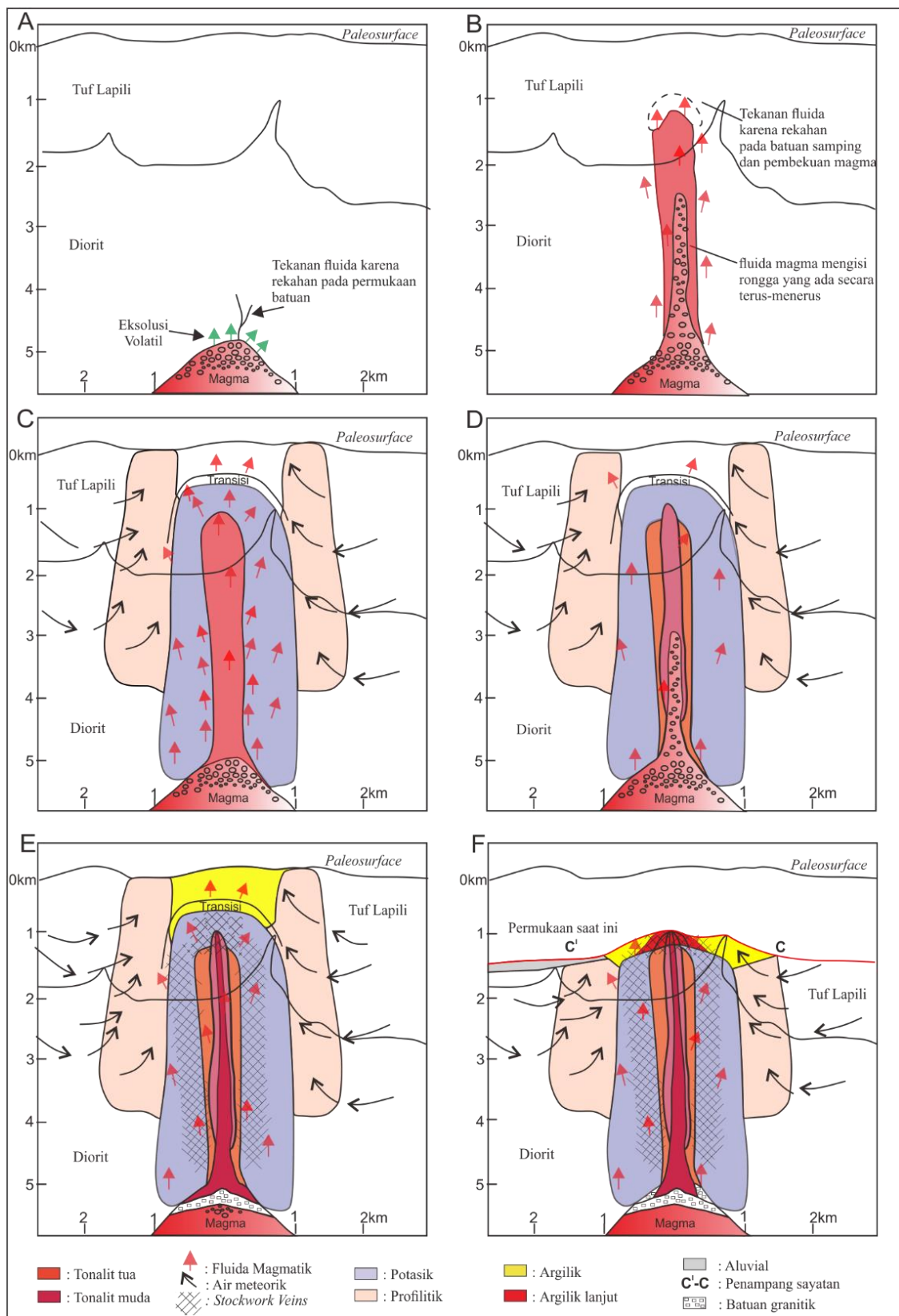
Berdasarkan analisis yang dilakukan pada tujuh sampel batuan yang dilakukan pada urat kuarsa tipe A, AB, B, dan D, diperoleh inklusi fluida tipe I, II, dan III. Tipe II dan III dilakukan pada vein A, B, dan AB didapatkan temperatur homogenisasi berada di atas 500°C dengan salinitas ≥ 60 wt.% NaCl. Data salinitas dan suhu tersebut, kemudian diplot pada diagram Haas (1971) sehingga didapatkan tekanan fluida yaitu >300bar (Gambar 9.3.).

Daerah Batu Hijau merupakan salah satu daerah prospek profiri Cu-Au yang terletak pada gugusan kepulauan Sunda-Banda memiliki kemiripan kondisi geologi dengan daerah Brambang dipakai sebagai pembanding analisis inklusi fluida daerah penelitian. Idrus (2006) mengatakan pada daerah prospek batu hijau berdasarkan hasil analisis inklusi fluida pada beberapa vein dengan tipe Ab, Am, dan A didapatkan temperatur berkisar 513°C dengan salinitas 45 wt.% NaCl. Tekanan berkisar 400bar dengan kedalaman 1,5km dibawah *paleosurface*. Berdasarkan metode pendekatan bahwa daerah Batu Hijau memiliki kemiripan model endapan dengan daerah Brambang, dan berdasarkan perbandingan data salinitas daerah Brambang dan daerah Batu Hijau dengan daerah penelitian

Brambang memiliki salinitas yang lebih tinggi daripada daerah Batu Hijau, maka dapat dibuat asumsi bahwa daerah Brambang terbentuk pada kedalaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah Batu Hijau. Kemudian berdasarkan hasil analisis tekanan dan suhu pada daerah Brambang yang kemudian dimasukkan kedalam diagram Dreisner dan Heinrich (2007) didapatkan daerah Brambang terbentuk pada kedalaman >3km (Gambar 9.4.).



Gambar 9. 3. Pengeplotan data Salinitas pada Diagram kedalaman, tekanan, dan suhu dari Haas (1971) yang menunjukkan tekanan pada daerah penelitian pada kisaran 300 bar.



Gambar 9. 5. Permodelan endapan porfiri Cu-Au pada daerah Brambang.

- Sistem urat berdasarkan data permukaan dan *drill core* pada daerah Brambang terbagi menjadi 5 tipe, yaitu urat tipe M, A, B, C, dan tipe D.
- Dari hasil Assay, emas pada daerah Brambang memiliki kadar berkisar sampai dengan 1 ppm.

Pada gambar 9.5. menjelaskan mengenai proses pembentukan proses mineralisasi dan alterasi hidrotermal pada endapan porfiri Cu-Au pada daerah Brambang. Gambar 9.5. menjelaskan bahwa pada daerah Brambang terjadi proses multi intrusi tonalit. Diawali dengan intrusi tonalit tua sampai dengan intrusi tonalit muda. Litologi yang dapat ditemui dilapangan dan data pengeboran berupa batuan vulkanik dengan litologi tuf lapili. Aktivitas magma mulai hadir pada daerah Brambang.

Gambar 9.5 A menjelaskan awal mula daerah Brambang yang terdiri dari batuan vulkanik. Data sifat batuan ini dapat dilihat pada gambar 5.10. yang telah dibahas pada bab 5. Model genetik dari sistem hidrotermal daerah Brambang, diawali tahap magmatisme hingga pembentukan berbagai zona alterasi dijelaskan di bawah ini, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 9.5. Ruang magma mungkin jenuh sehubungan dengan air dan komponen volatil lainnya (misalnya H₂S, CO₂, HCl, HF, H₂, H₂S dan SO₂; Burnham, 1979). Saturasi volatil menyebabkan eksudus cairan berair dari magma naik. Bekas cairan dengan salinitas yang tinggi terakumulasi di bagian atas ruang magma, dan tekanannya dapat menyebabkan rekahan atas batuan (Gambar 9.5A). Rekahan bertindak sebagai saluran untuk migrasi ke atas magma tonalitic dan cairan hidrotermal terlarut terkait.

Selanjutnya terjadi proses intrusi tonalit yang menerobos batuan vulkanik tuf lapili (Gambar 9.5B). Proses ini terjadi sebelum terjadinya mineralisasi pada daerah Brambang. Intrusi ini diawali dengan naiknya magma beserta fluida yang mengisi rongga-rongga pada batuan vulkanik tuf lapili yang terjadi secara terus menerus. Tekanan semakin tinggi akibat proses ini yang menyebabkan terbentuknya rekahan-rekahan pada batuan yang diterobos dan pada bagian-bagian luar intrusi tonalit. Fluida pada magma dipisahkan menjadi dua fase fluida : fase fluida salinitas rendah dan fase fluida salinitas tinggi. Fluida yang didominasi dengan salinitas tinggi terus naik ke atas mengisi rekahan pada batuan yang diterobos. Selain fluida dengan salinitas tinggi, fluida salinitas rendah juga ikut naik ke atas pada intrusi ini yang lebih sedikit daripada fluida salinitas tinggi. Kedua fase ini tetap terus naik dan terperangkap pada suhu $\sim 500^{\circ}\text{C}$, pada *paleodepth* ~ 3 km dengan tekanan litostatik ~ 300 bar pada inklusi cairan Tipe II dan III, masing-masing. Pada tahap ini, zona alterasi biotit awal (potasik), yang mulai terbentuk di bagian atas, yang secara langsung terkait dengan mineralisasi Cu dan Au. Intrusi awal pada daerah Brambang merupakan batuan tonalit tua.

Tonalit tua kemudian mengalami penurunan suhu dengan laju pendinginan yang relatif cepat. Saat intrusi mulai membeku membentuk batuan, perubahan biotit (potasik) awal meluas ke tingkat yang lebih rendah (Gambar 9.5C). Pembekuan pada intrusi ini diikuti dengan masuknya air meteorik yang menyebabkan air meteorik menjadi panas pada sekitar intrusi dan membentuk arus konveksi. Interaksi air meteorik panas dan cairan magmatik menyebabkan perkembangan zona alterasi proksimal aktinolit (profilitik dalam) dan distal klorit-epidote (profilitik luar) dan dapat menjadi awal untuk pembentukan zona alterasi klorit-

serisit (antara argilik) transisional (lihat juga model Norton dan Knight, 1977 dan Cathles, 1977).

Aktifitas magma tetap berlangsung setelah terbentuknya intrusi tonalit tua. Magma masih aktif naik pada intrusi tonalit tua dengan komposisi fluida yang mirip dengan intrusi tonalit tua. Magma beserta fluida yang naik berada pada tubuh intrusi tonalit tua dan beberapa tempat mengintrusi dinding-dinding batuan vulkanik tuf lapili. Fluida magma bergerak naik kemudian membeku menjadi intrusi tonalit menengah (Gambar 9.5D). Fluida juga mengisi sepanjang rekahan-rekahan yang kemudian mengalami pendinginan akibat kontak dengan batuan dinding, kemudian rekahan rekahan ini terisi mineral dan menjadi urat kuarsa maupun *veinlet*. Zona alterasi biotit awal (potasik) terus berkembang, sebagai fungsi dari aktivitas cairan hidrotermal magmatik yang baru. Saat intrusi mendingin, proses transisi inipun melambat sampai ke tingkat yang lebih rendah.

Pada saat intrusi tonalit menengah muda mulai membeku dan mengkristal, tetapi aktifitas magma beserta fluidanya masih aktif naik keatas yang kemudian membentuk intrusi tonalit muda. Magma dan fluida pada intrusi tonalit muda ini hampir mirip dengan jenis magma yang sebelumnya. Proses yang sama kembali terjadi seperti intrusi yang sebelumnya (Gambar 9.5E). Pada saat tonalit muda mulai mengalami fase pendinginan atau pembekuan menyebabkan tonalit muda memiliki suhu yang sama dengan dinding batu. Kondisi ini memfasilitasi pemanasan air meteorik di sekitarnya, beredar dan bercampur dengan cairan magmatik. Ini menyebabkan perluasan zona alterasi profilitik awal dan transisional ke arah luar. Selain menyebabkan perluasan zona alterasi profilitik, proses ini

memicu hadirnya zona alterasi argilik dan argilik lanjut pada tingkat yang lebih tinggi yang meng *overprinting* bagian dari zona alterasi propilitik. Zona alterasi argilik merupakan fase akhir akibat peningkatan jumlah atau volume air meteorik yang bercampur atau bergabung dengan fluida hidrotermal yang memiliki sistem sirkulasi konveksi suhu rendah. Namun, zona alterasi argilik lanjut mulai berkembang pada suhu yang relatif tinggi ($\sim 300\text{-}360^\circ\text{C}$), atas dasar stabilitas mineral dalam sistem hidrotermal aktif (lih. Mitchell et al., 1998). *Lowdensity*, volatil asam (misalnya HCl, HF, H₂S) yang dihasilkan dari fluida dapat memainkan peran penting, yang naik, mengembun, dan bercampur dengan air meteorik di bagian dangkal dari sistem untuk menimbulkan alterasi argilik lanjut (Sillitoe, 1992; Hedenquist et al., 1998; Ulrich et al., 2001, 2002).

Proses akhir genetik tipe endapan Cu-Au pada daerah Brambang diilustrasikan pada gambar 9.5F. Gambar ini sebagai cerminan tipe endapan yang ada pada saat ini. Proses pendinginan dan kristalisasi lengkap dari tonalite muda sebagai akhir dari proses intrusi porfiri tonalit dalam sistem hidrotermal daerah Brambang. Pada tahap ini, zona alterasi biotit awal (potasik) telah berhenti berkembang dan batas terluarnya ter *overprinting* oleh zona alterasi propilitik yang disebabkan oleh air meteorik yang bergerak ke dalam dan bergerak ke atas. Zona alterasi klorit-epidote (propilitik luar) memanjang untuk beberapa kilometer dari pusat deposit keluar. Hal ini juga menunjukkan bahwa konsentrasi tembaga dan emas yang tinggi dengan kadar mencapai 1ppm terjadi di inti deposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, J., & Baker, T. (2004). Gold Paragenesis and Chemistry at Batu Hijau, Indonesia : Implications for Gold-rich Porphyry Copper Deposits. *Mineralium Deposita*, Volume 39, pp. 523-535.
- Aye, T. M., Pramumijoyo, S., Idrus, A., Setijadji, L. D., Imai, A., Araki, N., et al. (2011). The Mineralogy of Gold-Copper Skarn Related Porphyry at The Batu Hijau Deposit, Sumbawa, Indonesia. *South East Asian Applied Geology*, Volume 3(1), pp. 12-22.
- Bakti, H., Lubis, R. F., Delinom, R., & Naili, W. (2012). Identifikasi Keluaran Airtanah Lepas Pantai (KALP) di Pesisir Aluvial Pantai Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, pp.133-149). Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi.
- Ballhaus, C.& Sylvester, P. (2000). PGE Enrichment Processes in The Merensky Reef, Bushveld Complex. *Journal of Petrology*, pp. 454-561.
- Bateman, A.M. & Jensen, M.L., 1981. *Economic Mineral Deposit*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Bemmelen, R. W. (1949). *The Geology of Indonesia*, Volume 1A. General Geology. Den Haag: Government Printing Office.
- Bodnar, R.J., (1993). Revised Equation and Table for Determining The Freezing Point Depression of H₂O-NaCl Solutions, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 57, Pergamon Press Ltd., pp. 683 – 684.
- Burnham, C.W., (1979). Magmas and hydrothermal fluids: in Barnes, H.L., eds., *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*: New York, United States, John Wiley & Sons, p. 71-136.
- Bühl, A. and Zöfel, P., (1999). SPSS version. *Einführung in Die Moderne Datenanalyse Unter Windows*: Bonn, Addison-Wesley Longmann.
- Cathelineau, M., (1988). *Cation Site Occupancy in Chlorite and Illites as a Function of Temperature*.
- Cathles, L.M., (1977), An analysis of the cooling of intrusives by ground-water convection which includes boiling: *Economic Geology*, v. 72, p. 804-826.
- Chrysosoulis, S. L. (2001). Using Mineralogy to Optimize Gold Recovery by Flotation. *Journal of Minerals, Metals, and Materials Society*, p.48-50.
- Clode, C., Proffett, J., Mitchell, P., & Munajat, I., (1999). Relationships of Intrusion, Wall-rock Alteration and Mineralization in The Batu Hijau

Copper Gold Porphyry Deposit. *International Congress on Earth Science, Exploration and Mining around Pacific rim* (pp. 485-498). Bali: Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publication.

- Clode C.H, & Pratama B., (2002). Application of PIMA Technology in Defining Gold and Copper Exploration Targets in Island Arc Settings: A Case Study from Sumbawa and Lombok, Indonesia. *Proceedings of the 31st Annual Convention of Indonesian Association of Geologists*, Vol. 1, pp. 954-967.
- Corbett G.J, T.J., L., Stewart, R., & Fulton, B., (1996). The Porgera gold deposit: Structure, alteration and Mineralization. *Pacific Rim Congress* (pp. 151-156). New Zealand: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. Hamilton, W.B., 1979. Tectonics of the Indonesian region. *US Geological Survey Professional Paper*, 1078, 345pp.
- Corbett, G., (2008). Influence of magmatic arc geothermal systems on porphyry-epithermal Au-Cu-Ag exploration model. *Terry Leach Symposium*, p.25-43.
- Corbett, G., (2012). *Structural Controls to, and Exploration for, Epithermal Au-Ag Deposits*. p.43-47.
- Corbett, G. J., & Leach, T. M., (1998). Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization. *Special Publications of The Society of Economic Geologists*, Volume 6 (pp. 137-200). Phoenix: Society of Economic Geologists.
- De La Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P., Marchal, M., (1980). A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2 -diagram and major element analyses - its relationships with current nomenclature: *Chemical Geology*, v. 29, p. 183-210.
- Driesner, T., & Heinrich, C.A., (2007): The System H₂O-NaCl. I. Correlations for molar volume, enthalpy, and isobaric heat capacity from 0 to 1000 degrees C, 1 to 5000 bar, and 0 to 1 X-NaCl. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71, 4902-4919.
- Elders, W. A., Bird, D. K., Williams, A. E., & Schiffman, P., (1982). A Model for The Heat Source of The Cerro Prieto Magma-Hydrothermal System, Baja California. Fourth Symposium on The Cerro Prieto Geothermal Field. Mexico: *The Cerro Prieto Geothermal Field Press*.
- Evans, A. M., (1993). *Ore Geology and Industrial Minerals, an Introduction*. Oxford: Blackwell Science.
- Garwin, S.L., (2000). *The Setting, Geometry and Timing of Intrusion-Related Hydrothermal Systems in The Vicinity of Batu Hijau Porphyry Copper-Gold*

- Deposits, Sumbawa, Indonesia*. Disertasi Doktor di University of Western Australia.
- Garwin, S., (2002). The Geologic Setting of Intrusion-related Hydrothermal Systems Near The Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit, Sumbawa, Indonesia. *Integrated Methods for Discovery: Global Exploration in the Twenty-First Century* (pp. 333-366). Littleton: Society of Economic Geologists.
- Giggenbach, W.F., (1997). The Origin and Evolution of Fluids in Magmatic-Hydrothermal System dalam Barnes, H.L., 1997. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, 972 p.
- Grant, J.A., (1986), The Isocon Diagram; A Simple Solution to Gresens's Equation for Metasomatic Alteration, *Economic Geology*, v.81, p. 1976-1982.
- Grant, J.A., (2005). Isocon Analysis: A Brief Review of the Method and Application, *Physics and Chemistry of the Earth* 30 (2005) 997-1004.
- Gresens, R.L., (1967), *Composition-volume relationships of metasomatism: Chemical Geology*, v. 2, p. 47-65.
- Guilbert, G.M. & Park, C.F., JR., (1986). *The Geology of Ore Deposits*, W.H. Freeman and Company, New York, 985 p.
- Gustafson, L., & Hunt, J., (1975). The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile. *Journal of Economic Geology*, p.857-912.
- Haas, J. L., (1971), The effect of salinity on the maximum thermal gradients of a hydrothermal System at hydrostatic pressure: *Economic Geology*, v. 66, p. 940-946.
- Hall, R., (2012). *Tectonic History and Mantle Structure of The Sundaland and Indonesian Region*. AGU Fall Meeting. San Francisco: American Geophysical Union .
- Hedenquist, J. W., (1987), *Course on Epithermal Gold*, Government of New Zealand & Directorate Generale of Geology and Mineral Resources, Bandung.
- Hedenquist, J. W., (1998), Hydrothermal System in Volcanic Arcs : Origin of and Exploration for Epithermal Gold Deposits, Lecture Notes, Bandung, Indonesia.
- Hedenquist, J & Reid, F.W., (1985). *Epithermal Gold*, The Earth Resources Foundation, University of Sidney.

- Hedenquist, J.W., & Richards, J.P., (1998). The Influence of Geochemical Techniques on The Development of The Genetic Models for Porphyry Copper Deposits, Reviews in *Economic geology*, v.10, p.235-256.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A., & Reynolds, T.J., (1998), Evolution of an intrusion centered hydrothermal system: Far Southeast–Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines: *Economic Geology*, v. 93, p. 373-404.
- Hamilton, W., (1979). *Tectonics of the Indonesian region*. US Geological Survey Professional Paper (p. 345). US Geological Survey Professional.
- Herman, D. Z., Sudarya, S., & Zulkifli, M. D., (1997). Herman D.Z, Sudarya S. *Laporan Eksplorasi Mineral Logam Mulia dan Logam Dasar di daerah Lombok Barat dan Tengah, Propinsi Nusa Tenggara Barat*. Jakarta: Direktorat Sumberdaya Mineral.
- Herman, D. Z., (2007), Interpretasi mineralisasi epitermal berdasarkan studi ubahan hidrotermal dan tekstur urat kuarsa di kawasan hutan lindung Taliwang, Nusa Tenggara Barat, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 2 No. 3 September 2007: 133-142, Bandung.
- Herman. D. Z., (2008), Mineralisasi pada batuan induk batugamping di daerah Lepadi, Dompu, Nusa Tenggara Barat, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 3 No. 3 September 2008: 175-182, Badan Geologi, Bandung.
- Idrus, A., (2006), P-T Condition and Oxygen Fugacity of the Intrusion Emplacement at Batu Hijau Porhyry Copper-Gold Deposit, Sumbawa Island: A Constraint from Geothermometric Data. *Media Teknik* No.2 Tahun XXVIII, Edisi Mei 2006 No.ISSN 0216-3012.
- Idrus, A. & Pramutadi, E.B., (2008), *Mineralisasi Biji dan Geokimia Batuan Sampling Vulkanik klasik Andesitik yang Berasosiasi dengan Endapan Tembaga-Emas Porfiri Elang, Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat*: Seminar nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, IST Akprind, Yogyakarta.
- Indarto. S., Ghani. U. A., & Sumarnadi E. T., (1997), Alterasi dan Mineralisasi pada Cebakan Galena dan Sflerit di Manyeli, Pujut, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat, *Prosiding Ikatan Ahli Geologi Indonesia*, Pertemuan Ilmiah Tahunan ke XXVI, Jakarta.
- Indarto, S., Sudarsono, Setiawan, I., & Permana, H., (2014). *Batuan Pembawa Emas Pada Mineralisasi Sulfida Berdasarkan Data Petrografi dan Kimia daerah Cihonje, Gumelar, Banyumas, Jawa Tengah*, Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia,

Bandung. Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

- Irvine, T. N. & Baragar, W. R. A., (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, pp.523-548.
- Kanwil Mataram, (1994). Pemantuan Pengawasan Penertiban Kegiatan Pertambangan Kontrak Karya PT. Newmont Nusa Tenggara di daerah Selodong, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, Propinsi NTB. *Journal of Geochemical Exploration*, Volume 50, No. 1-3, Special Issue 1994.
- K.G. Cox, J. D. Bell, R. J. Pankhurst, Cox et al., (1979), *The Interpretation of Igneous Rocks*, Allen & Unwin, London (1979) p. 450.
- Kolb, K., Kisters, A. F. M., Hoernes, S., and Meyer, F.M., (2000). The Origin of Fluids and Nature of Fluid-Rock Interaction in Auriferous Mylonites of The Renco Mine, Southern Zimbabwe, *Mineralium Deposita*, v.35, 109-125.
- Kretz, R., (1983). Symbols for Rock-Forming Minerals, *American Mineralogist*, Volume 68, p.277-279.
- Large R., Huston D., McGoldrich P., McArthur G, Ruxton P., (1988). Gold distribution and genesis in paleozoic volcanogenic massive sulphide Systems. In: *Bicentennial Gold 88*. Geol. Soc. Aust. Abst. Ser.22: p.121-126.
- Leach, T. M., Wood, C. P., & Reyes, A. G., (1983). *Geology and Hydrothermal Alteration of the Tongonan Geothermal field, Leyte, Republic of Philippines*. 4th International Symposium on Water-rock Interaction (pp. 275-278). Misasa: Tidak diketahui.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., & Zanettin, B., (1986), A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram: *Journal of Petrology*, v. 27, p. 745-750.
- Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B., Le Bas M.J., Bonin B., Bateman P., Bellieni G., Dudek A., Efremova S., Keller J., Lameyre J., Sabine P.A., Schmid R., Sorensen H., Woolley A.R., (1989). *IGNEOUS ROCKS A: Classification and Glossary of Terms*. Cambridge University Press. p.237.
- Lowell, J. D., & Guilbert, J. M., (1970). Lateral and Vertical Alteration-Mineralization Zoning in Porphyry Ore Deposits. *Journal of Economic Geology*, 373-408.

- Mangga, S. A., Atmawinata, S., Hermanto, B., Setyogroho, B., & Amin, T., (1994). *Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusa Tenggara Barat*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Manurung Y.S., (1997). *Laporan Eksplorasi Mineral Logam di daerah Mataram, Kabupaten Lombok Barat dan Lombok Tengah, Propinsi Nusatenggara Barat*. Direktorat Sumberdaya Mineral.
- Maryono, A., & Power, D., (2009). *Regional Framework Study on Papuan Fold Belt*. Newmont internal company report: Tidak dipublikasikan.
- Maryono, A., Lubis, H., Nugroho, F., Perdankusumah, A., & dan Hermawan, W., (2005). *The Elang Porphyry Copper and Gold Mineralization Style Sumbawa, Indonesia. Indonesian Minerals and Coal Discoveries*. Bogor: IAGI.
- McMillan, W., & Panteleyev, A., (1988). Porphyry Copper Deposits; in *Ore Deposit Models. Geoscience Canada Reprint, Series 3* (pp. 45-58). Kanada: Geological Association of Canada.
- Meyer, C., & Hemley, J. J., (1967). *Wall Rock Alteration. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits* (pp. 166-235). New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Mitchell, P., Proffett, J., & Dilles, J., (1998). *Tonalite Porphyry Intrusion and Wall-rock Alteration, Batu Hijau, Indonesia*. Preprint Northwest Mining Association 104th Annual Meeting (p. 4). Washington: Preprint Northwest Mining Association.
- Moyle, A. J., Doyle, B. J., Hoogvliet, H., & Ware, A. R., (1990). *Ladolam Gold Deposit, Lihir Island. Geology of The Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea* (pp. 1793-1805). Victoria: Australas Inst Min Metall Monogr.
- Nash, J. T., (1976), *Fluid-inclusion petrology; data from porphyry copper deposits and applications to exploration*: Reston, VA, United States, U. S. Geological Survey, p. D1-D16.
- Norton, D., & Knight, J.E., (1977), *Transport phenomena in hydrothermal systems; cooling plutons*: American Journal of Science, v. 277, p. 937-981.
- Parsaulian. F, & Noor. D. (2013). *Geologi dan Mineralisasi Sulfida Daerah Pelangan dan Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat Nusa Tenggara Barat*. Teknik Geologi, FT-Unpak, Bogor, Tidak dipublikasikan.
- Pearce, J.A., (1982). *Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks* (R.S. Thorpe, ed.). John Wiley & Sons, Chichester, U.K. (525-548).

- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., & Tindle, A.G., (1984), Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks: *Journal of Petrology*, v. 25, p. 956-983.
- Peccerillo, A. & Taylor, S.R., (1976), Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 58, Hal 63-81.
- Pettijohn, F.J., (1975), *Sedimentary Rocks, 3rd ed*, Harper dan Row Publishing Co., New York, 628h.
- Petrelli M., Poli G., Perugini D., & Peccerillo A., (2005), *PetroGraph: A new software to visualize, model, and present geochemical data in igneous petrology*. Department of Earth Sciences, University of Perugia, Piazza Università.
- Pieters, P. J., (2003). *Remote Image Study of The Indotan Inc SIPP Area, South Lombok, Nusa Tenggara Barat*. Mataram: Tidak dipublikasikan.
- Pirajno, F., (2009). *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*, Springer - Geological Survey of Western Australia, 1250 p.
- Pollard, P. J., Taylor, R. G., & Peters, L., (2006). Ages of intrusion, alteration, and mineralization at the Grasberg Cu–Au deposit, Papua, Indonesia. *Economic Geology*, 1005-1020.
- Potter, R.W.III., Clyde, D.M., & Brown, D.L., (1978). Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions. *Economic Geology*, 73, h.284-285
- Pratama, B., Setyandhaka, D., Maryono, A., Hermawan, W., & Clode, C., (2002). Application of PIMA Technology in Defining Gold and Copper Exploration Targets in Island Arc Settings : A Case Study from Sumbawa and Lombok, Indonesia. *Convention of Indonesian Association of Geologists (IAGI) 31st* (pp. 954-967). Surabaya: IAGI.
- PT Bintang Bulaeng 2009. Annual Report. Tidak dipublikasikan.
- PT Bintang Bulaeng 2011. Annual Report. Tidak dipublikasikan.
- Reyes, A., & Giggenbach, W., (1992). Petrology and Fluid Chemistry of Magmatic-Hydrothermal Systems in the Philippines, in Kharaka. *Water-rock interaction* (pp. 1341-1344).
- Ridley, J., (2013). *Ore Deposit Geology*. New York: Cambridge University Press.
- Robb, L., (2005). *Introduction to Ore-forming Processes*. Victoria: Blackwell Publishing.

- Roedder, E., (1971), Fluid inclusion studies on the porphyry-type ore deposits at Bingham, Utah, Butte, Montana, and Climax, Colorado: *Economic Geology*, v. 66, p. 98-118.
- Rollinson, Hugh, R., (1993). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, Pearson-Prentice Hall, p.352.
- Rompo, I., Rowe A., Maryono A., (2012). *Porphyry Cu-Au and Epithermal Au-Ag Systems in Southwest Lombok*.
- Selverstone, J., Morteani, G., & Staude, J.M., (1991). Fluid Channelling During Ductile Shearing: Transformation of Granodiorite Into Aluminous Schist in The Tauern Window, Eastern Alps, *Journal of Metamorphic Geology*, v.9, p. 419-431.
- Setyandhaka, D., (2010). *Karakteristik Urat Kuarsa pada Sistim Porfiri Batu Hijau. Batu Hijau*: Tidak dipublikasikan.
- Shepherd T.J., Rankin A.H., Alderton D.H.M., (1985). *A practical guide to fluid inclusion studies*. Glasgow : Blackie ; New York : Distributed in the USA by Chapman and Hall, p.239.
- Sillitoe, R. H., (2010). Porphyry Copper Systems. *Economic Geology*. Kanada: Society of Economic Geologists, Inc, 3-41.
- Solikhin, A., kunrat, A., Barbier, B., & Campion, R., (2009). Geochemical and Thermodynamic Modeling of Segara Anak Lake and Eruption of Rinjani Volcano, Lombok, Indonesia. *Jurnal Geologi Indonesia*, Volume 5, 227-239.
- Streckeisen, A., (1978). IUGS Subcommissions on the Systematics of Igneous Rocks. *Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Carbonatite and Melilitic Rocks*. Recommendation and Suggestion. Neues Jahrbuch fuer Mineralogie. Stuttgart. Vol.134, p.1-14.
- Sudrajat, A., Mangga, A. & Suwarna, N., (1998), *Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusa Tenggara*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sun, S.S., & McDonough, W. F., (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society, London, Special Publications* 1989; v. 42; p. 313-345.
- Sundhoro, H., Kasbani, Yushantarti, A., & Hadi, M. N., (2007). *Penyelidikan Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Sembalun Kabupaten Lombok Timur- Nusa Tenggara Barat. Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan* . Bandung: Pusat Sumber Daya Geologi.

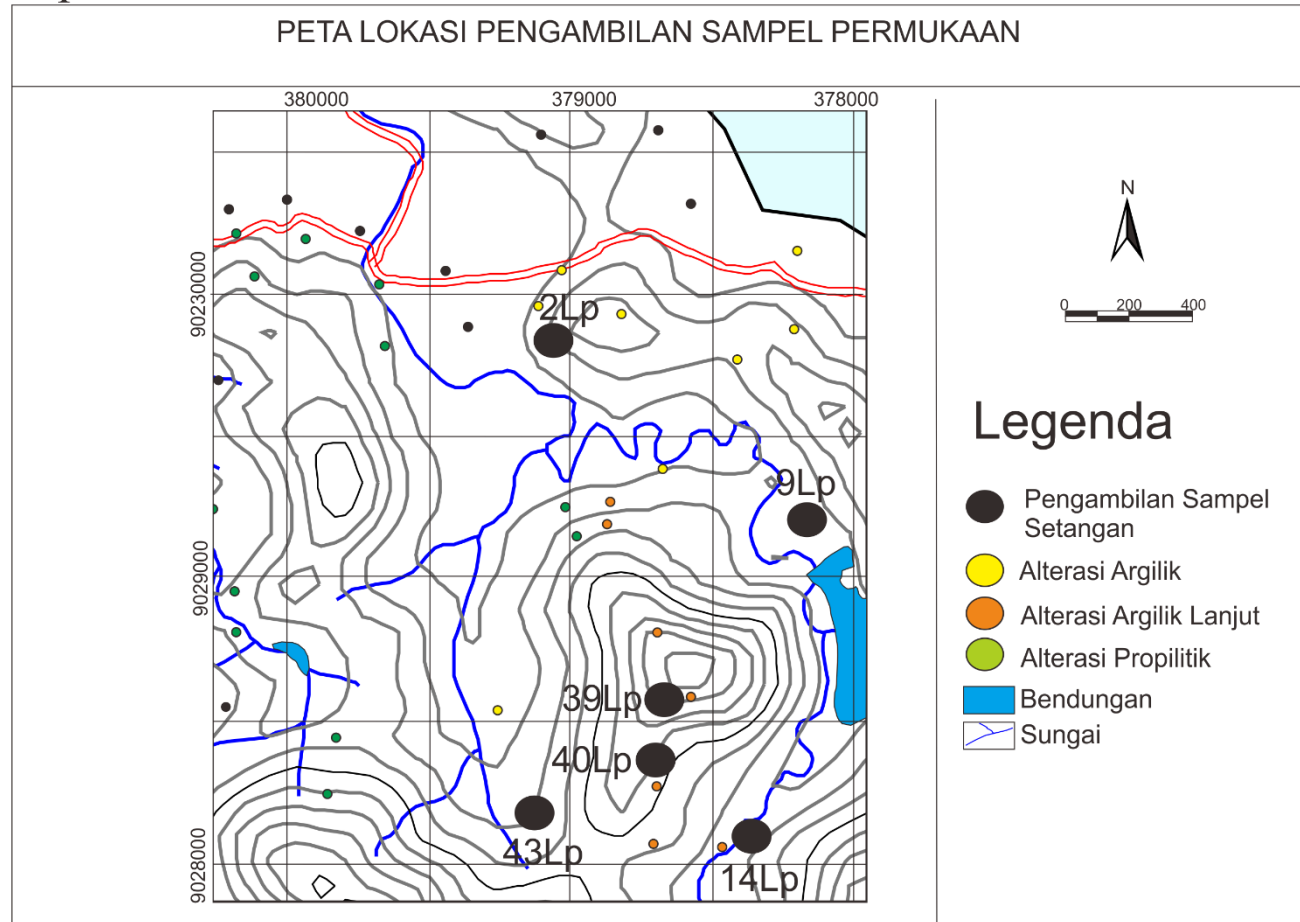
- Syafrizal, Indriati, T., & Valentin, K., (2009). Studi Distribusi Ukuran Butir Elektum dan Asosiasi Mineralisasi Emas pada Urat Ciurug, Pongkor, Indonesia. *Jurnal geologi Indonesia*, Volume 16, 99-109.
- Syirojudin, M., (2010). *Penentuan Karakteristik Sesar Cimandiri Segmen Pelabuhan Ratu-Citarik Dengan Metode Magnet Bumi*. Skripsi di Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Tapia, J., Townley, B., Cordova, L., & Arriagada, C., (2016). Hydrothermal alteration and Its effects on the magnetic properties of Los Pelambres, a large multistage porphyry copper deposit. *Journal of Applied Geophysics* 132 (2016). p.125-136.
- Thonburry, W. D., (1969). *Principles of Geomorphology*. New York: John Wiley.
- Ulrich, T., Günther, D., Heinrich, C.A., (2001), The Evolution of a porphyry Cu-Au deposit, based on LA-ICP-MS analysis of fluid Inclusions: Bajo de la Alumbrera, Argentina: *Economic Geology*, v. 96, p. 1743-1774.
- Ulrich, T., Günther, D., Heinrich, C.A., (2002), The evolution of a porphyry Cu-Au deposit, based on LA-ICP-MS analysis of fluid inclusions: Bajo de la Alumbrera, Argentina: *Economic Geology*, v. 97, p. 1889-1920, Reprinted with correction.
- Van Bemmelen R.W., (1949). *The Geology of Indonesia*. Vol. 1A. General Geology. Government Printing Office, Martinus Nijhoff, The Hague, Netherlands.
- Vidal, O., Parra, T., Trotet, F., (2001), A thermodynamic model for Fe-Mg aluminous chlorite using data from phase equilibrium experiments and natural pelitic assemblages in the 100° to 600°C, 1 to 25 kb Orange. *American Journal of Science*. Volume 301, 557-592.
- White, T. L., (1996). *Cryogenic Alteration of Clay and Silt Microstructure, Implication for Geotechnical Properties*. Ottawa: Carleton University.
- Whitney, D.L and Evans, B.W., (2010). Abbreviations For Names of Rock-Forming Minerals, *American Mineralogist*, Volume 95, p. 185-187.
- Widhiyatna, D., Kamal, S., Soleh, A., & Pohan, M. P., (2001). *Penyelidikan Geokimia Regional Sistematis Lembar Lombok Kabupaten Lombok Barat, Lombok Tengah, Lombok Timur, dan Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Jakarta: Subdit Geokimia dan Informasi Mineral.
- Wilkinson, J. J., Chang, Z., Cooke, D. R., Baker, M. J., Wilkinson, C. C., Inglis, S., et al., (2015). *Chlorite Chemistry as a New Exploration tool in the Propylitic Halo of Porphyry-Epithermal Systems: a Case Study of the Batu Hijau Porphyry Cu-Au System, Indonesia*. *Applied Earth Science*.

Winarti, D., (2017). *Pengaruh Tipe Dan Intensitas Alterasi Hidrotermal Terhadap Karakteristik Gerakan Tanah Pada Lereng Pegunungan Selatan Pulau Lombok*. Disertasi Doktor di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

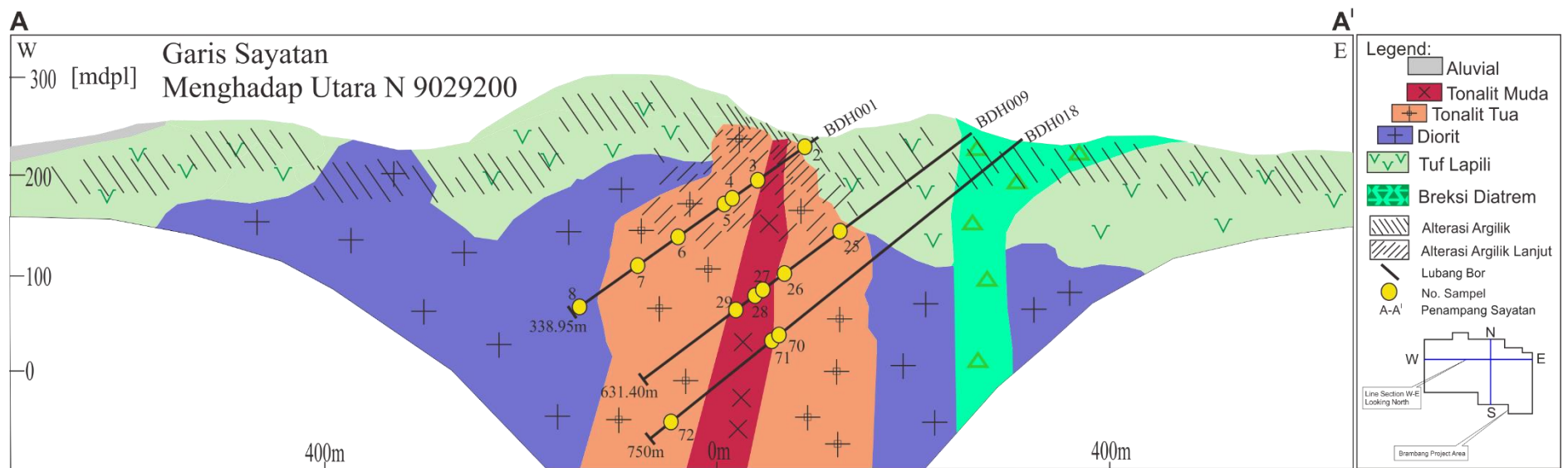
Winchester, J.A. & Floyd, P.A., (1976). Geochemical Discrimination Of Different Magma Series And Their Differentiation Products Using Immobile Elements. *Chemical Geology*, v.20, p.325-343.

LAMPIRAN A
Peta

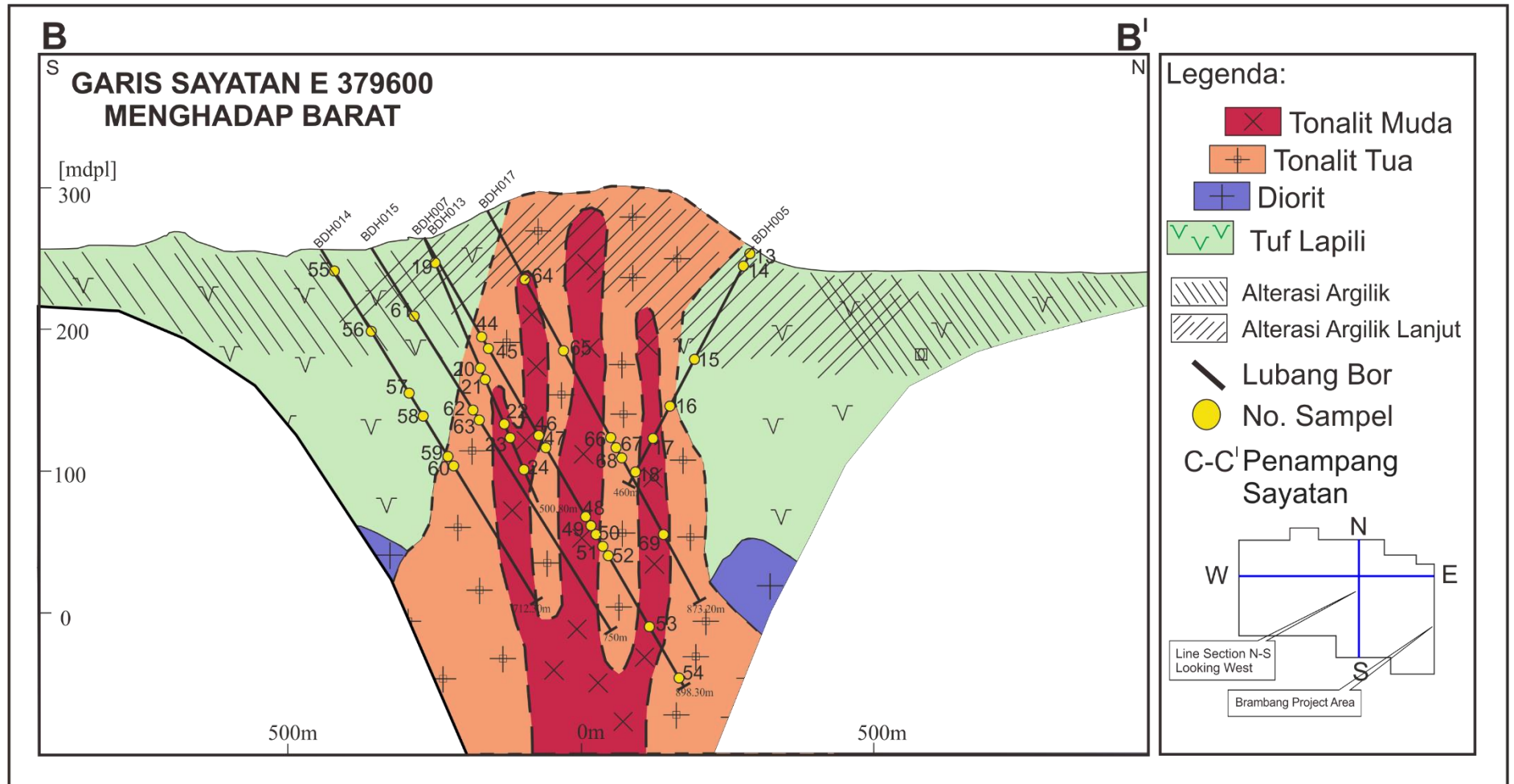
LpA1



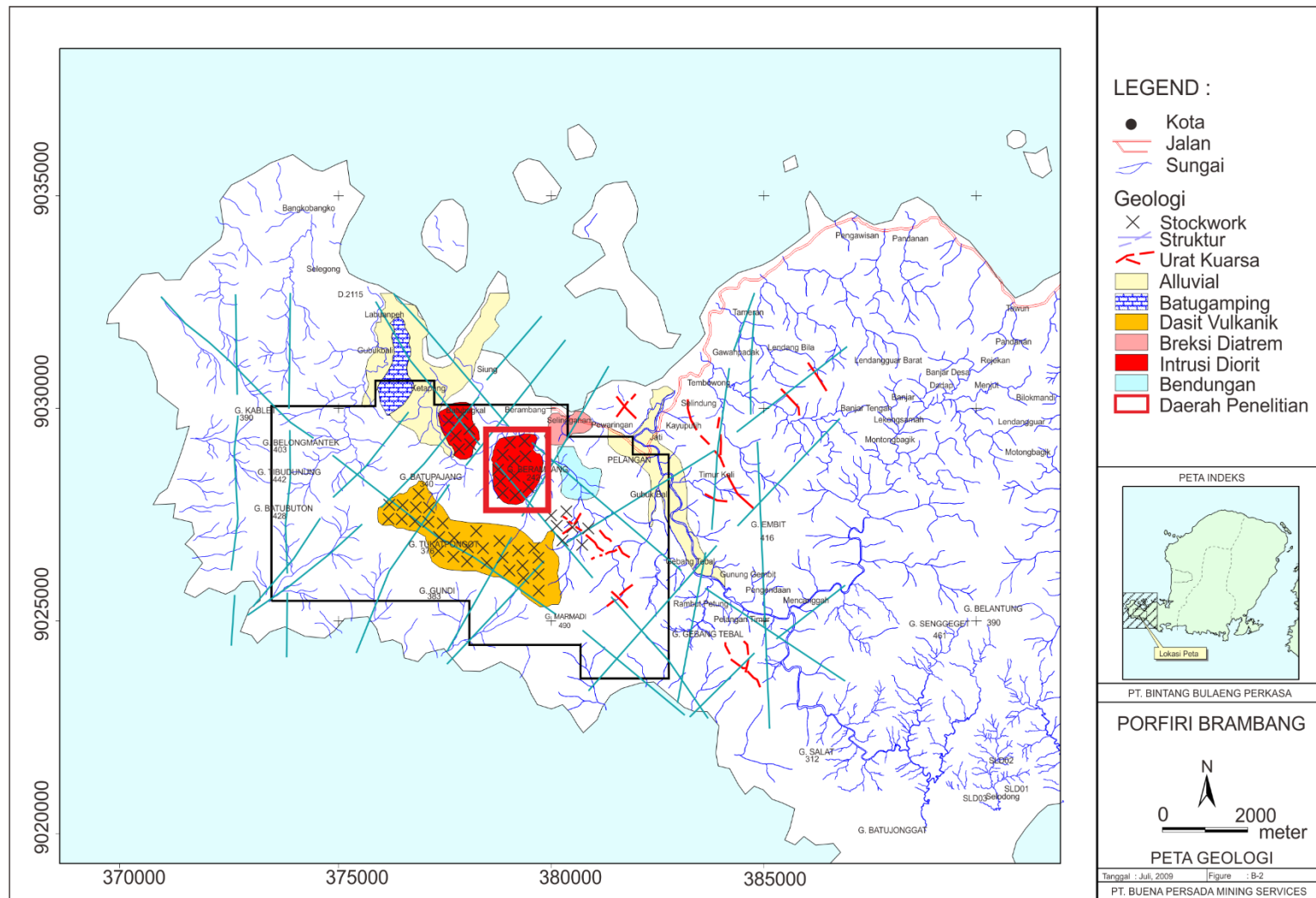
LpA2



LpA3



LpA4



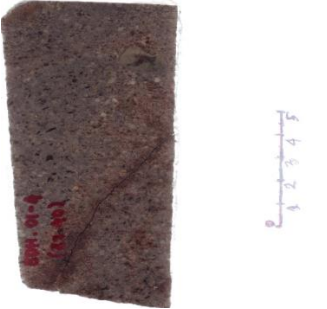
LAMPIRAN B
Daftar Sampel

Tabel 1. Daftar Analisis Sampel

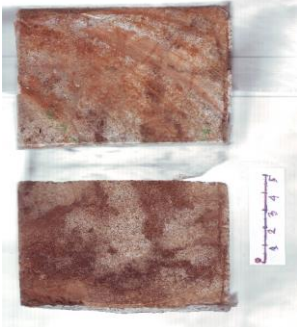
Nomor Sampel	Borhole	Jenis Sampel		Satuan Batuan	Batuan	Petrografi	XRD	XRF	ICP-MS	AAS	EPMA	Inklusi Fluida
		Core	Outcrop									
2	BDH001	V		Tonalit	Tonalit Menengah			V		V		
3		V		Tonalit	Diorit	V				V		
4		V		Tonalit	Tonalit Menengah		V			V		
5		V		Tonalit	Tonalit Muda					V		
6		V		Tonalit	Tonalit Menengah	V	V	V	V	V		V
7		V		Tonalit	Tonalit Menengah	V	V	V		V		
8		V		Tuf	Tuf Kristal	V	V	V		V		
9		V		Tonalit	Tonalit Menengah	V				V		
10	BDH003	V		Tuf	Tuf Dasitik	V	V	V	V	V		
11	BDH004	V		Tuf	Tuf Lapili					V		
12	BDH004	V		Tonalit	Tonalit Menengah			V		V		
13	BDH005	V		Tuf	Tuf Kristal	V	V	V		V		
14		V		Tuf	Tuf Lapili					V		
15		V		Tuf	Tuf Kristal					V		
16		V		Tonalit	Tonalit Tua	V	V	V		V		
17		V		Tonalit	Diorit Kuarsa	V	V	V	V	V		
18		V		Tonalit	Tonalit Tua	V	V	V	V	V		V
19		V		Tuf	Tuf Lapili	V	V	V	V	V		
20		V		Tonalit	Tonalit Tua	V	V	V		V		
21	BDH007	V		Tonalit	Tonalit Muda					V		
22		V		Tonalit	Tonalit Tua			V		V		
23		V		Tonalit	Tonalit Tua	V	V	V		V		
24		V		Tonalit	Tonalit Tua					V		
25		V		Diorit	<i>Fine Grain</i> Diorit	V	V	V	V	V		
26		V		Tonalit	Diorit	V	V	V		V		
27		V		Tonalit	Tonalit Menengah					V		
28		V		Tonalit	Tonalit Menengah	V	V	V		V		
29	BDH009	V		Tonalit	Tonalit Menengah					V		
30		V		Aluvial	Kolovium		V	V	V	V		
31		V		Diorit	Diorit		V	V	V	V		
32		V		Tuf	Tuf Lapili	V	V	V		V		
33		V		Tonalit	Diorit	V	V	V	V	V		
34		V		Breksi Diatrem	Breksi Diatrem					V		
35		V		Tonalit	Tonalit Muda	V	V	V	V	V		
36		V		Tonalit	Tonalit Menengah	V	V			V		
37	BDH011	V		Tonalit	Tonalit Menengah			V		V		
38		V		Tuf	Tuf Kristal	V	V	V		V		
39		V		Tonalit	Tonalit Menengah			V		V		V
40		V		Tonalit	Tonalit Muda	V	V	V		V		
41		V		Tonalit	Tonalit Menengah		V			V		
42		V		Tonalit	Tonalit Muda					V		
43		V		tuf	Tuf Kristal		V			V		

Nomor Sampel	Borhole	Jenis Sampel		Satuan Batuan	Batuan	Petrografi	XRD	XRF	ICP-MS	AAS	EPMA	Inklusi Fluida
		Core	Outcrop									
44	BDH013	V		Tuf	Tuf Lapili	V	V	V	V	V		
45		V		Tonalit	diorit	V	V	V	V	V		
46		V		Tonalit	Tonalit Menengah					V		
47		V		Tonalit	Tonalit Muda	V	V	V		V		
48		V		Tonalit	Tonalit Muda		V			V		V
49		V		Tonalit	Tonalit Muda		V			V		
50		V		Tonalit	Tonalit Tua	V	V	V	V	V	V	V
51		V		Tonalit	Tonalit Tua	V	V	V	V	V		
52		V		Tonalit	Tonalit Tua			V		V		
53		V		Tonalit	Tonalit Menengah	V	V	V		V		
54		V		Tonalit	Tonalit Tua	V				V		
55	BDH014	V		Tuf	Tuf Lapili		V			V		
56		V		Tuf	Tuf Lapili					V		
57		V		Breksi Diatrem	Breksi Diatrem		V	V	V	V		
58		V		Breksi Diatrem	Breksi Diatrem	V	V	V		V		
59		V		Tonalit	Tonalit Muda	V	V	V		V		
60	BDH015	V		Tonalit	Tonalit Muda		V	V		V		
61		V		Tonalit	Tonalit Muda		V	V		V		
62		V		Tonalit	Tonalit Menengah	V	V	V	V	V		V
63	BDH017	V		Tonalit	Tonalit Menengah	V	V	V		V		
64		V		Tuf	Tuf Lapili	V	V	V	V	V		
65		V		Tuf	Tuf Kristal	V	V	V	V	V		
66		V		Tonalit	Tonalit Tua	V	V	V		V		
67		V		Tonalit	Tonalit Tua	V	V	V	V	V		
68		V		Tonalit	Tonalit Tua	V	V	V	V	V		V
69		V		Tonalit	Tonalit Menengah	V	V	V	V	V		
70	BDH018	V		Tuf	Tuf Kristal	V	V	V	V	V		
71		V		Tuf	Tuf Kristal	V	V	V		V		
72		V		Tonalit	Tonalit Muda	V	V	V	V	V		V
73	BDH019	V		Tuf	Tuf Lapili					V		
74		V		Tuf	Tuf Lapili	V	V	V	V	V		
2Lp			V	Tuf	Tuf Andesitik		V					
9Lp			V	Breksi Diatrem	Breksi Diatrem		V					
14Lp			V	Tuf	Tuf Andesitik		V					
39Lp			V	Tuf	Tuf Andesitik		V					
40Lp			V	Tuf	Tuf Andesitik		V					
43Lp			V	Tuf	Tuf Andesitik		V					

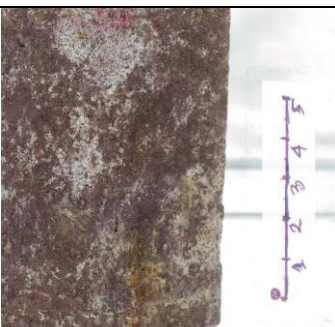
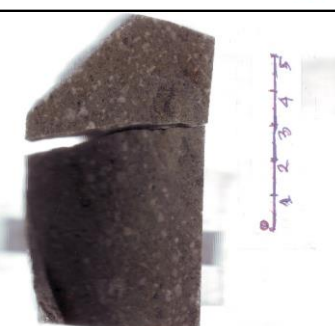
Tabel 2. Daftar Diskripsi Sampel

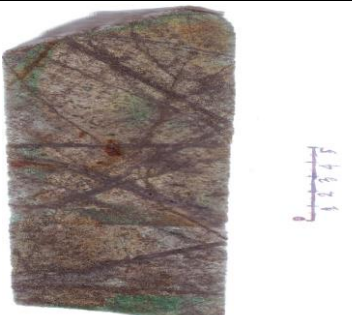
HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITHDESCR	NOMER SAMPAL	
BDH-001	53.00	55.00	T	ITI	CMB	3	SNG	3	Plg ~5%, hbl ~3%, with dio clast (?)		2
BDH-001	81.00	83.00	T	LTI	CMB	2	-	-	@81.80-82.00, contact with Hdi, CTF, light gray, MGR,		3
BDH-001	117.00	119.00	T	ITI	CMB	4	-	-			4
BDH-001	125.00	127.00	T	LTI	CMB	4	-	-			5

HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT.	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMPPL	
BDH-001	197.90	201.00	T	ITI	CMB	4	STW	15	Qvn, STW, VI, with mineralization in vein, pyr <1%, pyr 20%		6
BDH-001	245.00	247.00	T	ITI	BIO	4	STW	20			7
BDH-001	310.00	312.00	Tomp	CTF	CMB	3	SNG	3	Weak plg <1%, gypsum vein, Qvn, with mineralization in vein,		8
BDH-003	82.00	84.00	T	ITI	CMB	4	STW	4	Magnetite selective alter, disseminated fgr pyrite		9

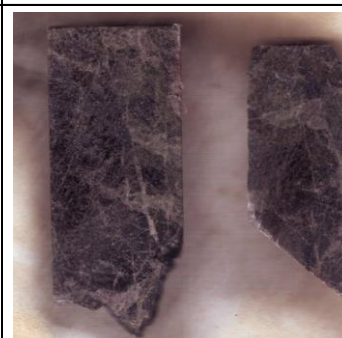
HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT.	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMP	
BDH-003	234.00	236.00	Tomp	DTF	ADC	4	-	-	Weak intense fel alt, slightly fracture, STW gyp, stringer pyrite		10
BDH-004	180.00	182.00	Tomp	LPF	CMB	3	SNG	1			11
BDH-004	272.00	274.00	T	ITI	CMB	3	MPH	4.2			12
BDH-005	8.00	10.00	Tomp	CTF	LIT	4	-	-	Qtz ± lim strings ≥ 5 Vs/m, limonite in fracture, no main orientation		13

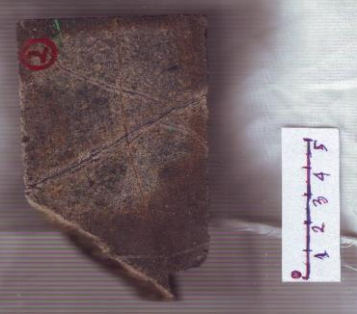
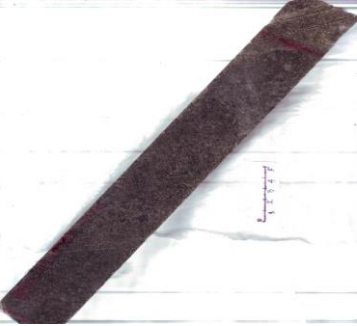
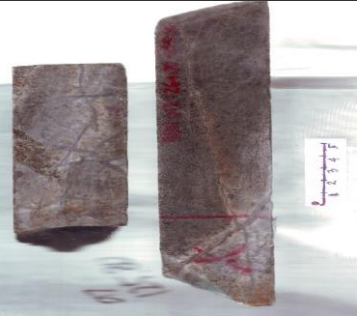
HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT.	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMP
BDH-005	52.00	54.00	Tomp	LPF	ARG	4	-	-	Pyr in fracture, $\geq$ fracture pyr strings ~ 2 Vs/m	14
BDH-005	270.00	272.00	Tomp	CTF	SCC	4	NET	2,5	Slightly fractured, pyr $\pm$ qv $\pm$ Vs >> fractured	15
BDH-005	338.00	340.00	T	ETI	ADC	2	STW	4,5	Slightly fractured, VL cut by D-vein	16
BDH-005	422.00	424.00	T	ETI	BIO	3	MPH	2.5		17

HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT.	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMP	
BDH-005	426.00	428.00	T	ETI	BIO	3	MPH	3	392.00-343.90m, dio, gy, medium grained, strong magnetic ±diss pyr 2%, diss cpy ≤1%, vl cut by D-vein		18
BDH-007	101.00	103.00	Tomp	LPF	ARG	3	VL	0.2	Lithic Tuff, gy-wh, Si-Cly-Se-Ka alt, pyr diss 30%, vuggy cast with mineralization in VL		19
BDH-007	315.00	317.00	T	ETI	CMB	3	NET	3	mod fracture, NET: qtz+mag+pyr VL: qtz+pyr		20
BDH-007	323.00	325.00	T	LTI	CMB	3	NET	0.8	SNG:qtz, VL:0,11 % - pyr and mag diss mag, pyr, plg 5%, fgr diorite diss mag, pyr, plg 5%, fgr diorite		21

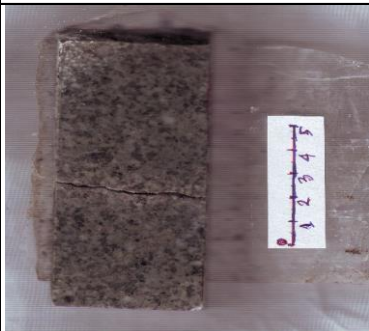
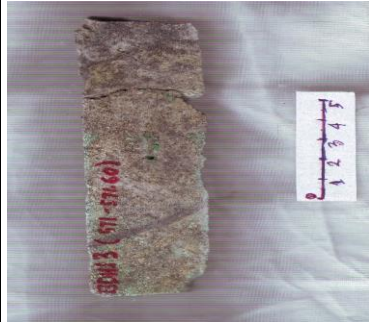
HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMP EL	
BDH-007	393.00	395.00	T	ETI	CMB	3	-	-	spoty pyrite, pyrite fill in fracture, mod fracture		22
BDH-007	439.00	441.00	T	ETI	CMB	3	VL	2.1	mode fracture, pyrite fill in fracture		23
BDH-007	489.00	491.00	T	ETI	CMB	3	NET	1.1	diss pyrite, some pyrite as VL, qtz vein cut by pyr vein @490.00 m		24
BDH-009	254.00	256.00	T	FDI	CMB	3	NET	2.7	Diss pyrite + epi, diss mag spotted, as V1 and occured with pyrite + cpy, NET qtz V1 '@255.66m		25

HOLE ID	DEPTH FROM	DEPTH TO	FORMATION	LITH CODE	ALT CODE	ALTERATION INTENSIT	VEIN STYLE	VEIN PCT	LITH DESCR	NOMER SAMP
BDH-009	364.00	366.00	T	ITI	ADC	3	NET	1.8	Intense of sericite, pyr diss, qtz VN but no orientation w/ pyr + cpy + mol, cpy occurred with pyr diss on qtz vn,	26
BDH-009	398.00	400.00	T	ITI	CMB	2	SNG	1	Diss epi 1%, halo ser alt, carbonate in fractured, slightly fractured	27
BDH-009	400.00	402.00	T	ITI	CMB	2	SNG	1.3	Dis pyr, intense of crosscutting qtz V1 @401.40m, which ass w/ pyr., gypsum VL @400.90m,	28
BDH-009	450.00	452.00	T	ITI	CMB	3	NET	1.2	Diss pyr + cpy + mag, @450.72-450.94m, cross cutting (Qtz VL with SER as halo alt) with mag Vs : @451.46-451.76m,	29
BDH-011	0.00	2.00	Qa	COL	LIT	3	-	-	Soil with root,	30

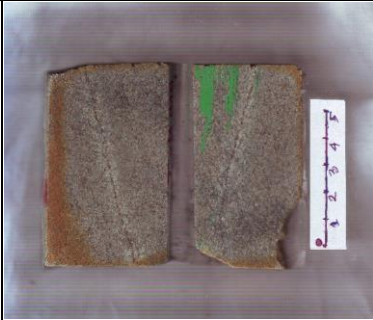
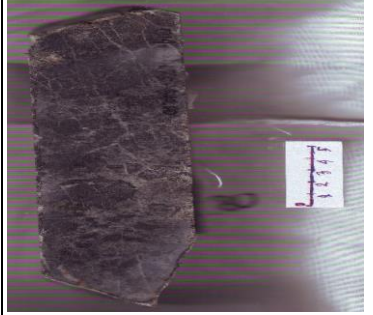
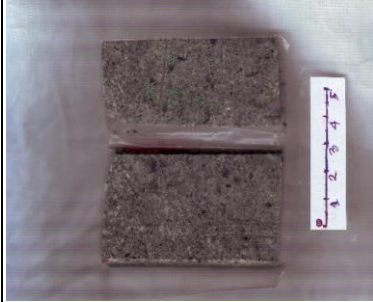
HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMP	
BDH-011	72.00	74.00	T	DIO	ARG	2	-	-	cross cut ANH VL@ 73.10, rock color change from light grey to dark grey @73.00, k-feid star @ 72.10m.		31
BDH-011	112.00	114.00	Tomp	LPF	ARG	2	-	-	Diss pyr < 5%, spotty chlorite 1%, low mag, moderate fracture.		32
BDH-011	332.00	334.00	T	ITI	CMB	2	NET	0.5	ACA 30 - 40o,Cross cut vuggy VL diss pyr + mag + cpy + qtz, intense cpy + epi + ch		33
BDH-011	372.00	374.00	T	IBX	CMB	2	NET	2.1	diss mag, diss pyr+cpy, breccia tex (silica flooding) mod SE alt,		34
BDH-011	399.00	401.00	T	LTI	CMB	1	SNG	0.3	FGR Hrb ~ 1%, SNG calcite VS '@ 399.00 calcite VS @ 399.00, SNG qtz VS @ 399.73		35

HOLE ID	DEPTH FROM	DEPTH TO	FORMATION	LITH CODE	ALT_CODE	ALTERATION INTENSIT.	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH DESCR	NOMER SAMP
BDH-011	492.00	494.00	T	ITI	CMB	3	-	-	Diss pyr + cpy (fine grained size), highly fracture mostly fill with carbonate.	 36
BDH-011	672.00	674.00	T	ITI	ADC	3	-	-	Diss pyr + Disseminated cct specially @ 673.05 - 673.50 m,	 37
BDH-012	128.00	130.00	Tomp	CTF	CMB	3	QVN	0.8	QVN - VL, with mineralization in vein pyr - mag, slightly fracture, diss pyr - mag.	 38
BDH-012	236.00	238.00	T	ITI	BIO	2	SNG	0.3	SNG Vn gypsum fill in chl + pyr @ 236,3m	 39
BDH-012	264.00	266.00	T	LTI	CMB	3	VL	0.9	@ 265,00 D vein cut by vein gypsum	 40

HOLE ID	DEPTH FROM	DEPTH TO	FORMATION	LITH CODE	ALT_CODE	ALTERATION INTENSIT	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMP
BDH-012	316.00	318.00	T	ITI	CMB	3	-	-	@317.00 D Vein with SE as halo alt, carbonat fill in fracture	41
BDH-012	430.00	432.00	T	LTI	CMB	3	SNG	0.8	intense of gypsum VL, Pyr diss and VS abundant, patchy Cpy, 'pyrite ass with gypsum	42
BDH-012	453.00	454.30	Tomp	CTF	CMB	3	NET	0.6	gradational contact with CTF, carbonate fill in fracture'	43
BDH-013	205.00	207.00	Tomp	LPF	SCC	2	BVN	2	BVN @ 205.40 m mineralization pyr + mol, slightly fracture.	44
BDH-013	237.00	239.00	T	ITI	SCC	2	BVN	1.5	stringers mag, B - vein @237.70 m mineralization pyr - mol,	45

HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIF.	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMPPL	
BDH-013	401.00	403.00	T	ITI	CMB	3	NET	0.2	VL qtz @402,10 with pyr mineralization, diss pyr, mod halo sericite,		46
BDH-013	475.00	477.00	T	LTI	CMB	3	VS	0.1	pyr and mol mostly ass with QVN, MVN(?), diss pyr		47
BDH-013	571.00	573.00	T	LTI	CMB	3	-	-	pyr fill in fracture, spotty mag		48
BDH-013	573.00	575.00	T	LTI	CMB	3	SHE	0.8	contact with ETI @574.30m, AVN: 7VL/m, diss pyr, pyr fill in fracture		49
BDH-013	577.00	579.00	T	ETI	CMB	2	STW	3.4	QVN (STW) : 15 VL/m, diss pyr, pyr + cpy + Bor + cct fill in fracture, patchy mag, shreedy CHL (?)		50

HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMP	
BDH-013	587.00	589.00	T	ETI	CMB	3	STW	5.4	AVN @588.50m, STW;~18 VL/m, FGR cpy (?), mol ass with QVN, some cpy + pyr ass with QVN,		51
BDH-013	621.00	623.00	T	ETI	CMB	3	NET	1	patchy CPY associated with pyr and magnetite ; mol (?) @621.90m A- Vein cross cut with mag veinlet		52
BDH-013	729.00	731.00	T	ITI	CMB	3	NET	0.9	CPY spotted ; @729.95 NET qtz vein ; 731.80m A- Vein associated with pyr stringer ; slightly fractured		53
BDH-013	881.00	883.00	T	ETI	ADC	4	NET	1.9	diss pyr ; spotted CPY + Chalcocite ; quartz rich texture ; A-Vein - B-Vein associated ;		54
BDH-014	52.00	54.00	Tomp	LPF	ARG	2	-	-	Diss pyr, vugy associated pyr, pyr fill in fracture, mod fracture		55

HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMP	
BDH-014	204.30	204.40	Tomp	LPF	SCC	2	NET	0.6	NET (B Vein cut by D Vein cut by Qtz Vs), with mineralisation		56
BDH-014	339.00	341.00	T	IBX	CMB	1	VL	0.3	Slightly structure, diss pyr (≤ 17) + CCT + bornite fill in fracture, slightly epidote (?) intense QVN stringer, 3.9 VS/M, mod magnetite MVN 2-3 Vs/M		57
BDH-014	341.00	343.00	T	IBX	CMB	1	VL	0.8	SAB, QVN stringer 8 Vs/M, MVN 1-2 Vs/M		58
BDH-014	436.00	438.00	T	LTI	CMB	2	VS	0.2	Slightly structure, diss pyr fill I fracture, mod magnetite, xenolith magnetite, weak biotite + hornblende		59
BDH-014	464.00	466.00	T	LTI	CMB	2	VS	0.3	Slightly structure, diss pyr + cpy fill in fracture, xenolith magnetite, mod strong magnetite, shready chlorite (?), Ø Qtz eyes 2Mm		60

HOLE ID	DEPTH FROM	DEPTH TO	FORMATION	LITH CODE	ALT CODE	ALTERATION INTENSIT.	VEIN STYLE	VEIN PCT	LITH DESCR	NOMER SAMP
BDH-015	147.00	149.00	T	LTI	CMB	1	-	-	Cae VS = 1 VS/m, HRB ~ 1%, plg ~ 2%	61
BDH-015	360.00	362.00	T	ITI	BIO	4	STW	3.4	Highly fracture, diss mag, FGR PYR + CPY, QVN @ 360.40M, AVN : 2 VN/M	62
BDH-015	366.00	368.00	T	ITI	BIO	4	STW	4.1	AVN (NET), 16 VL/M, diss mag, carbonate fil in fracture, FGR CPY + PYR fill in fracture, PYR hairline, ~ 2 VS/M	63
BDH-017	125.00	127.00	Tomp	LPF	CMB	3	-	0.2	@ 125.00 contact altered SCC with CMB (chl + mag), with intense magnetite, @ 125.80 texture breccia ?, diss pyr + cpy and fill in fracture, Qtz vein 1 VL/M, patchy chl and halo mag, mod fracture mag	64
BDH-017	283.00	285.00	Tomp	CTF	CMB	3	SNG	1	Mod fracture, diss pyr ± cpy fill in fracture, QVN 4 VI/M, DVN (stringer) 3 Vs/M	65

HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH_CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSITY	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMPPL
BDH-017	459.00	461.00	T	ETI	ADC	0	SNG	0	Diss pyr and CCT fill in fracture, DVN (stringer) 2 Vs/m, QVN 2 VI/M, mod highly fracture	66
BDH-017	465.00	467.00	T	ETI	ADC	0	SNG	3	Diss pyr, CCT fill in fracture, mol spotted, intense SNG QVN 4 Vn/M, QVN (stringer) 5 Vs/M, DVN (stringer) 2 Vs/m, mod fracture	67
BDH-017	467.00	469.00	T	ETI	ADC	0	SNG	3	Intense QVN 10 VI/M, DVN (stringer) 4 Vs/M, center line pyr ass with QVN, mod fracture, diss pyr and CCT fill in fracture	68
BDH-017	649.00	651.00	T	ITI	ADC	3	STW	12	@649.70m B vein with mineralisation pyr in center line, abundan pyr fill in fracture, spotted CCT diss pyr, STW QTZ Vein stringer, 0.3%, D Vein (stringer) vuggy QTZ @ 649.00 - 649.30m, chlorite alt, weak fracture	69
BDH-018	510.00	512.00	Tomp	CTF	SCC	4	QVN	1.5	CTF, slightly fracture, sp pyr, pyr fill fract, dom anhydrite vein with QVN @ 1.5/m	70

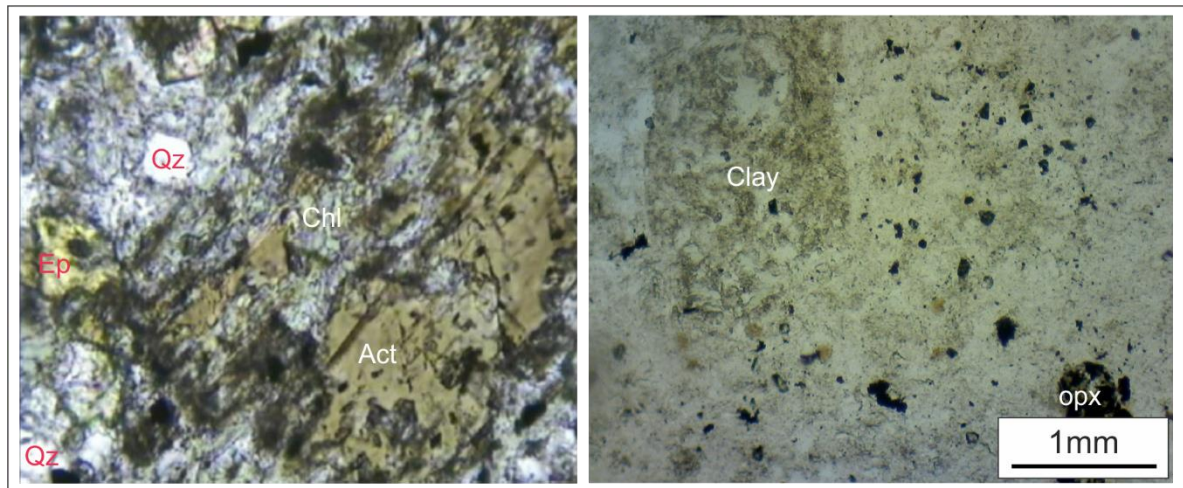
HOLE_ID	DEPTH_FROM	DEPTH_TO	FORMATION	LITH CODE	ALT_CODE	ALTERATION_INTENSIT.	VEIN_STYLE	VEIN_PCT	LITH_DESCR	NOMER SAMPAL	
BDH-018	512.00	514.00	Tomp	CTF	SCC	3	QVN	-	CTF, slightly fracture, sp pyr, pyr fill fract, QVN @ 4/m VS/M		71
BDH-018	717.00	719.00	T	LTI	CMB	3	QVN	-	LTI, Diss pyr, pyr fill in fracture, mod QTZ eyes in fracture, CMB QVN @ 5/M, magnetite Vs/m, DVN @ 0.01%, cutting QVN & fill QVN		72
BDH-019	84.00	86.00	Tomp	LPF	SCC	2	-	-	Disseminated pyr, mostly fill in fracture, Ø fragmen lapili 2-10mm, highly fracture, broken core,		73
BDH-019	188.00	190.00	Tomp	LPF	SCC	3	-	-	Disseminated pyr, Ø fragmen lapili 2-20mm, highly fracture		74

LAMPIRAN C
Analisis Petrografi

Lp32

Kode Sampel : 3

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,2 – 2mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh mineral lempung, kuarsa dan pirofilit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

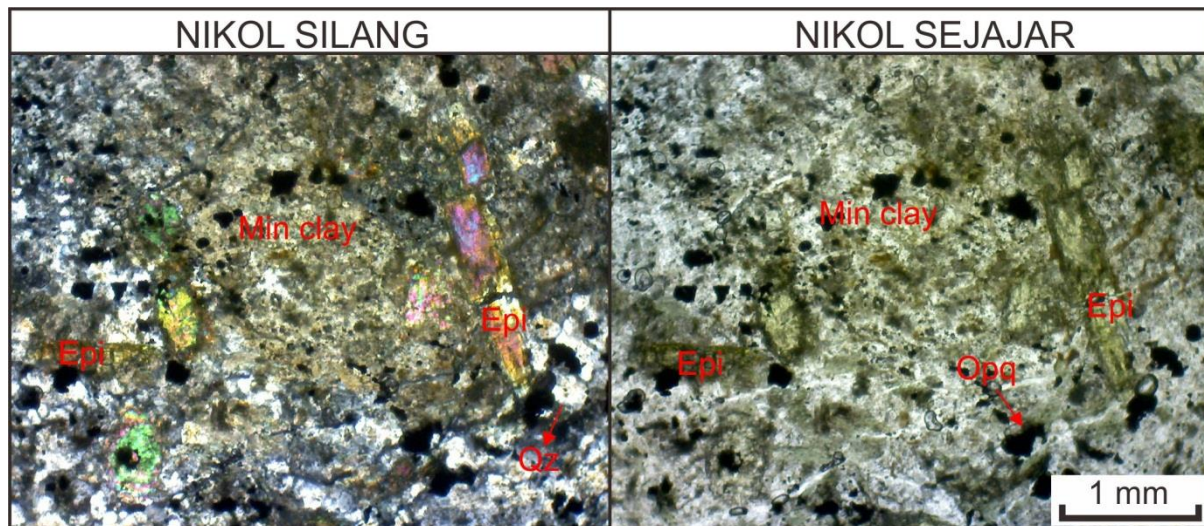
1. **Klorit**
(10%), Berwarna coklat kehitaman-kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,2 mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik.
2. **Aktinolit**
(35%), hijau kecoklatan, ubahan dari hornblend fenokris, menyebar dengan ukuran butir < 1 mm.
3. **Kuarsa**
(40%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir < 0,1-0,4 mm, hadir setempat pada sayatan.
4. **Epidot**
(15%), Berwarna kuning kecoklatan, relief tinggi, ukuran butir 0,1-0.4mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Diorit (Streickeisen,1976) teralterasi profilitik.

Lp33

Kode Sampel : 6

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem- kuning kehijauan; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,2 – 2mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh plagioklas, kuarsa, mineral lempung, klorit dan epidot.

Komposisi :

Mineral primer

1. Plagioklas

(25%), warna kuning terang, relief rendah, bentuk kristal subhedral-anhedral, ukuran butir 1 mm - <1mm, prismatic, menyebar pada sayatan dan telah berubah di beberapa tempat menjadi mineral epidot, kembaran dan bentuk kristal tidak terlihat jelas.

2. Kuarsa

(20%), Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Mineral sekunder :

1. Klorit

(15%), Berwarna coklat kehitaman-kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,3 mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik.

2. Mineral lempung (Illit?)

(10%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.

3. Mineral opak

(5%) Berwarna hitam, bentuk prismatic panjang dan granular, ukuran butir 0,2-0,3 mm, hadir menyebar pada sayatan.

4. Epidot

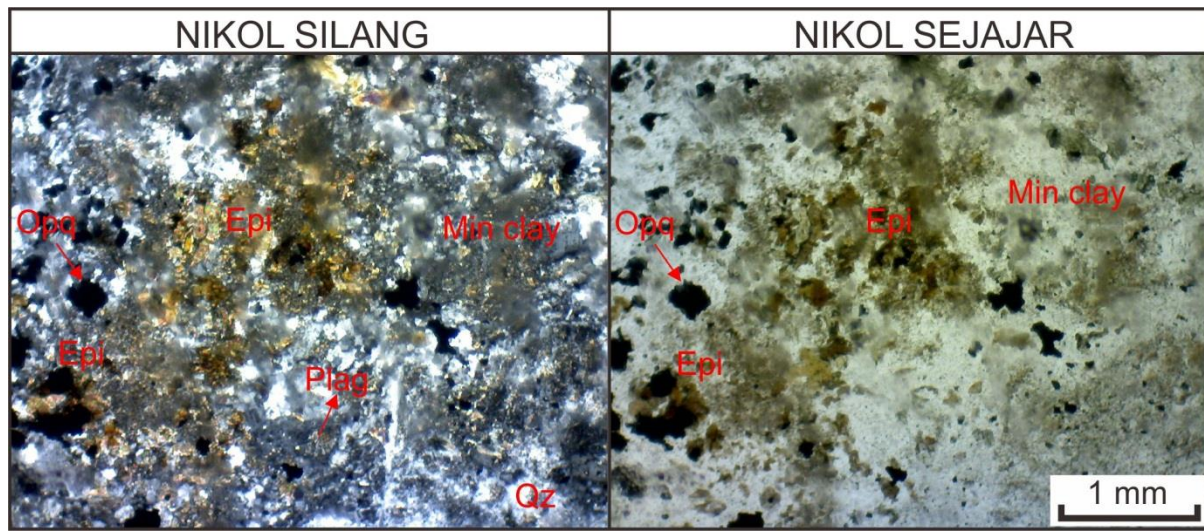
(25%) Berwarna kuning, relief tinggi, ukuran butir 0,4-2mm, hadir tersebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tonalit (Streckeisen,1976) teralterasi propilitik.

Lp34

Kode Sampel : 7

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem- kuning kehijauan; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,2 – 1,5mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh plagioklas, mineral lempung, k feldspar, kuarsa, kalsit, dan epidot.

Komposisi :

Mineral primer

1. **Plagioklas**
(10%), warna kuning terang, relief rendah, bentuk kristal subhedral-anhedral, ukuran butir 1 mm - <1mm, prismatic, menyebar pada sayatan dan telah berubah di beberapa tempat menjadi mineral epidot, kembaran dan bentuk kristal tidak terlihat jelas
2. **Kuarsa**
(20%), Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Mineral sekunder :

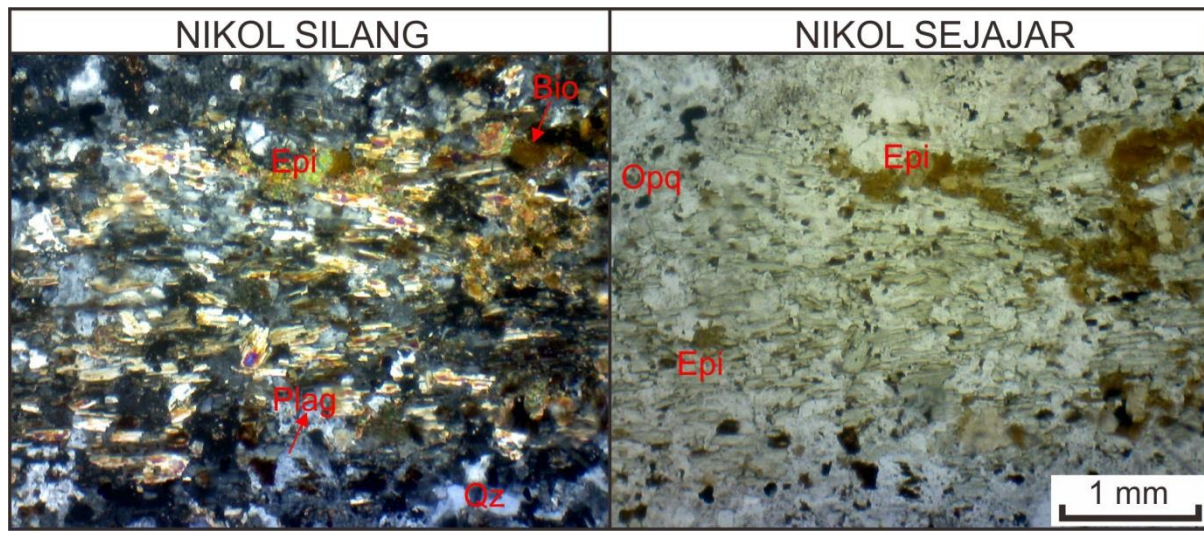
1. **Mineral lempung (Illit?)**
(10%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.
2. **Mineral opak**
(10%) Berwarna hitam, bentuk prismatic panjang dan granular, ukuran butir 0,4-1,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.
3. **Epidot**
(25%) Berwarna kuning, relief tinggi, ukuran butir 0,1-1mm, hadir menyebar pada sayatan.
4. **Kuarsa**
(40%) Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.
5. **Kalsit**
(5%) Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Nama Batuan: Tonalit (Streckeisen,1976) teralterasi propilitik

Lp35

Kode Sampel : 10

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat sedang (0,2-1 mm) pasir sangat halus, didukung oleh matrik, bentuk butir menyudut - membundar tanggung, terpilah buruk, butiran saling saling mengambang (float contact)-bersentuhan (point contact), ; disusun oleh kuarsa, plagioklas, biotit, klorit, k feldspar, mineral opak, dan epidot.

Komposisi :

Mineral primer

1. Plagioklas

(15%), warna kuning terang, relief rendah, bentuk kristal subhedral-anhedral, ukuran butir 1 mm - <1mm, prismatic, menyebar pada sayatan dan telah terubah di beberapa tempat menjadi mineral epidot, kembaran dan bentuk kristal tidak terlihat jelas

2. Kuarsa

(5%), Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Mineral sekunder :

1. Biotit

(15%), Berwarna coklat; relief tinggi; pleokroik kuat; bentuk Kristal subhedral-anhedral; hadir setempat pada sayatan.

2. Klorit

(5%), Berwarna coklat kehitaman-kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,3 mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik.

3. K feldspar

(10%), Berwarna putih; relief sedang; menunjukkan adanya belahan; bentuk kristal subhedral-anhedral; hadir menyebar dalam sayatan.

4. Mineral opak

(10%) Berwarna hitam, bentuk prismatic panjang dan granular, ukuran butir 0,2-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

5. Kuarsa

(25%), Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

6. Epidot

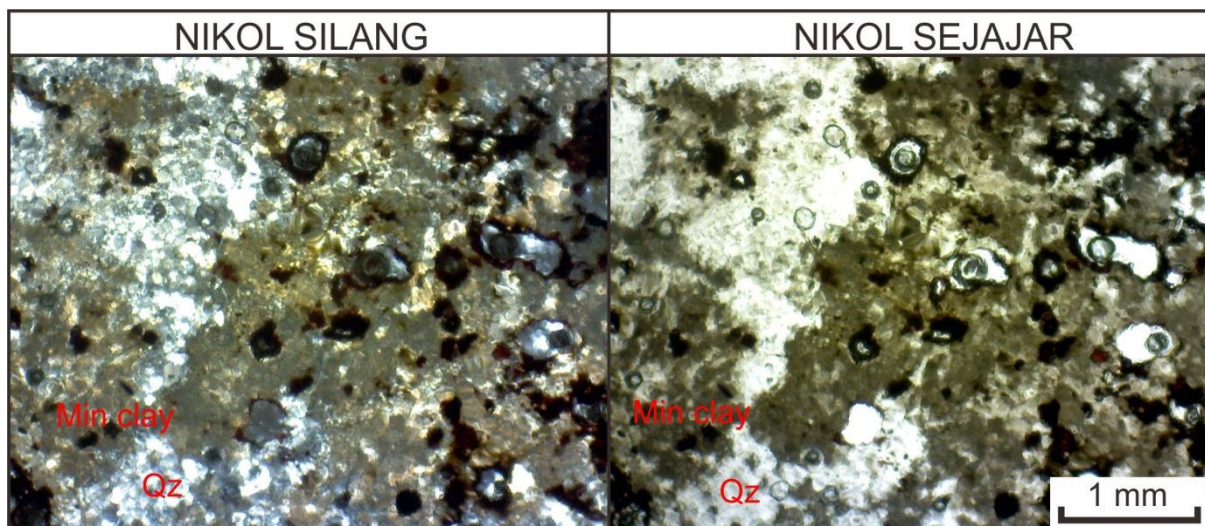
(15%) Berwarna kuning, relief tinggi, ukuran butir 0,1-0,5mm, hadir menyebar pada sayatan.

Nama Batuan: Tuf lapili teralterasi potasik

Lp36

Kode Sampel : 13

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat sedang (0,2-1 mm) pasir sangat halus, didukung oleh matrik, bentuk butir menyudut - membundar tanggung, terpilah buruk, butiran saling saling mengambang (float contact)-bersentuhan (point contact), ; disusun oleh Mineral lempung, kuarsa, dan pirofilit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. Mineral lempung (Illit?)

(40%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.

2. Kuarsa

(50%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir < 0,1-0,4 mm, hadir setempat pada sayatan.

3. Pirofilit

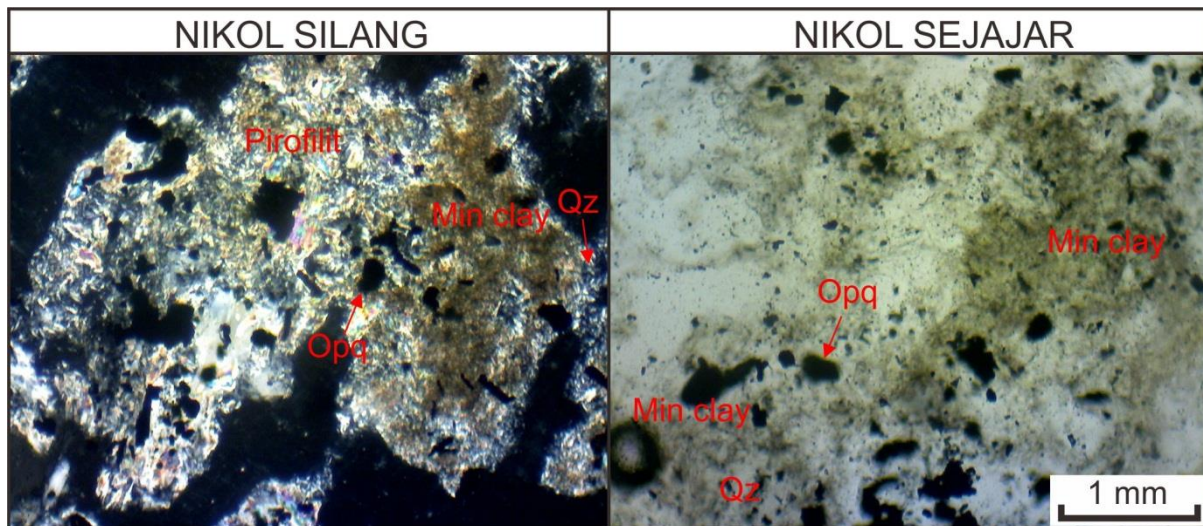
(10%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir < 0,1mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tuf lapili teralterasi argilik lanjut

Lp37

Kode Sampel : 16

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,2 – 2mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh mineral lempung, mineral opak, kuarsa dan pirofilit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

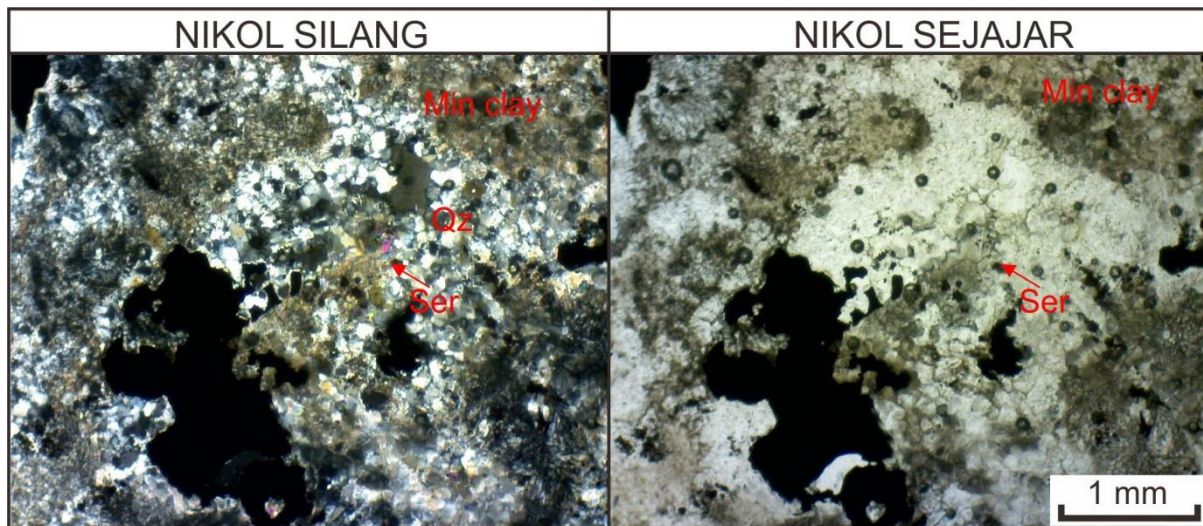
1. **Mineral lempung (Illit?)**
(20%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.
2. **Mineral opak**
(10%) Berwarna hitam, bentuk prismatic panjang dan granular, ukuran butir 0,2-2 mm, hadir menyebar pada sayatan.
3. **Kuarsa**
(40%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir < 0,1-0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan.
4. **Pirofilit**
(30%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-<0,1mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tonalit (Streckeisen,1976) teralterasi argilik lanjut

Lp38

Kode Sampel : 19

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat sedang (0,2-2 mm) pasir sangat halus, didukung oleh matrik, bentuk butir menyudut - membundar tanggung, terpilah buruk, butiran saling saling mengambang (float contact)-bersentuhan (point contact), ; disusun oleh Mineral lempung,mineral opak, kuarsa, epidot, dan serisit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

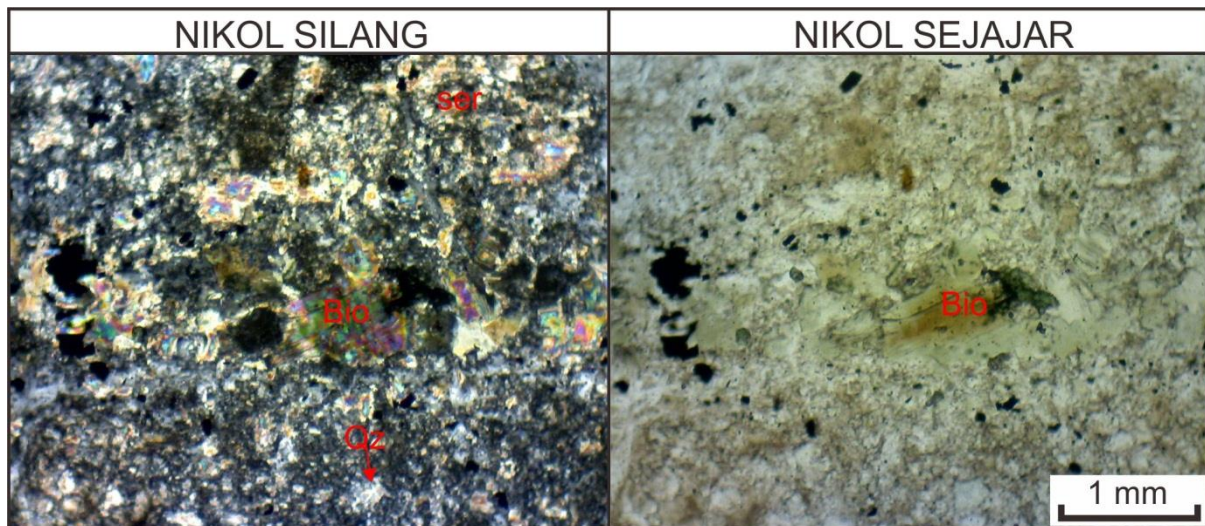
1. **Mineral lempung (Illit?)**
(10%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.
2. **Mineral opak**
(10%) Berwarna hitam, bentuk prismatic panjang dan granular, ukuran butir 0,2-2 mm, hadir menyebar pada sayatan.
3. **Kuarsa**
(45%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir < 0,1-0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan.
4. **Epidot**
(5%) Berwarna kuning, relief tinggi, ukuran butir 0,1-0,5mm, hadir menyebar pada sayatan.
5. **Serisit**
(30%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir < 0,1 mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tuf lapili teralterasi argilik

Lp39

Kode Sampel : 25

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku Plutonik; warna putih krem-kuning; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,3 mm – 2,5 mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh biotit, kuarsa, epidot, dan serisit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

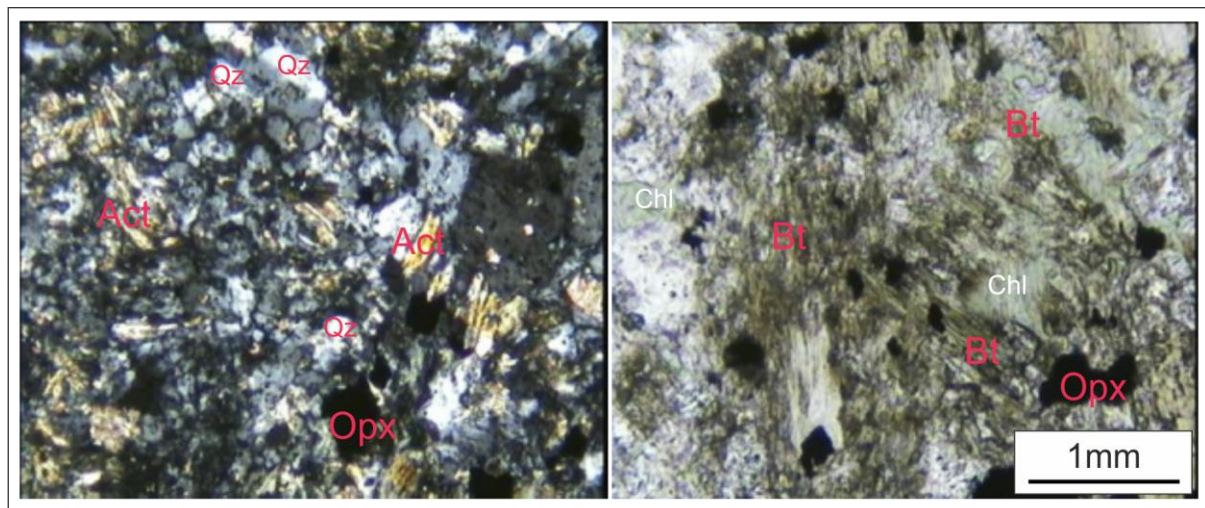
1. **Biotit**
(5%) Berwarna coklat; relief tinggi; pleokroik kuat; bentuk Kristal subhedral-anhedral; hadir setempat pada sayatan.
2. **Kuarsa**
(35%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir < 0,1-0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan.
3. **Epidot**
(40%) Berwarna kuning, relief tinggi, ukuran butir 0,1-0,5mm, hadir menyebar pada sayatan.
4. **Serisit**
(20%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Diorit (Streickeisen,1976) teralterasi filik

Lp40

Kode Sampel : 26

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fenerik sedang – fenerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 1,5mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh mineral lempung, mineral opak, kuarsa dan pirofilit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

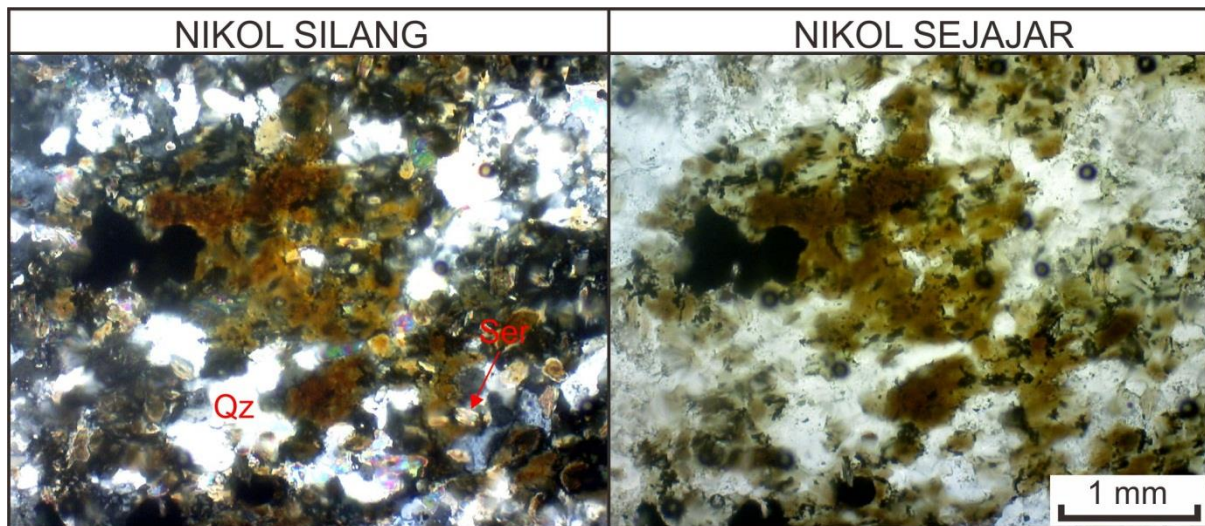
1. **Biotit**
(40%), Berwarna coklat-hijau; relief tinggi; pleokroik kuat; bentuk Kristal subhedral-anhedral; hadir merata pada sayatan.
2. **Klorit**
(10%), Berwarna abu abu - kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,3 mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik
3. **Mineral Lempung (Aktinolit/Trenolit?)**
(10%), Berwarna kuning-abuabu, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.
4. **Mineral opak**
(10%), Berwarna hitam, bentuk prisma panjang dan granular, ukuran butir 0,2-2 mm, hadir menyebar pada sayatan.
5. **Kuarsa**
(30%), Berwarna putih terang, relief rendah, ukuran butir < 0,1-0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Nama Batuan: Tonalit (Streckeisen,1976) teralterasi potasik.

Lp41

Kode Sampel : 29

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 1mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh mineral lempung, mineral opak, kuarsa dan pirofilit; disusun oleh kuarsa dan serisit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. Kuarsa

(50%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir 0,3mm-01 mm, hadir menyebar pada sayatan.

2. Serisit

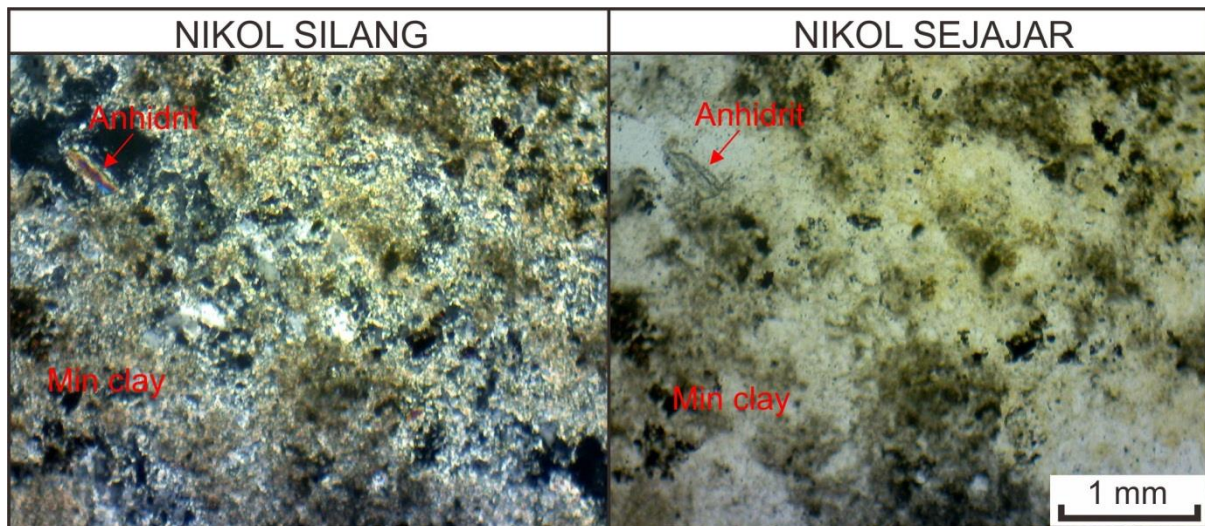
(50%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1-0,3mmmm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tonalit (Streichisen,1976) teralterasi filik

Lp42

Kode Sampel : 32

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 1mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh mineral lempung dan anhidrit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

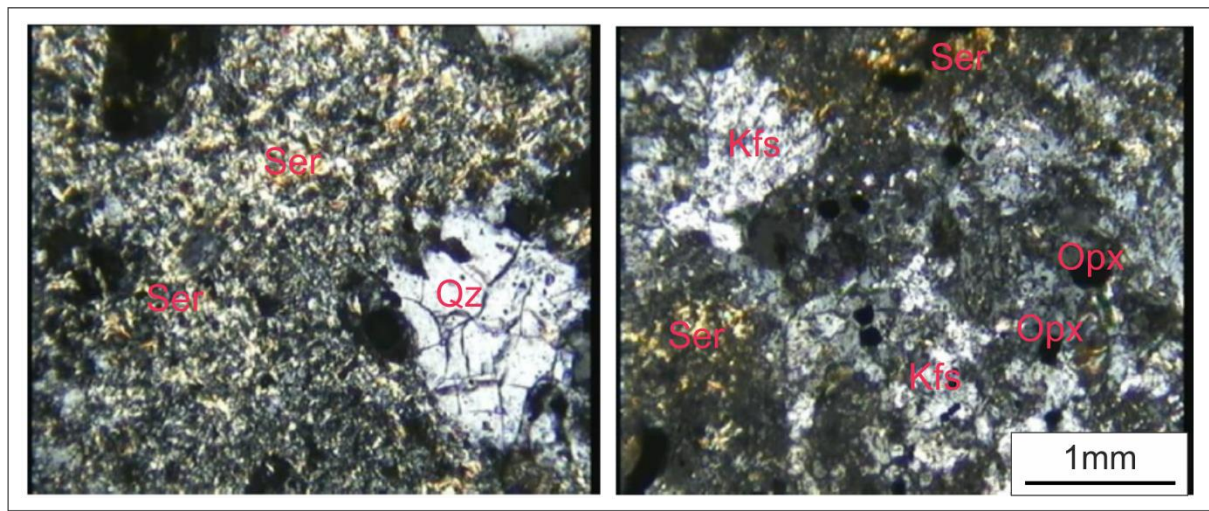
1. **Mineral lempung (Illit?)**
(95%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.
2. **Anhidrit**
(5%), Berwarna kuning gelap kebiruan, relief rendah-sedang, ukuran butir 0,4 mm, hadir setempat pada sayatan.

Nama Batuan: Tonalit (Streckeisen,1976) teralterasi argilik lanjut

Lp43

Kode Sampel : 63

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 3mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh serisit, mineral lempung, k feldspar, mineral opak.

Komposisi :

Mineral sekunder :

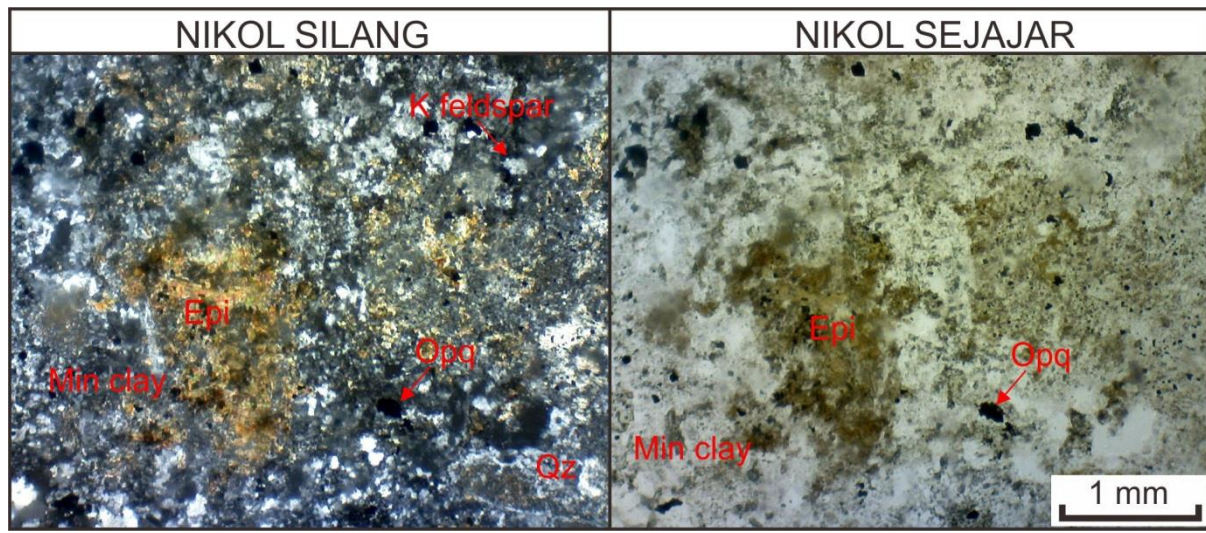
1. **Serisit**
(30%), Berwarna kuning coklat; relief rendah; ukuran butir 0.1-0.3mm; bentuk Kristal subhedral-anhedral; hadir merata pada sayatan.
2. **K-feldspar**
(30%), Berwarna putih; relief sedang; menunjukkan adanya belahan; bentuk kristal subhedral-anhedral; hadir menyebar dalam sayatan.
3. **Mineral opak**
(10%) Berwarna hitam, bentuk prismatic panjang dan granular, ukuran butir 0,2-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.
4. **Kuarsa**
(30%), Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Nama Batuan: tonalit teralterasi filik.

Lp44

Kode Sampel : 53

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 1mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh klorit, mineral lempung, k feldspar, mineral opak, kuarsa, dan kalsit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. Klorit

(10%), Berwarna coklat kehitaman-kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,3 mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik.

2. Mineral lempung

(15%), Berwarna kuning-abuabu, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan..

3. K feldspar

(25%), Berwarna putih; relief sedang; menunjukkan adanya belahan; bentuk kristal subhedral-anhedral; hadir menyebar dalam sayatan.

4. Mineral opak

(5%) Berwarna hitam, bentuk prisma panjang dan granular, ukuran butir 0,2-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

5. Kuarsa

(40%), Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

6. Kalsit

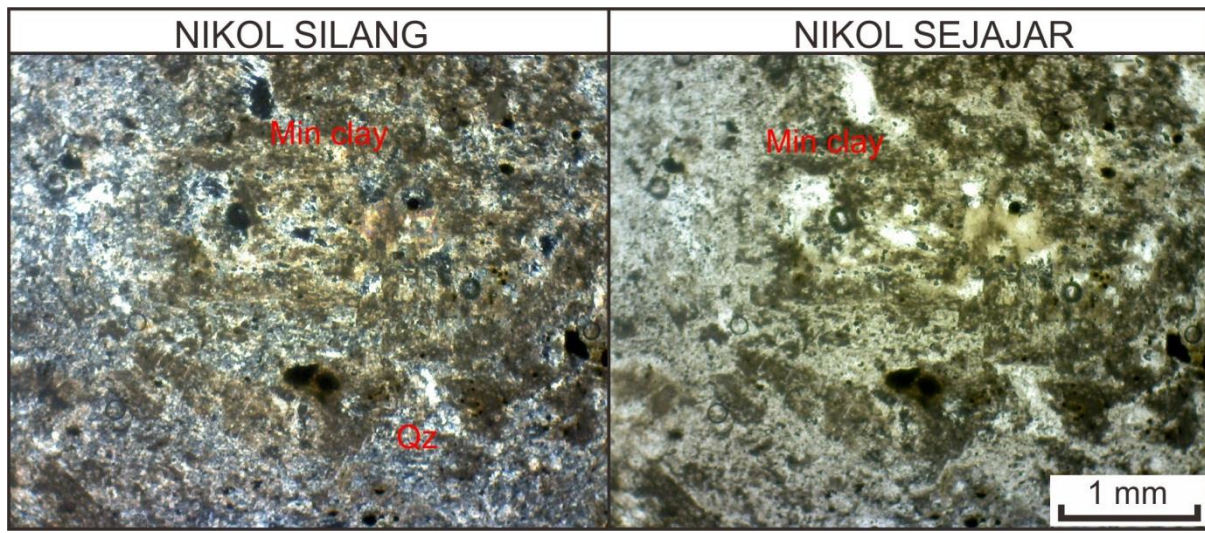
(5%), Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir setempat pada sayatan.

Nama Batuan: tonalit teralterasi potasik.

Lp45

Kode Sampel : 54

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 0,5mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh mineral lempung, dan kuarsa.

Komposisi :

Mineral sekunder :

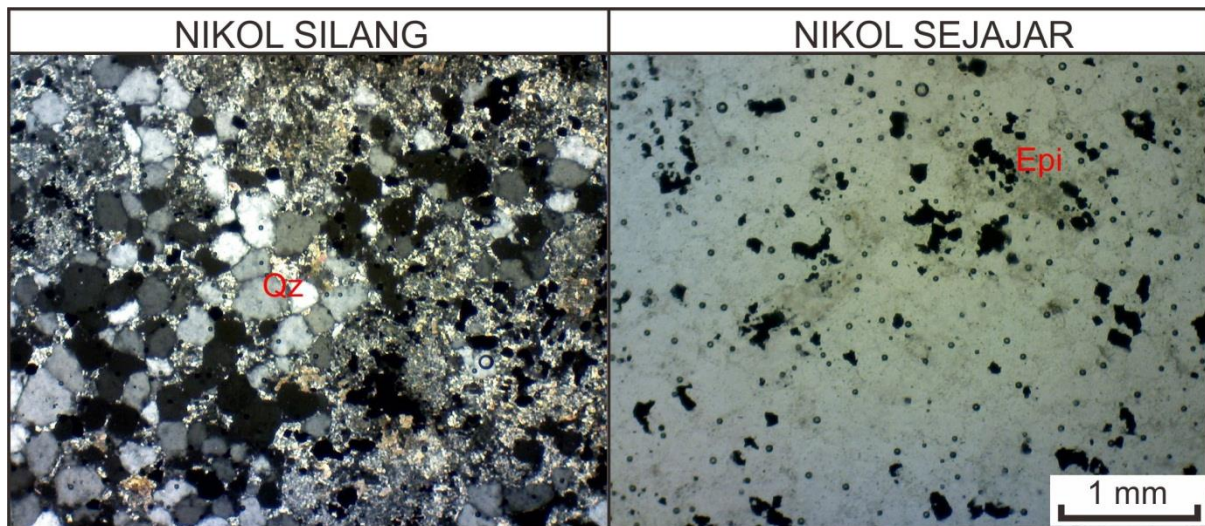
1. **Mineral lempung**
(75%), Berwarna kuning-abuabu, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan..
2. **Kuarsa**
(25%), Berwarna putih, ukuran butir 0,1-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Nama Batuan: tonalit teralterasi argilik

Lp46

Kode Sampel : 58

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem- kuning kehijauan; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,2 – 2mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh plagioklas, kuarsa, mineral lempung, klorit dan epidot.

Komposisi :

Mineral primer

1. Kuarsa

(10%), Berwarna putih, ukuran butir 0,1-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Mineral sekunder :

1. Klorit

(5%), Berwarna coklat kehitaman-kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,3 mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik.

2. Mineral opak

(20%) Berwarna hitam, bentuk prismatic panjang dan granular, ukuran butir 0,2-0,3 mm, hadir menyebar pada sayatan.

3. Kuarsa

(55%), Berwarna putih, ukuran butir 0,1-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

4. Epidot

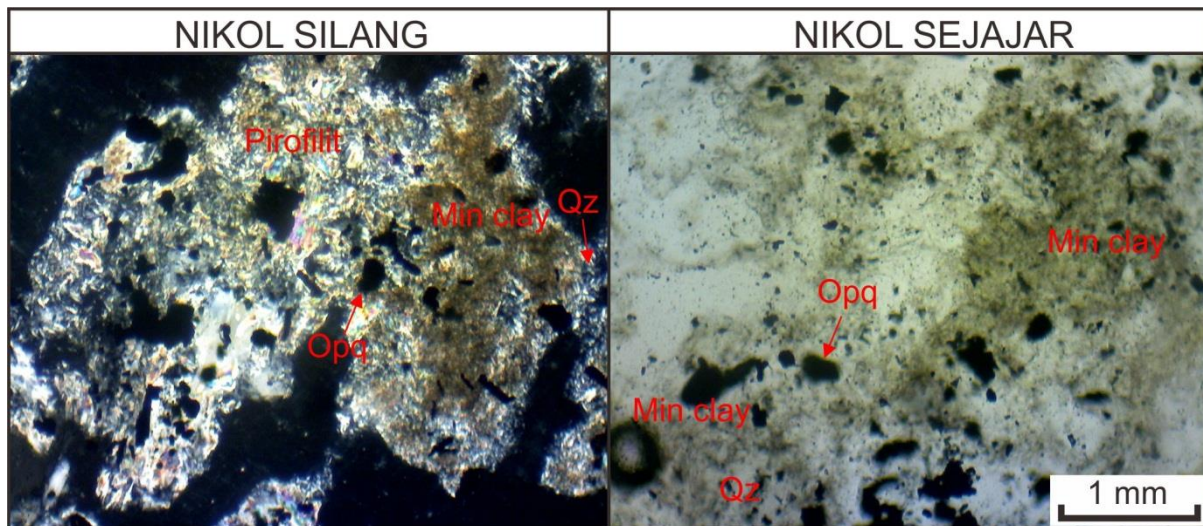
(10%) Berwarna kuning, relief tinggi, ukuran butir 0,1mm-0,3mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tonalit (Streckeisen,1976) teralterasi propilitik.

Lp47

Kode Sampel : 59

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 1mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh klorit, mineral lempung, mineral opak, kuarsa dan pirofilit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

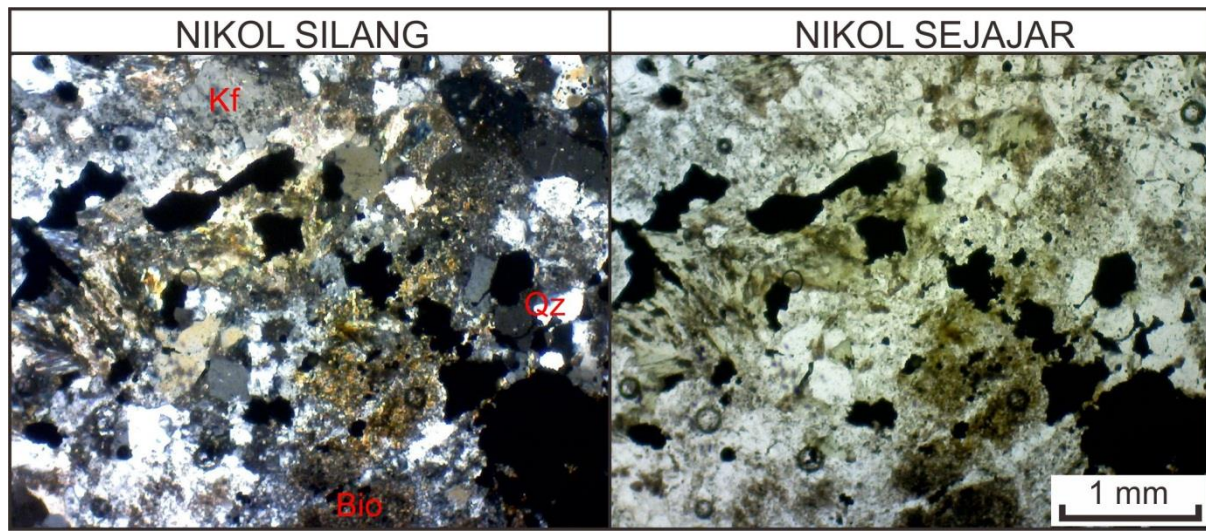
1. **Klorit**
(5%), Berwarna coklat kehitaman-kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,2 mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik.
2. **Mineral lempung (Illit?)**
(25%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.
3. **Kuarsa**
(50%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir 0,2mm-1 mm, hadir menyebar pada sayatan.
4. **Pirofilit**
(20%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,3mm-0,1mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tonalit (Streickeisen,1976) teralterasi argilik lanjut

Lp48

Kode Sampel : 62

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 3mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh biotit, klorit, mineral lempung, k feldspar, dan kuarsa.

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. Biotit

(60%), Berwarna coklat; relief tinggi; pleokroik kuat; bentuk Kristal subhedral-anhedral; hadir menyebar pada sayatan.

2. Klorit

(5%), Berwarna coklat kehitaman-kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,2 mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik.

3. Mineral lempung

(10%), Berwarna kuning-abuabu, ukuran butir < 0,004 mm, hadir setempat pada sayatan.

4. K feldspar

(15%), Berwarna putih; relief sedang; menunjukkan adanya belahan; bentuk kristal subhedral-anhedral; hadir menyebar dalam sayatan.

5. Kuarsa

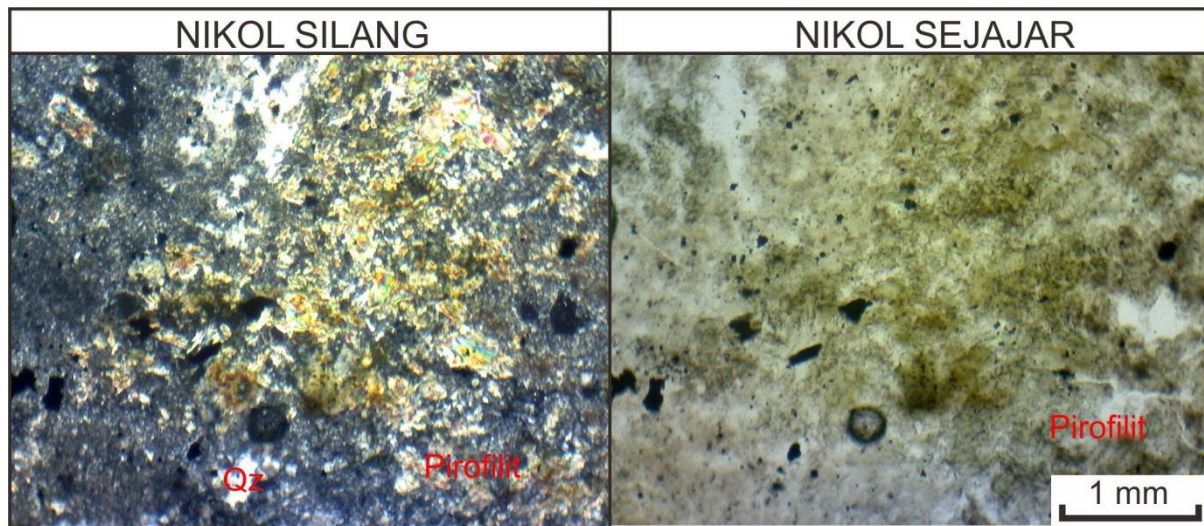
(10%), Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Nama Batuan: tonalit teralterasi potasik.

Lp49

Kode Sampel : 64

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat sedang (0,2-1 mm) pasir sangat halus, didukung oleh matrik, bentuk butir menyudut - membundar tanggung, terpilah buruk, butiran saling saling mengambang (float contact)-bersentuhan (point contact), ; disusun oleh kuarsa, pirofilit, serisit, dan andalusit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

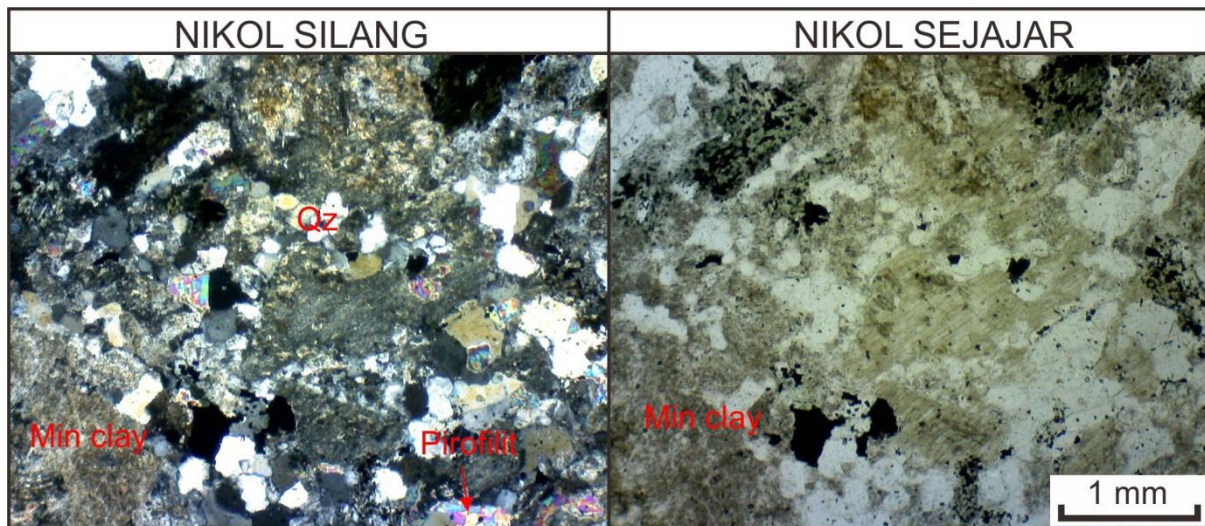
1. **Kuarsa**
(50%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan.
2. **Pirofilit**
(25%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir < 0,1mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.
3. **Serisit**
(20%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1-0,3mmmm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.
4. **Andalusit**
(5%), Berwarna putih kebiruan, relief sedang, ukuran butir 0,2mm, hadir setempat pada sayatan.

Nama Batuan: Tuf lapili teralterasi argilik lanjut

Lp50

Kode Sampel : 65

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat sedang (0,2-1 mm) pasir sangat halus, didukung oleh matrik, bentuk butir menyudut - membundar tanggung, terpilah buruk, butiran saling saling mengambang (float contact)-bersentuhan (point contact), ; disusun oleh Mineral lempung, kuarsa, dan pirofilit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

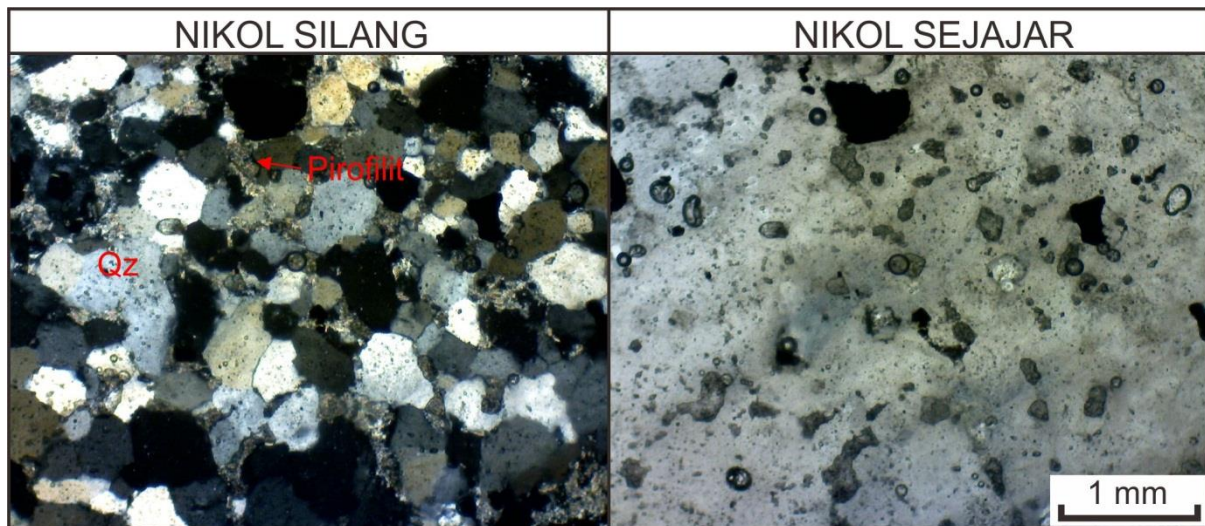
1. **Mineral lempung (Illit?)**
(50%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.
2. **Kuarsa**
(25%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan.
3. **Pirofilit**
(25%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-0,3mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tuf lapili teralterasi argilik lanjut.

Lp51

Kode Sampel : 67

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 2mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun kuarsa dan pirofilit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. Kuarsa

(70%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-2mm, hadir menyebar pada sayatan.

2. Pirofilit

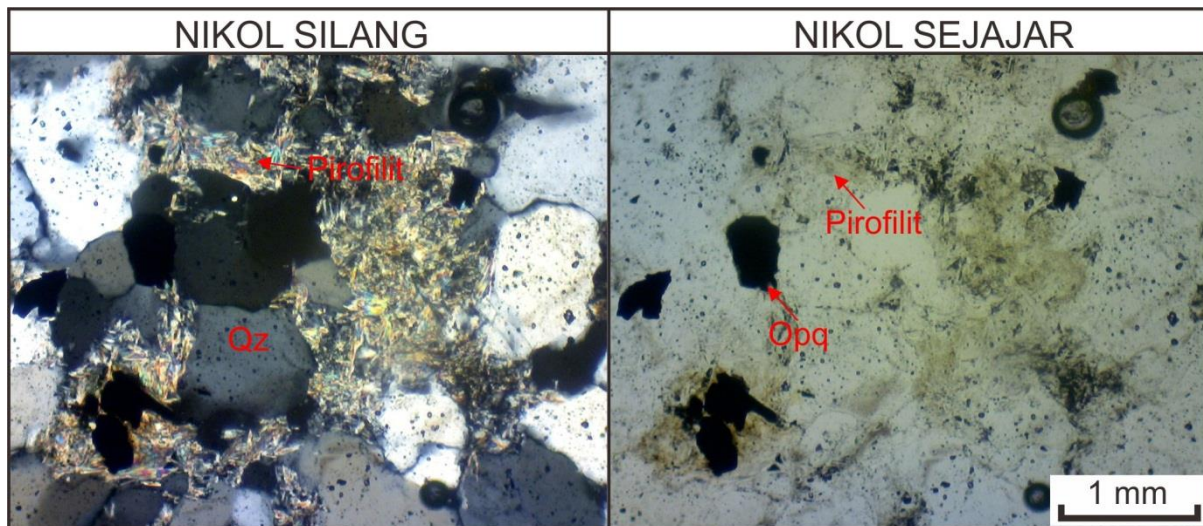
(30%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-0,4mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tonalit teralterasi argilik lanjut.

Lp52

Kode Sampel : 68

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,1 – 2mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun mineral opak, kuarsa dan pirofilit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

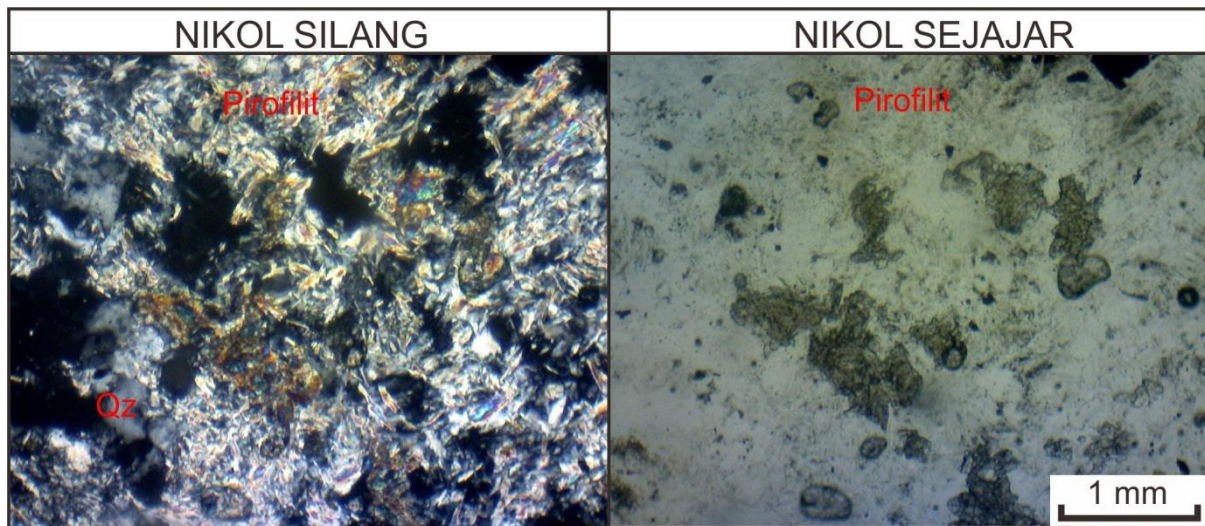
1. **Mineral opak**
(5%), Berwarna hitam, bentuk prismatic panjang dan granular, ukuran butir 0,2-0,3 mm, hadir menyebar pada sayatan.
2. **Kuarsa**
(70%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-2mm, hadir menyebar pada sayatan.
3. **Pirofilit**
(25%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-0,3mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tonalit teralterasi argilik lanjut.

Lp53

Kode Sampel : 69

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat sedang (0,2-1 mm) pasir sangat halus, didukung oleh matrik, bentuk butir menyudut - membundar tanggung, terpilah buruk, butiran saling saling mengambang (float contact)-bersentuhan (point contact), disusun kuarsa dan pirofilit.

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. Kuarsa

(30%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-2mm, hadir menyebar pada sayatan.

2. Pirofilit

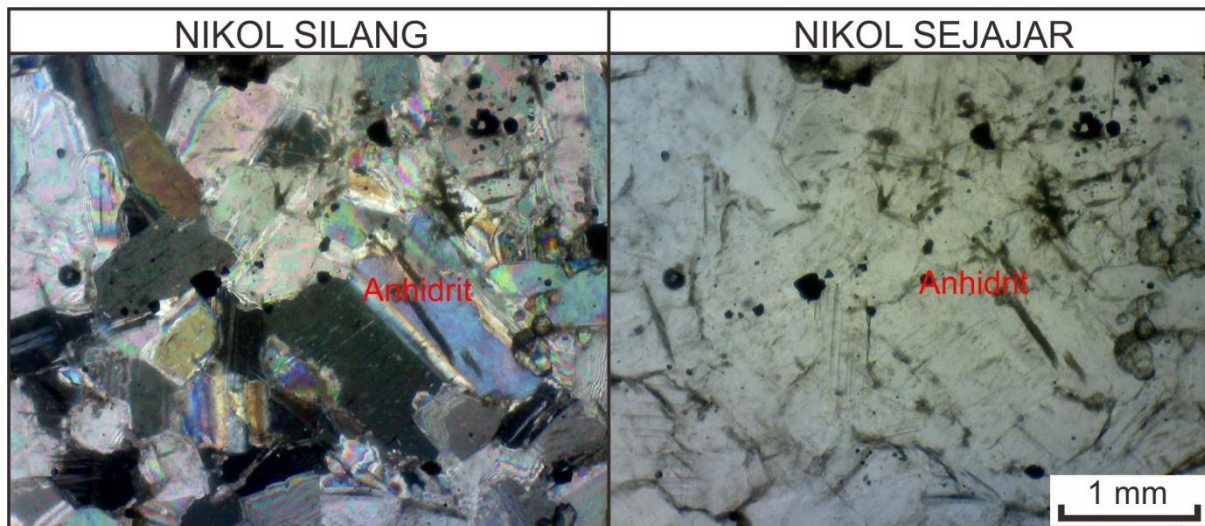
(70%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-0,4mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Tuf lapili teralterasi argilik lanjut.

Lp54

Kode Sampel : 70

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis urat yang terisi oleh mineral anhidrit; warna biru-kuning kecoklatan, ukuran butir 0,5-3mm. Disusun oleh mineral anhidrit

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. Anhidrit

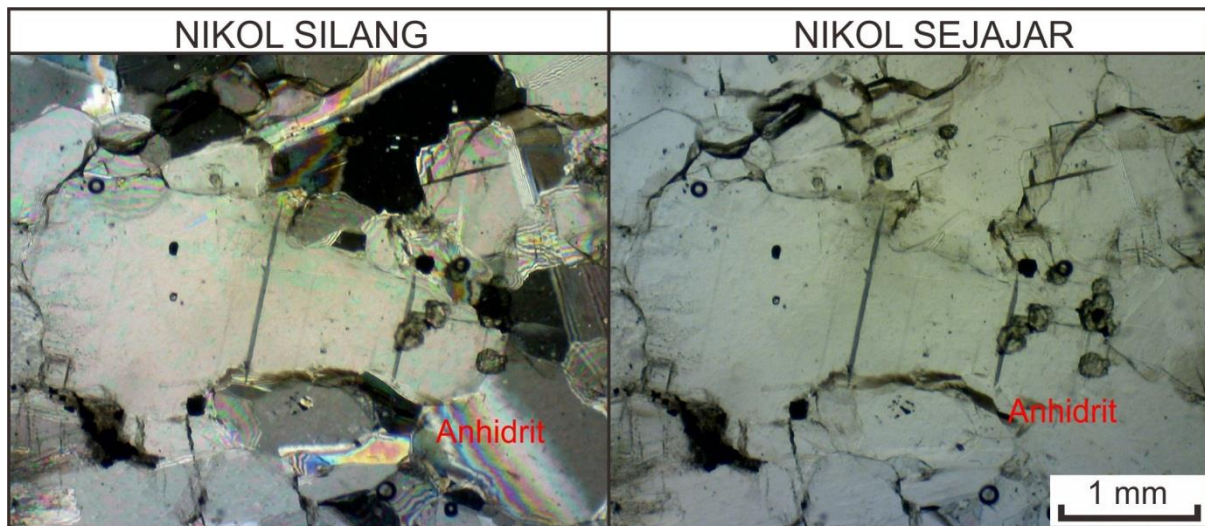
(100%), Berwarna kuning gelap kebiruan, relief rendah-sedang, ukuran butir 0,4 mm, hadir setempat pada sayatan.

Nama Batuan: Vein anhidrit

Lp55

Kode Sampel : 71

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis urat yang terisi oleh mineral anhidrit; warna biru-kuning kecoklatan, ukuran butir 0,5-3mm. Disusun oleh mineral anhidrit

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. Anhidrit

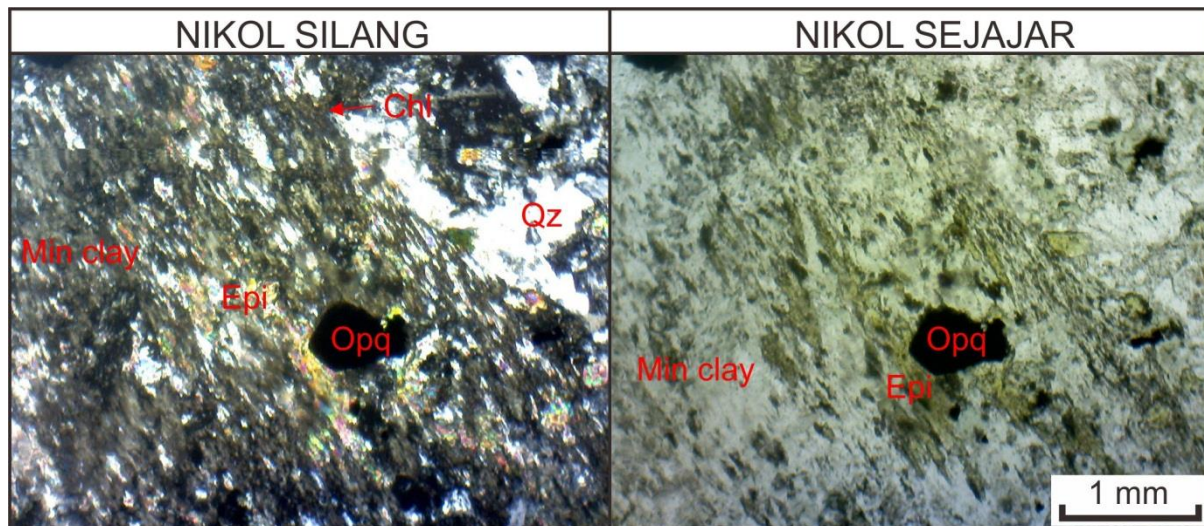
(100%), Berwarna kuning gelap kebiruan, relief rendah-sedang, ukuran butir 0,4 mm, hadir setempat pada sayatan.

Nama Batuan: Vein anhidrit

Lp56

Kode Sampel : 72

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan beku plutonik; warna putih krem- kuning kehijauan; kristalinitas holokristalin; granularitas fanerik sedang – fanerik halus; bentuk kristal euhedral – subhedral; ukuran kristal (0,2 – 2mm); relasi inequigranular porfiritik; disusun oleh plagioklas, mineral lempung, klorit, kuarsa, dan epidot.

Komposisi :

Mineral primer

1. Plagioklas

(10%), warna kuning terang, relief rendah, bentuk kristal subhedral-anhedral, ukuran butir 1 mm - <1mm, prismatic, menyebar pada sayatan dan telah berubah di beberapa tempat menjadi mineral epidot, kuarsa dan bentuk kristal tidak terlihat jelas

Mineral sekunder :

1. Klorit

(15%), Berwarna coklat kehitaman-kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,2mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik.

2. Mineral lempung (Illit?)

(15%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.

3. Kuarsa

(20%), Berwarna putih, ukuran butir 0,2mm-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

4. Epidot

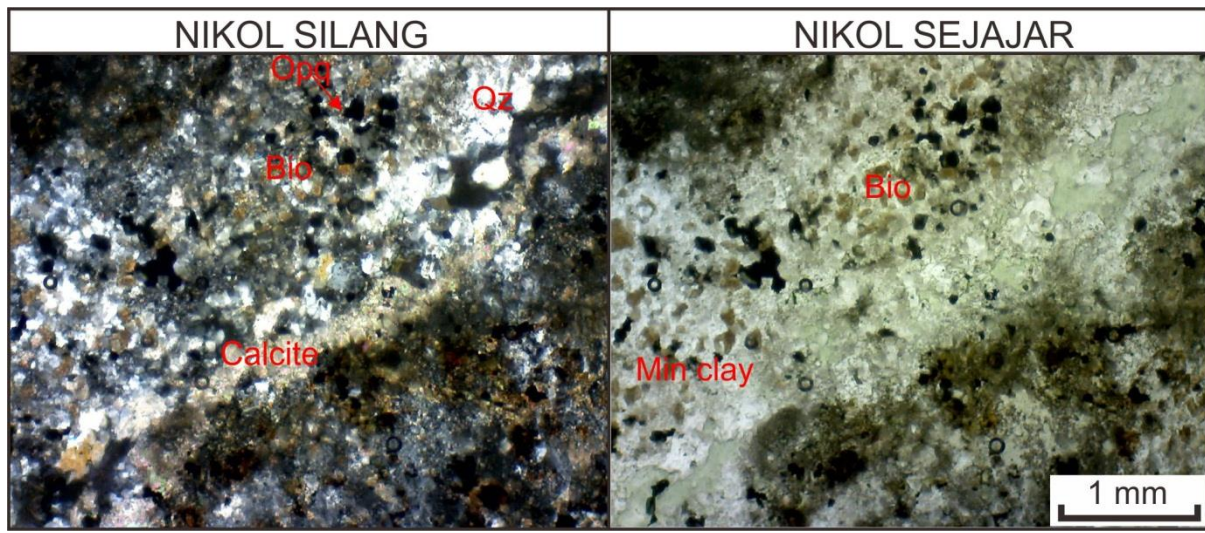
(40%) Berwarna kuning, relief tinggi, ukuran butir 0,1mm-0,3mm, hadir tersebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

Nama Batuan: Diorit (Streckeisen,1976) teralterasi propilitik.

Lp57

Kode Sampel : 10

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat sedang (0,2-1 mm) pasir sangat halus, didukung oleh matrik, bentuk butir menyudut - membundar tanggung, terpilah buruk, butiran saling saling mengambang (float contact)-bersentuhan (point contact), ; disusun oleh plagioklas, biotit, klorit, k feldspar, mineral opak, kuarsa, serisit, dan kalsit.

Komposisi :

Mineral primer

1. Plagioklas

(5%), warna kuning terang, relief rendah, bentuk kristal subhedral-anhedral, ukuran butir 0,3 mm - <1mm, prismatic, menyebar pada sayatan dan telah berubah di beberapa tempat menjadi mineral epidot, kuarsa dan bentuk kristal tidak terlihat jelas

Mineral sekunder :

1. Biotit

(20%), Berwarna coklat; relief tinggi; pleokroik kuat; bentuk Kristal subhedral-anhedral; hadir setempat pada sayatan.

2. Klorit

(10%), Berwarna coklat kehitaman-kehijauan, relief rendah, ukuran butir 0,3 mm, hadir setempat pada sayatan, merupakan ubahan dari mineral mafik.

3. K feldspar

(10%), Berwarna putih; relief sedang; menunjukkan adanya belahan; bentuk kristal subhedral-anhedral; hadir menyebar dalam sayatan.

4. Mineral opak

(10%) Berwarna hitam, bentuk prismatic panjang dan granular, ukuran butir 0,2-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

5. Kuarsa

(30%), Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan.

6. Serisit

(5%) Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-0,2mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

7. **Kalsit**

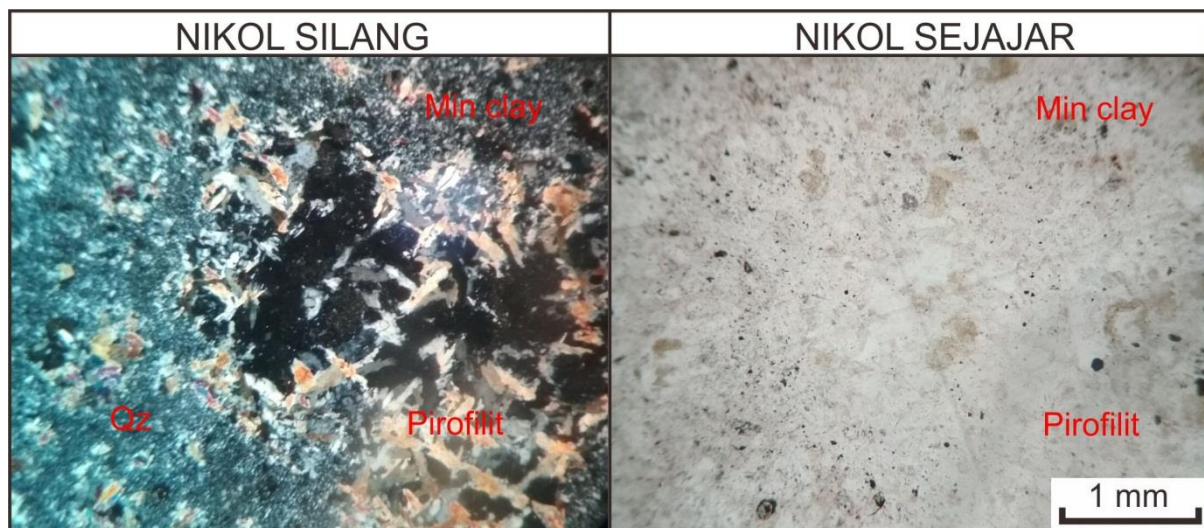
(10%) Berwarna putih, ukuran butir 0,3-0,5 mm, hadir setempat pada sayatan.

Nama Batuan: Tuf lapili teralterasi potasik.

Lp58

Kode Sampel : 43LP

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kuning kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat sedang (0,2-1 mm) pasir sangat halus, didukung oleh matrik, bentuk butir menyudut - membundar tanggung, terpilah buruk, butiran saling saling mengambang (float contact)-bersentuhan (point contact), disusun kuarsa dan pirofilit, dan mineral lempung.

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. **Kuarsa**

(30%), Berwarna kuning terang, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-2mm, hadir menyebar pada sayatan.

2. **Pirofilit**

(60%), Berwarna kuning kecoklatan, relief rendah, ukuran butir 0,1mm-0,4mm, hadir menyebar pada sayatan, merupakan ubahan dari plagioklas.

3. **Mineral lempung (ilit?)**

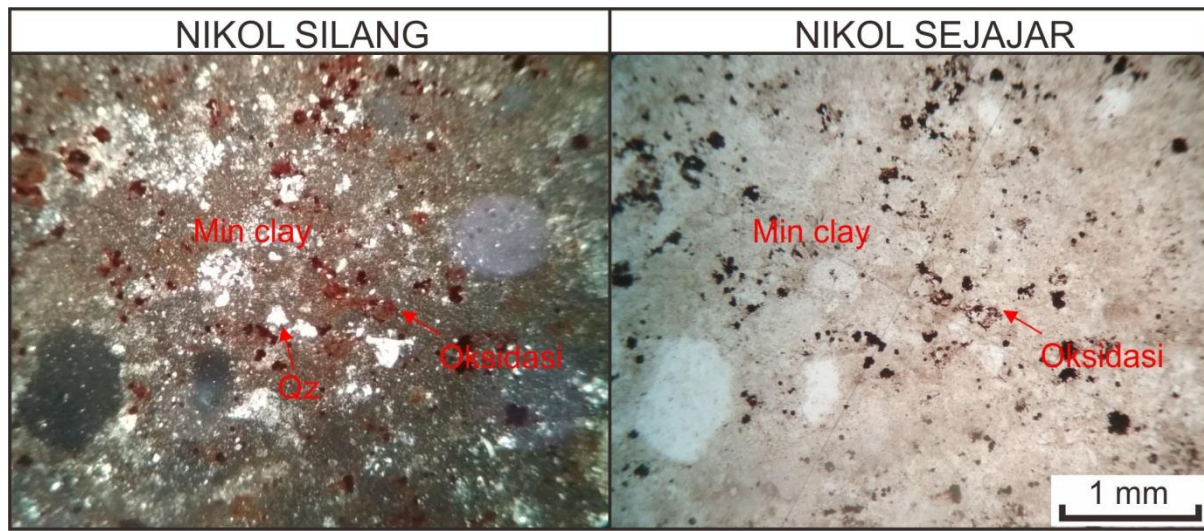
(10%), Berwarna kuning terang, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan.

Nama Batuan: Tuf lapili teralterasi argilik lanjut

Lp59

Kode Sampel : 9LP

Perbesaran : 40 X



Pemerian Petrografi :

Sayatan tipis batuan sedimen; warna kecoklatan, bertekstur klastik, ukuran butir pasir sangat sedang (0,2-1 mm) pasir sangat halus, didukung oleh matrik, bentuk butir menyudut - membundar tanggung, terpilah buruk, butiran saling saling mengambang (float contact)-bersentuhan (point contact), disusun mineral lempung, kuarsa, dan mineral oksidasi.

Komposisi :

Mineral sekunder :

1. Mineral lempung

(80%), Berwarna kuning-abuabu, ukuran butir < 0,004 mm, hadir menyebar pada sayatan..

2. Kuarsa

(5%), Berwarna putih, ukuran butir 0,1-0,5 mm, hadir setempat pada sayatan.

3. Mineral oksidasi

(15%), Bewarna merah kecoklatan, ukuran butir 0,1-0,4mm, hadir menyebar pada sayatan.

Nama Batuan: Breksi diatrem teralterasi argilik

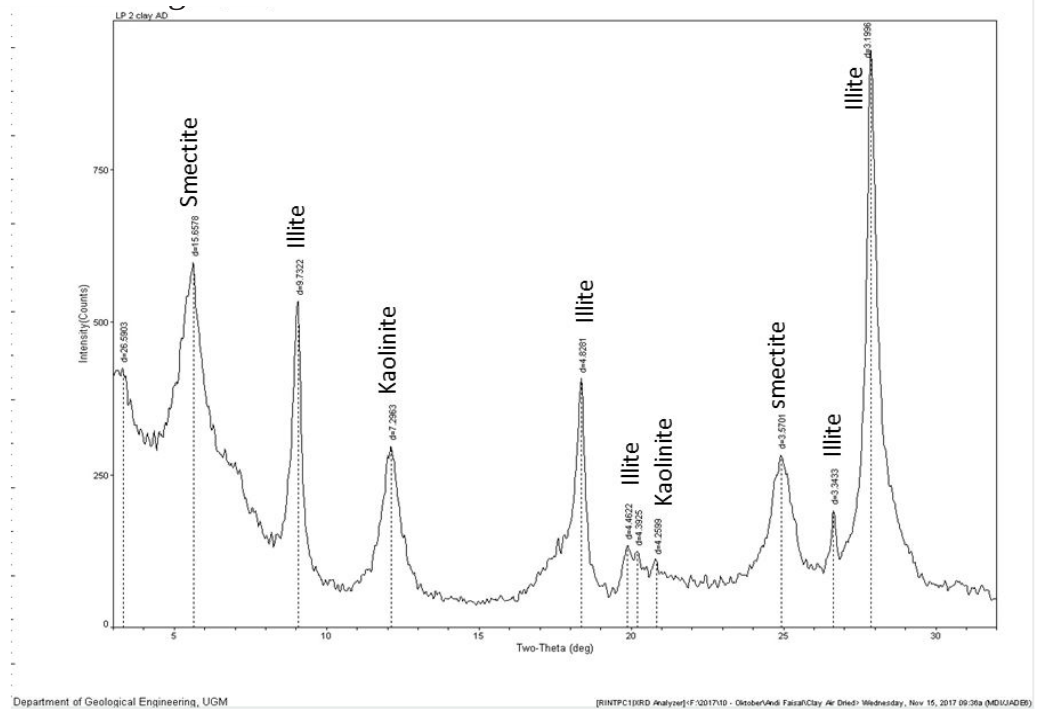
Tabel 1. Daftar Analisis Petrografi
Lp59

Tipe Alterasi		Potasik											Propilitik							Argilik				
Litologi		Tonalit						Dio-	Tuff-Lapili			Tonalit					IBX	Dio-	Tonalit		Tuff-Lapili			
Min.(%) N0. Sampel		9	17	28	35	53	62	26	10	38	33	74	6	7	23	47	72	58	3	32	54	36	19	
Primer	Kuarsa	13			20				5				20		15			10						
	Plagioklas			20	10				15			5	25	10	20		10							
	K-Feldspar																							
	Opak																							
Sekunder	Biotit	20	15	20	30		60	40	15	5	30	20												
	Klorit	2	25	5	15	10	5	20	5			10	15		5	10	15	5						
	Lempung (illite?)			15		15	10	10		45	45		10	10	30	30	15		35	45	75	25	10	
	K-Feldspar		5	10	5	25	15		10	5	15	10		5	5							5		
	Opak	10	5			5		10	10	15	4	10	5	10		15		20		5		10	10	
	Kuarsa	45	45	30	10	40	10	20	25	30		30		40	20	35	20	55	40	50	25	40	45	
	Pirofilit																	10			10			
	Epidot	10			10				15				25	20	5		40	10	15				5	
	Serisit											5											30	
	Kalsit		5																					
	Oksidasi																							
	Andalusit																							
	Anhidrit																							
	Kalsit					5					6	10		5		10						10		
	Total (%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

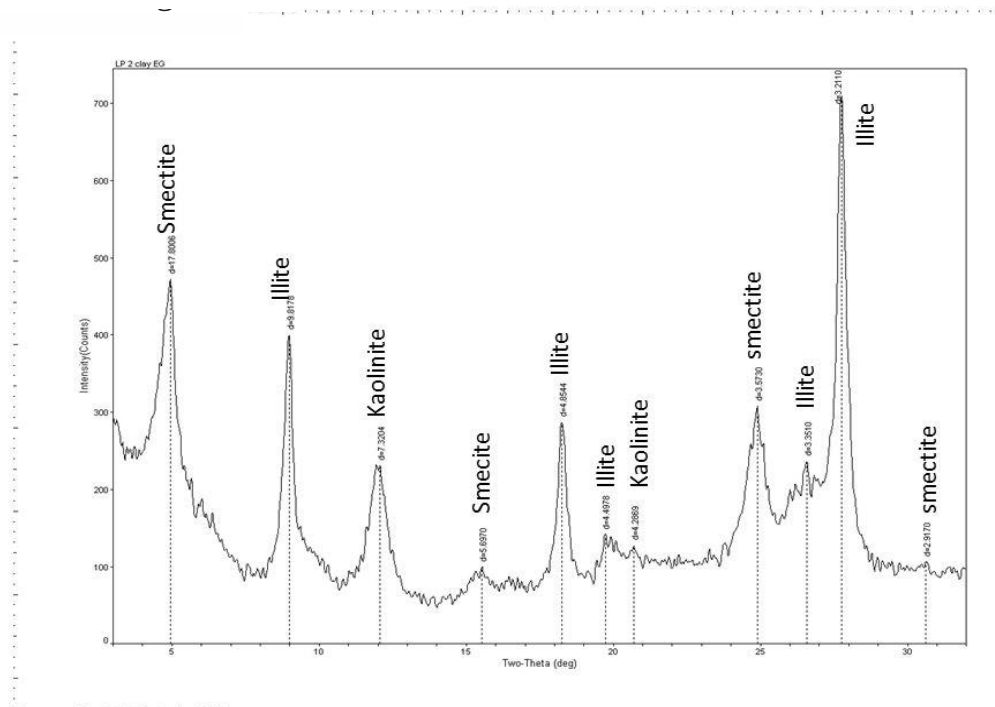
	Advance Argilik															Filik					Vein	
	Tonalit									Tuf Lapili					COL	Tonalit				Dio rit		
	32	16	18	40	8	51	59	67	68	69	13	44	64	65	66	45	50	20	63	25	70	71
Kuarsa																	20					
Plagioklas																	10					
K-Feldspar																						
Opak																						
Biotit																				5		
Klorit							5									10	15					
Lempung (ill)	95	20		30		50	25				40	60		50		60						
K-Feldspar																	5		30			
Opak		10							5						10				10			
Kuarsa		40	40	50	75	20	50	70	70	20	50	20	50	25	45		10	50	30	35		
Pirofilit		30	60	5	25	30	20	30	25	60	10	20	25	25	35							
Epidot																						
Serisit													20		10	30	35	50	30	40		
Kalsit																				20		
Oksidasi										20												
Andalusit													5									
Anhidrit	5																				100	100
Kalsit				15													5					
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

LAMPIRAN D
Analisis XRD

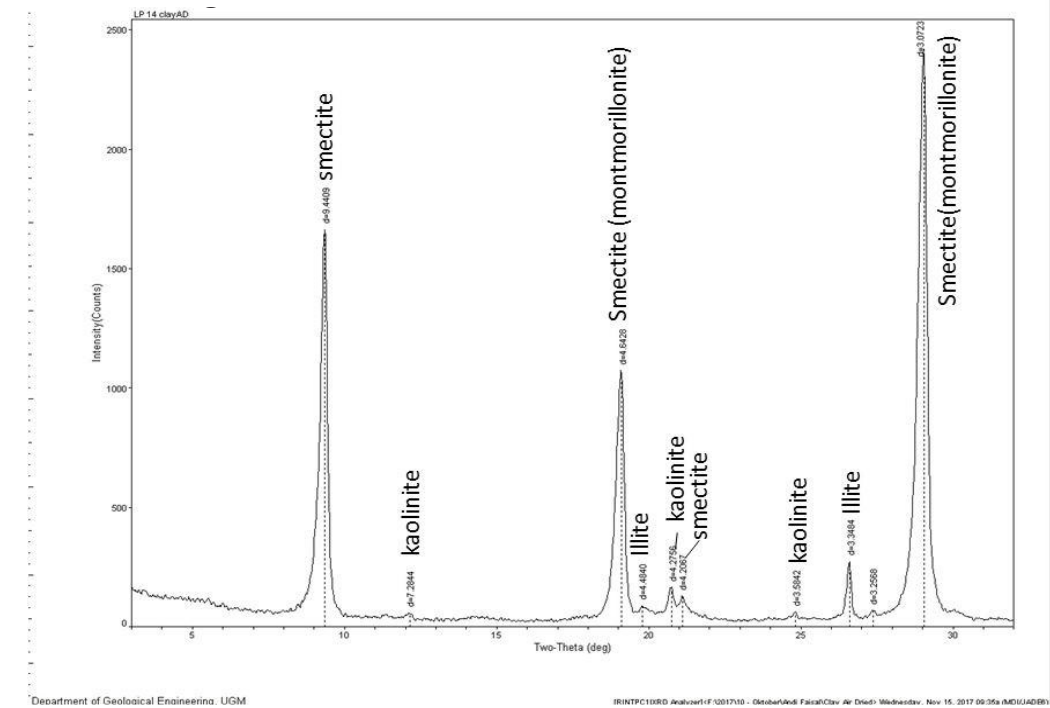
OC-2LP AD Argilik



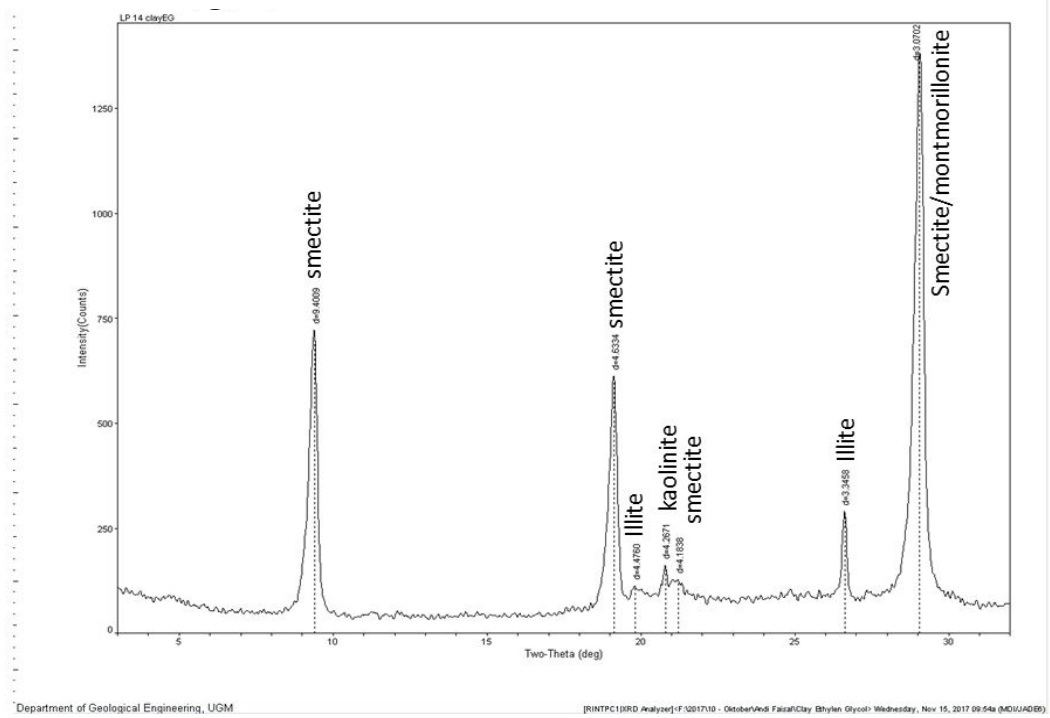
OC-2LP EG Argilik



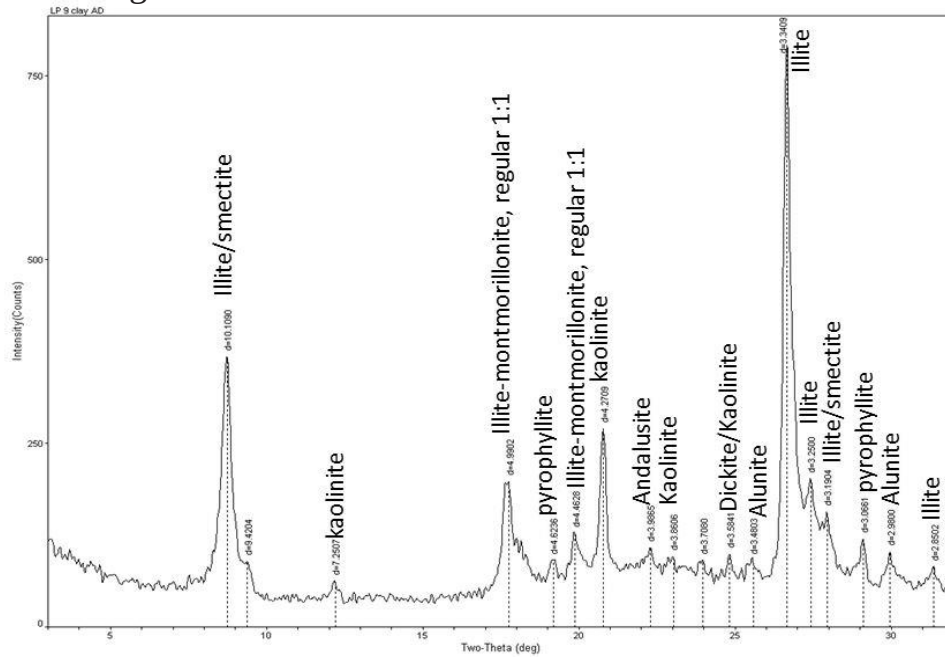
OC-14LP AD Argilik



OC-14LP EG Argilik



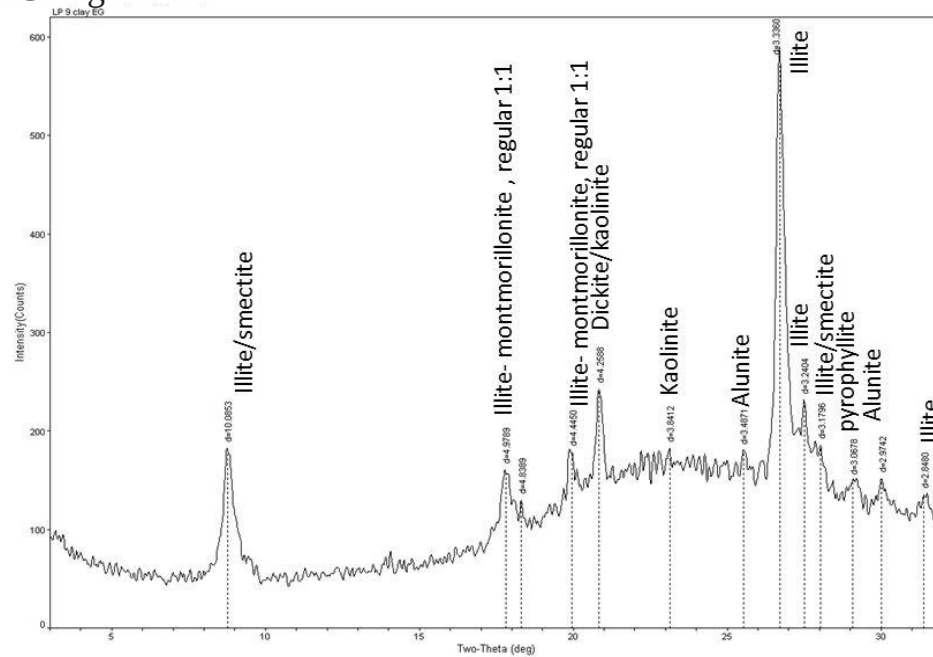
9LP AD Argilik



Department of Geological Engineering, UGM

[RINTPC10RD Analyzer]:F:\2017\10 - Oktober\And Faisal\Clay Air Dried Wednesday, Nov 15, 2017 09:32a (MDIUJADE)

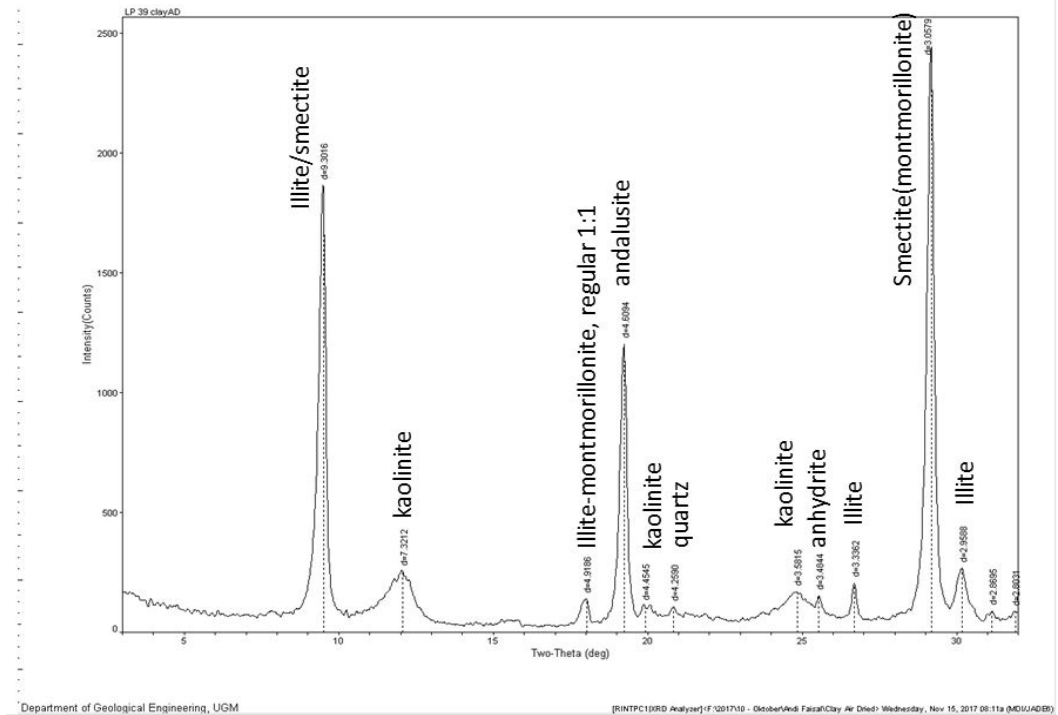
9LP EG Argilik



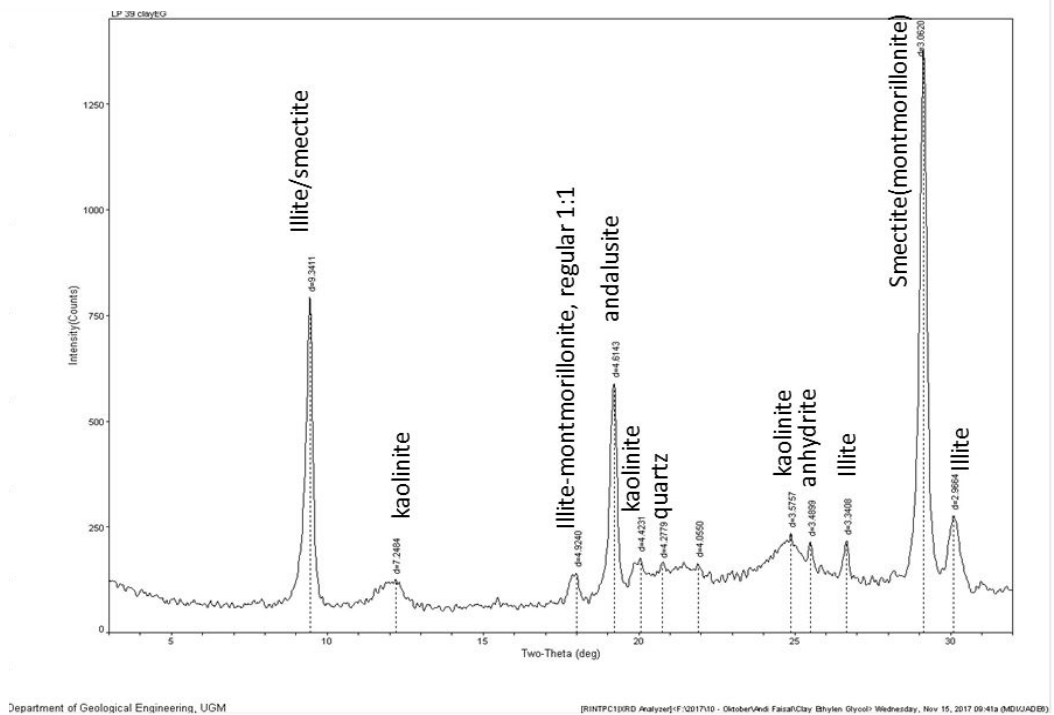
Department of Geological Engineering, UGM

[RINTPC10RD Analyzer]:F:\2017\10 - Oktober\And Faisal\Clay Bhyten Glycol Wednesday, Nov 15, 2017 09:50a (MDIUJADE)

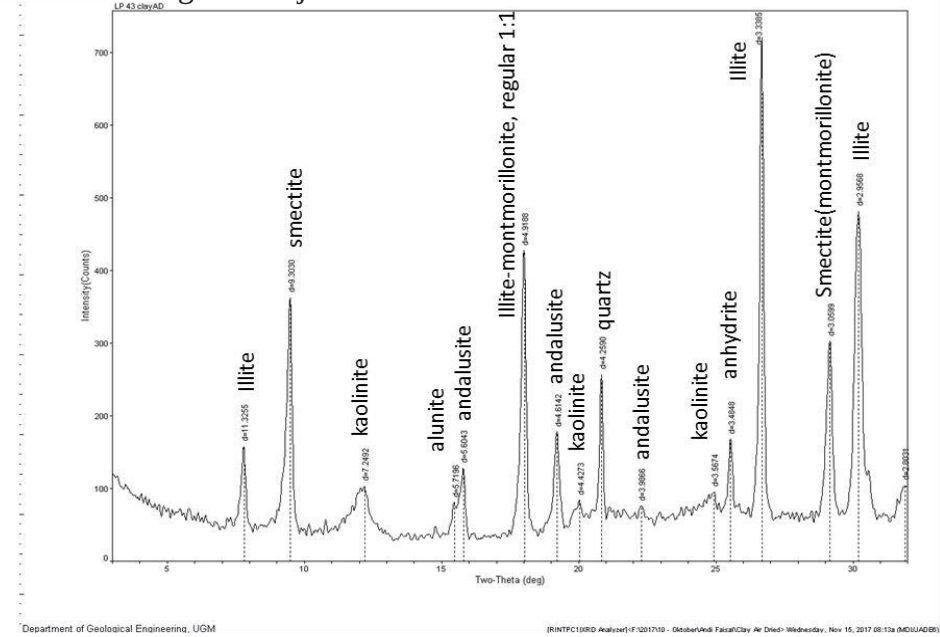
OC-39LP AD Argilik Lanjut



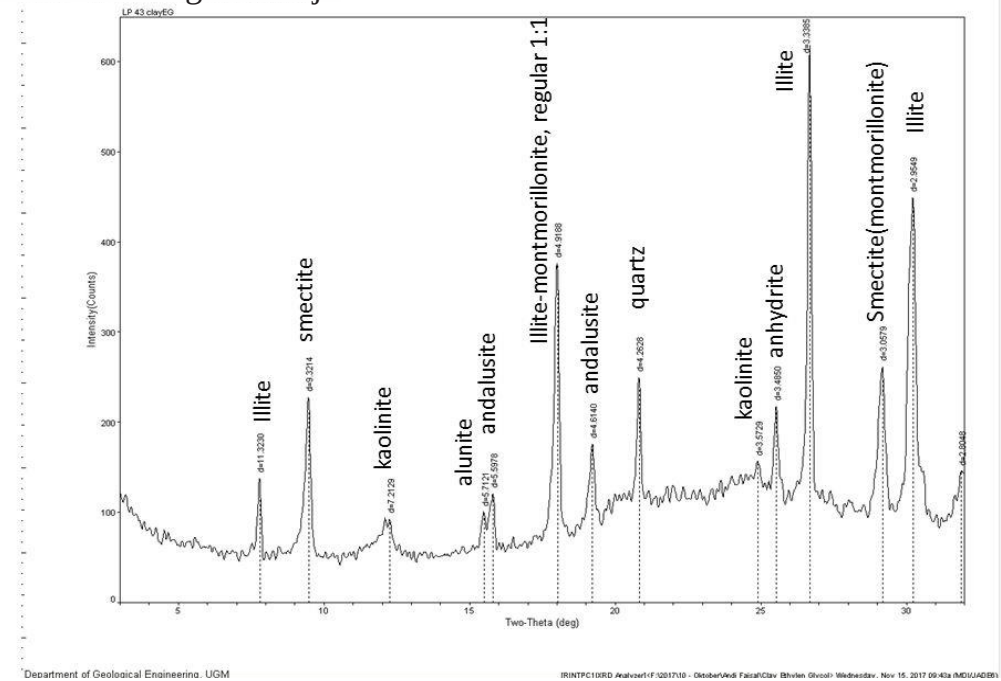
OC-39LP EG Argilik Lanjut



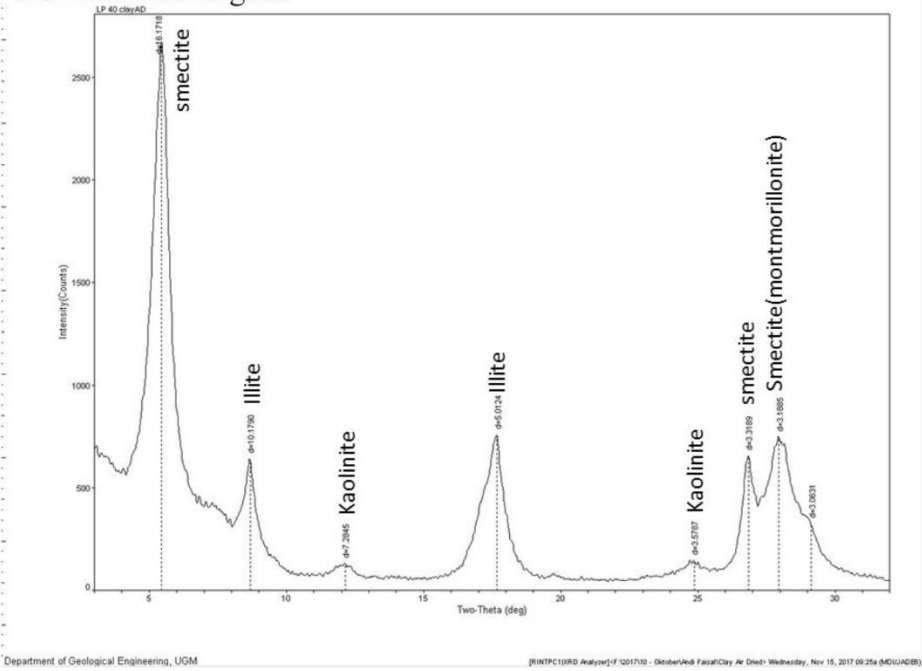
43LP AD Argilik Lanjut



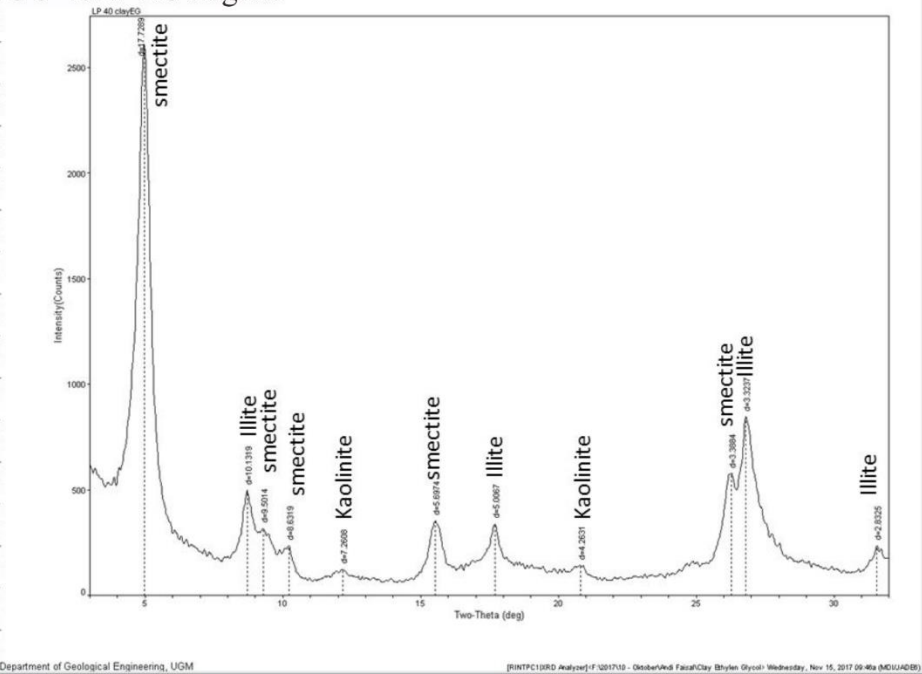
43LP EG Argilik Lanjut



OC-40LP AD Argilik

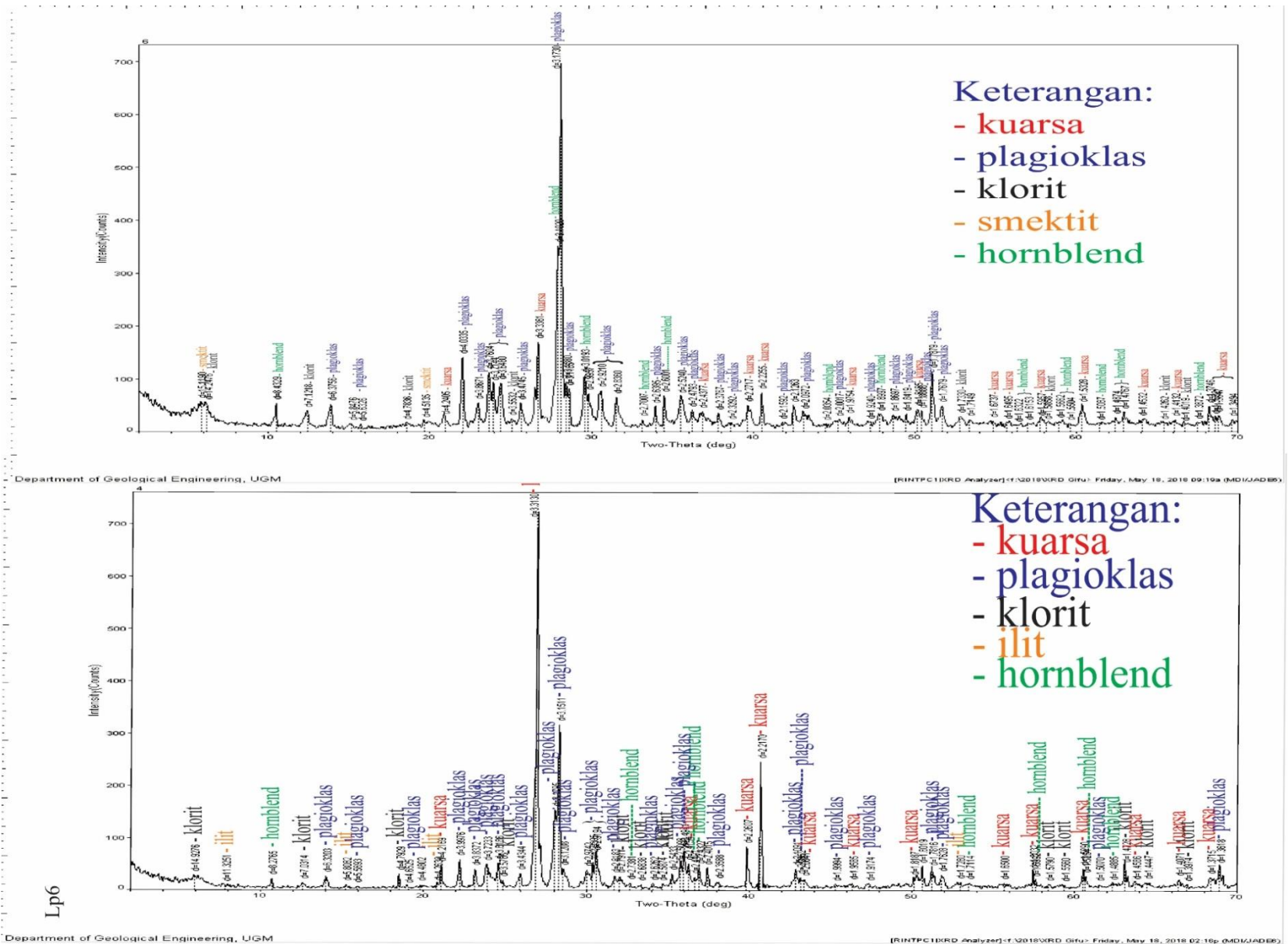


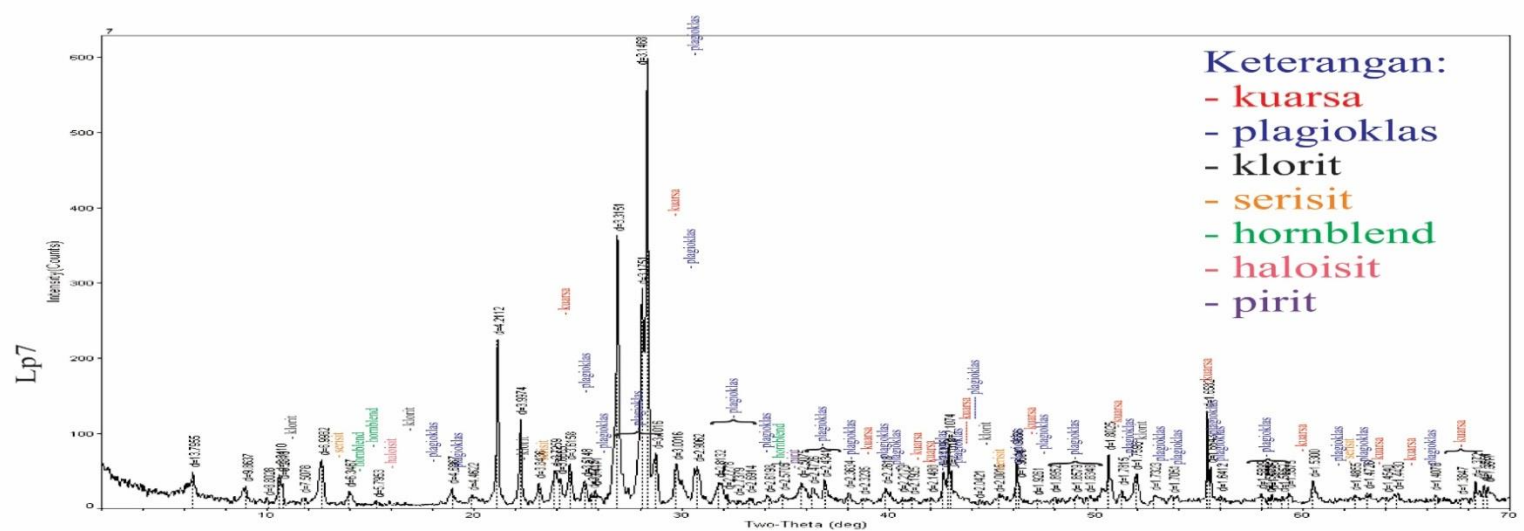
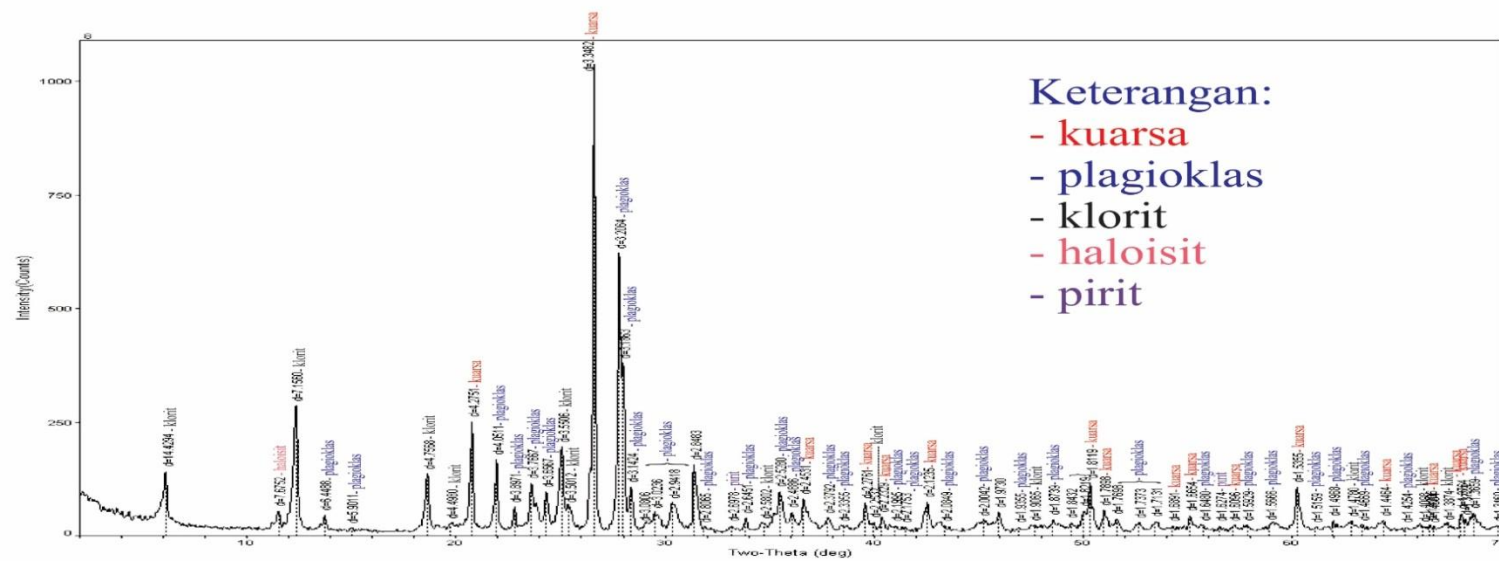
OC-40LP EG Argilik

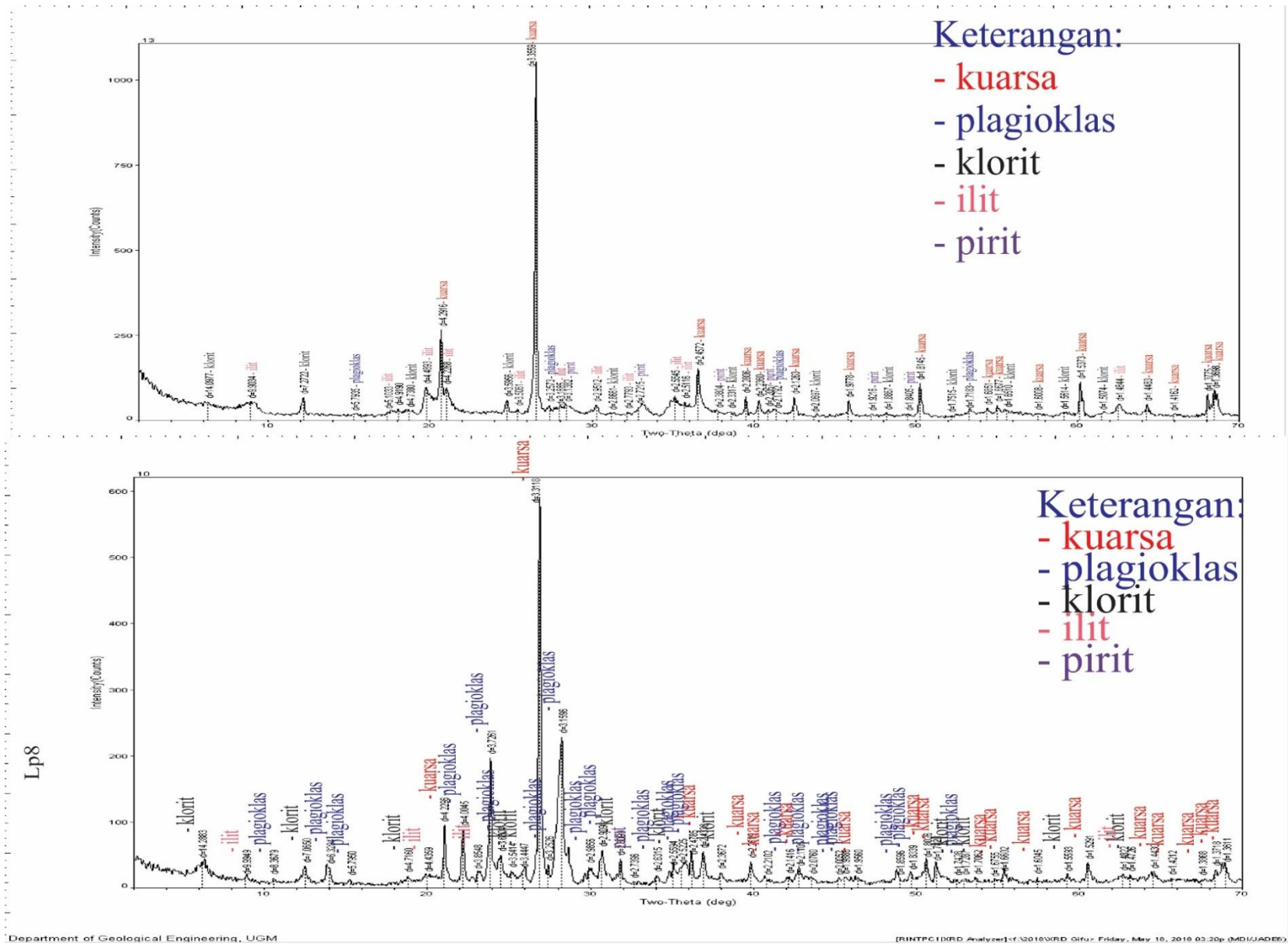


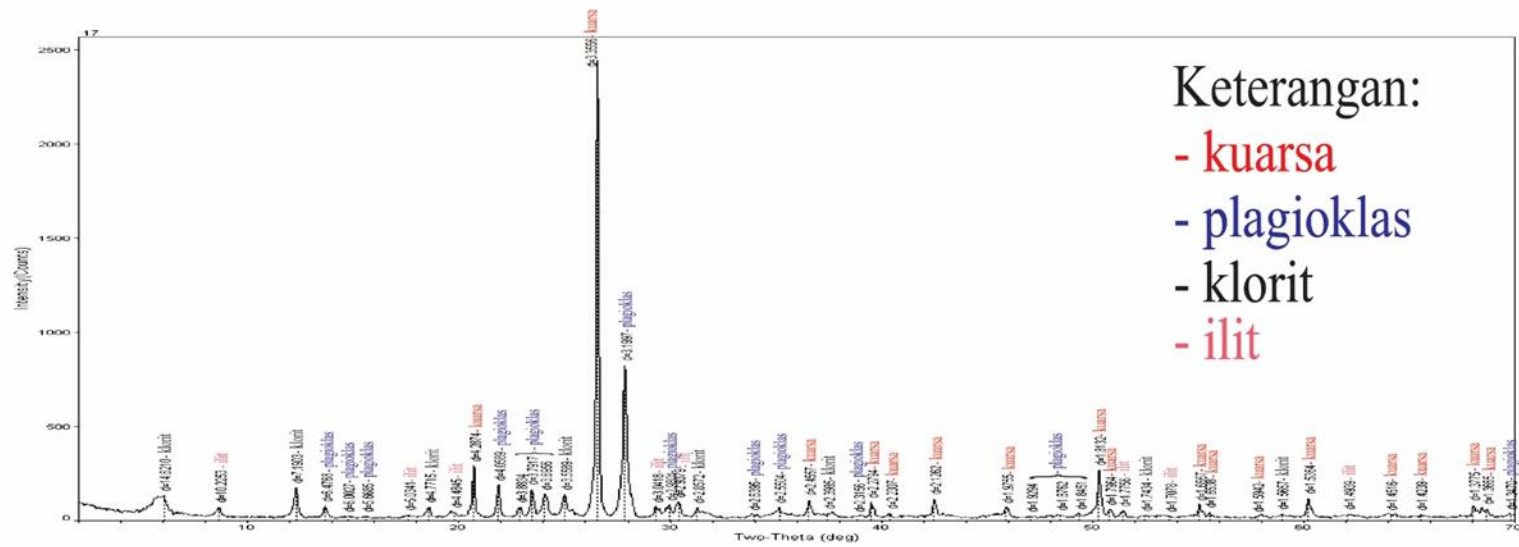
Tabel 1. Daftar Analisis XRD sampel *drillcore*

Lampiran	No. Sampel	Litologi	alterasi	Lampiran	No. Sampel	Litologi	alterasi
Lp7	8	Tonalit	Advance Argilik	Lp6	6	Tonalit	Propilitik
Lp8	13	Tuff-Lapili	Advance Argilik	Lp7	7	Tonalit	Propilitik
Lp9	16	Tonalit	Advance Argilik	Lp11	23	Tonalit	Propilitik
Lp12	26	Tonalit	Advance Argilik	Lp19	47	Tonalit	Propilitik
Lp13	30	COL	Advance Argilik	Lp23	57	IBX	Propilitik
Lp17	40	Tonalit	Advance Argilik	Lp23	58	IBX	Propilitik
Lp18	44	Tuff-Lapili	Advance Argilik	Lp25	61	Tonalit	Propilitik
Lp22	55	Tuff-Lapili	Advance Argilik	Lp30	72	Tonalit	Propilitik
Lp24	59	Tonalit	Advance Argilik				
Lp24	60	Tonalit	Advance Argilik	Lp6	2	Tonalit	Potasik
Lp26	64	Tuff-Lapili	Advance Argilik	Lp8	10	Tuff-Lapili	Potasik
Lp27	65	Tuff-Lapili	Advance Argilik	Lp9	17	Tonalit	Potasik
Lp27	66	COL	Advance Argilik	Lp10	18	Tonalit	Potasik
Lp28	67	Tonalit	Advance Argilik	Lp13	28	Tonalit	Potasik
Lp28	68	Tonalit	Advance Argilik	Lp15	33	Tuff-Lapili	Potasik
Lp29	69	Tuff-Lapili	Advance Argilik	Lp15	35	Tonalit	Potasik
Lp29	70	Tuff-Lapili	Advance Argilik	Lp16	36	Tonalit	Potasik
Lp30	71	Tuff-Lapili	Advance Argilik	Lp16	38	Tuff-Lapili	Potasik
				Lp17	41	Tonalit	Potasik
Lp10	19	Tuff-Lapili	Argilik	Lp18	43	Tonalit	Potasik
Lp14	31	Diorit	Argilik	Lp20	48	Tonalit	Potasik
Lp14	32	Tonalit	Argilik	Lp20	49	Tonalit	Potasik
				Lp21	51	Tonalit	Potasik
Lp11	20	Tonalit	Filik	Lp22	53	Tonalit	Potasik
Lp12	25	Diorit	Filik	Lp25	62	Tonalit	Potasik
Lp19	45	Tonalit	Filik	Lp26	63	Tonalit	Potasik
Lp21	50	Tonalit	Filik	Lp31	74	Tuff-Lapili	Potasik



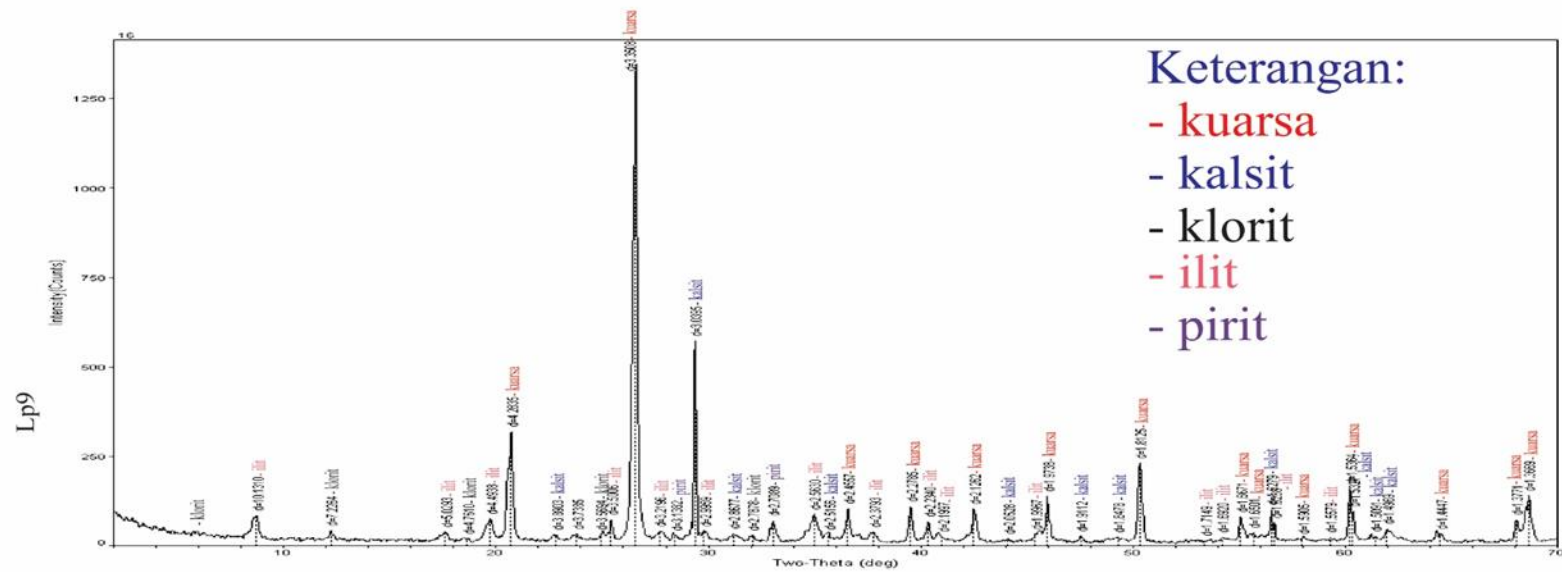






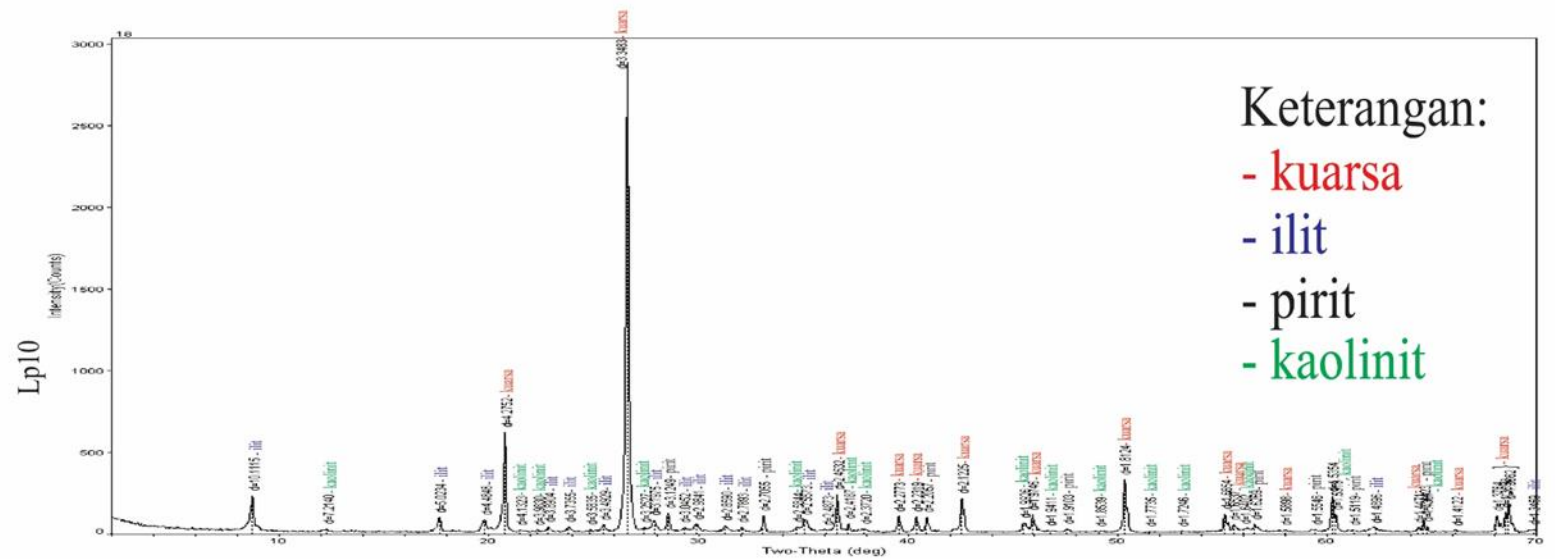
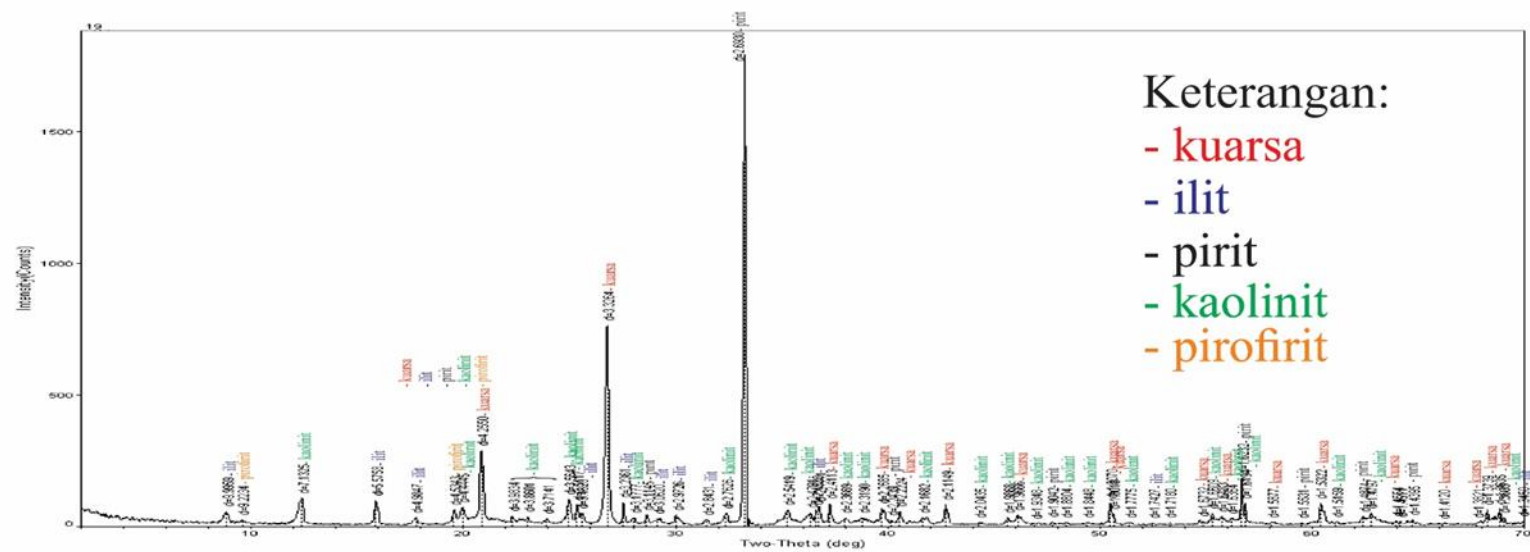
Department of Geological Engineering, UGM

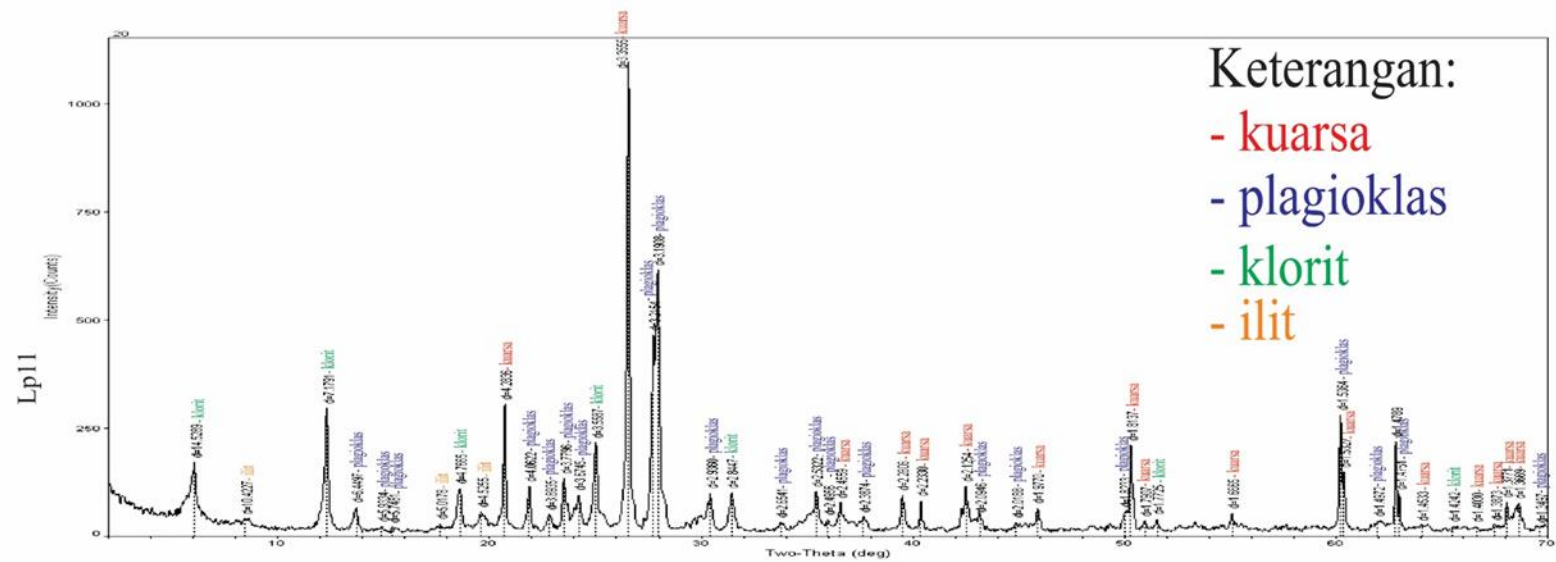
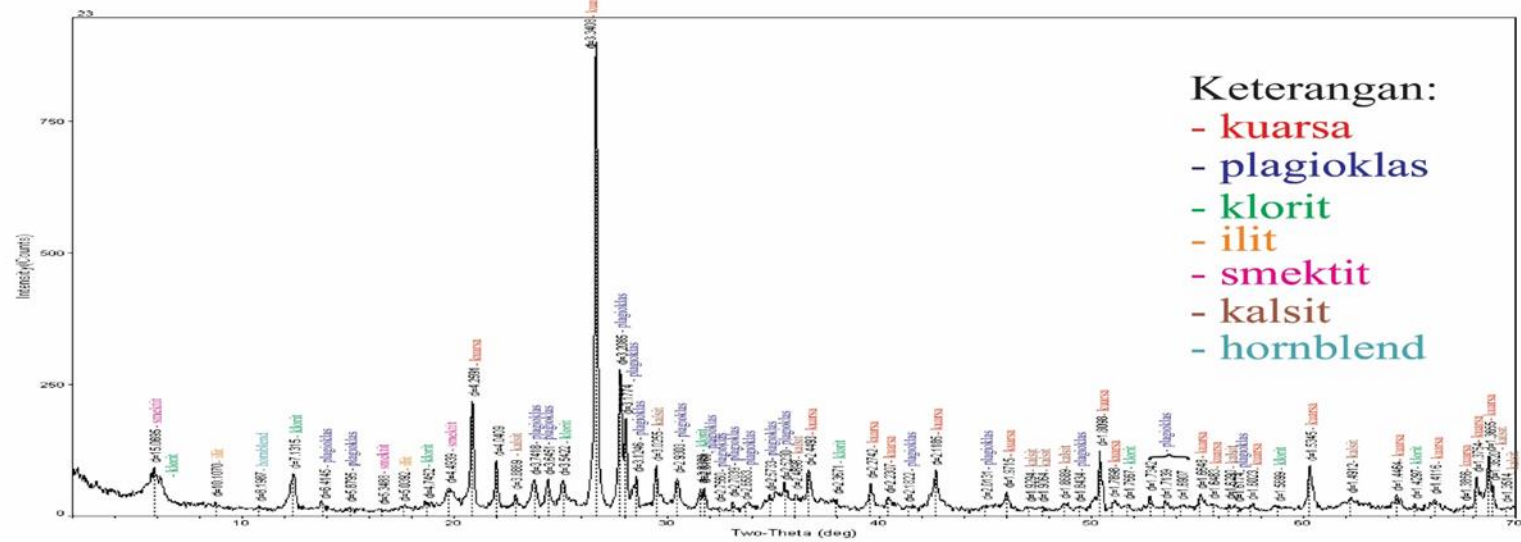
[RINTC] (XRD Analyzer) (1/3/2018) (XRD Office Friday, May 18, 2018 02:16p (MDI/JADE6))

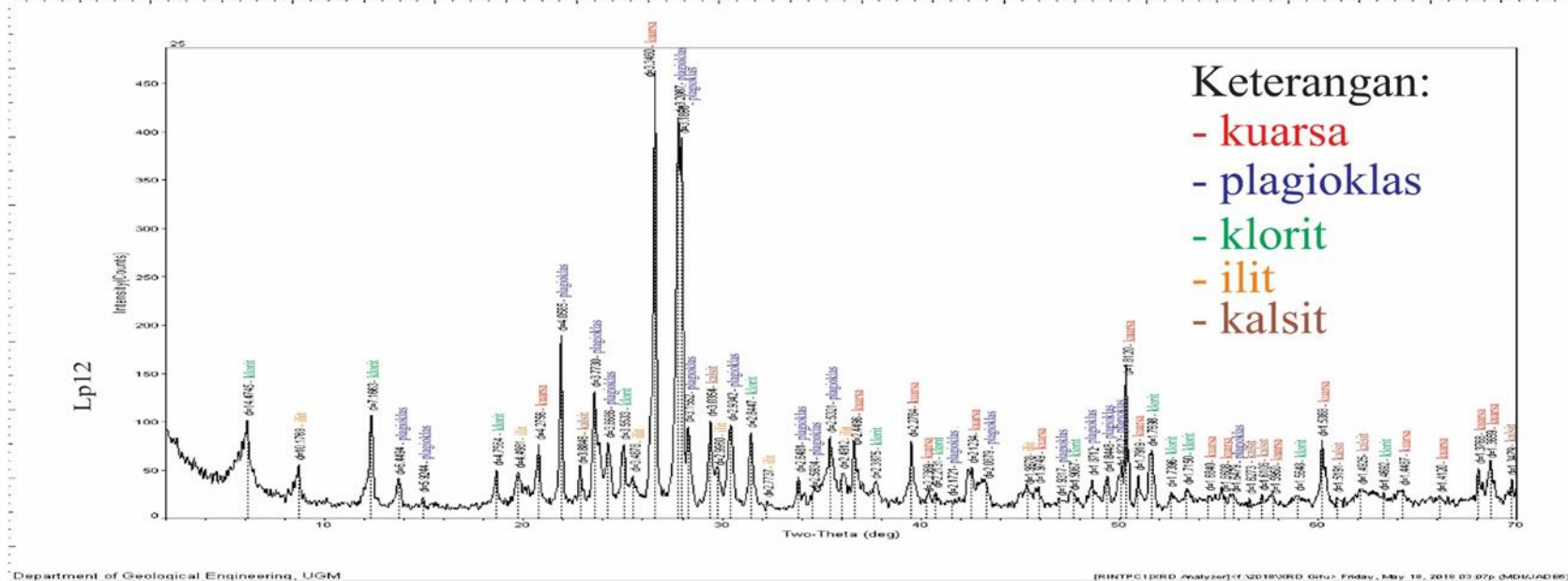
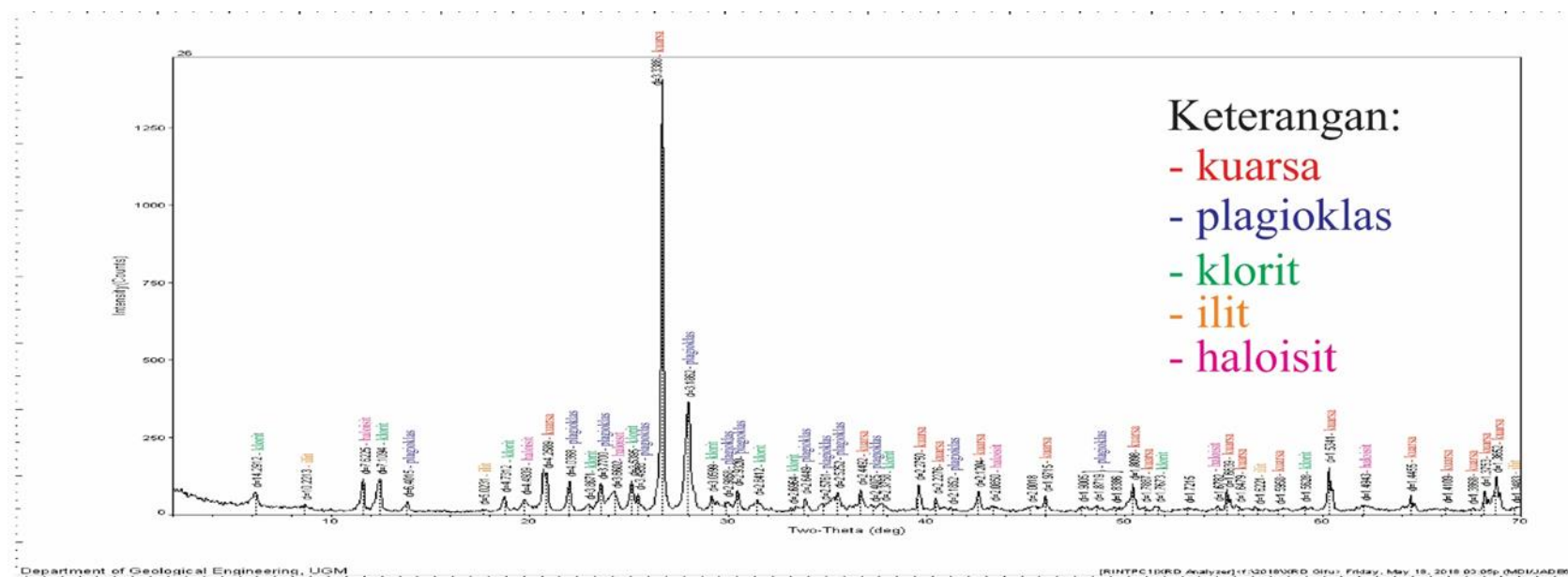


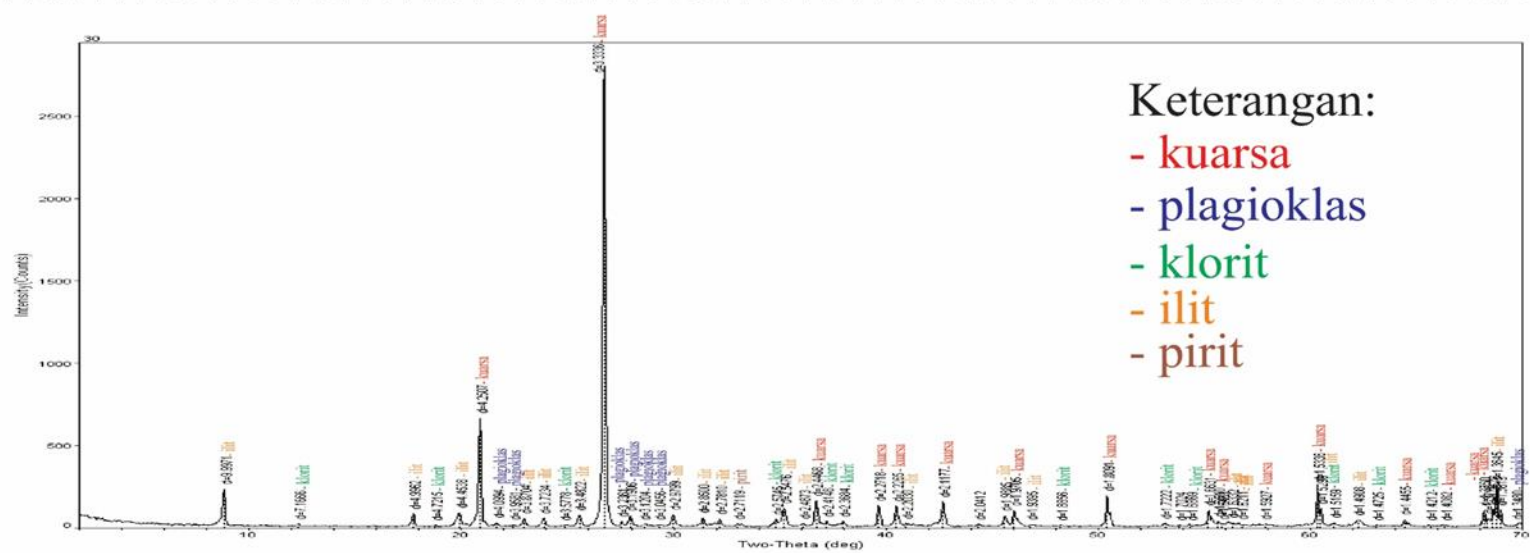
Department of Geological Engineering, UGM

[RINTC] (XRD Analyzer) (1/3/2018) (XRD Office Friday, May 18, 2018 02:17p (MDI/JADE6))



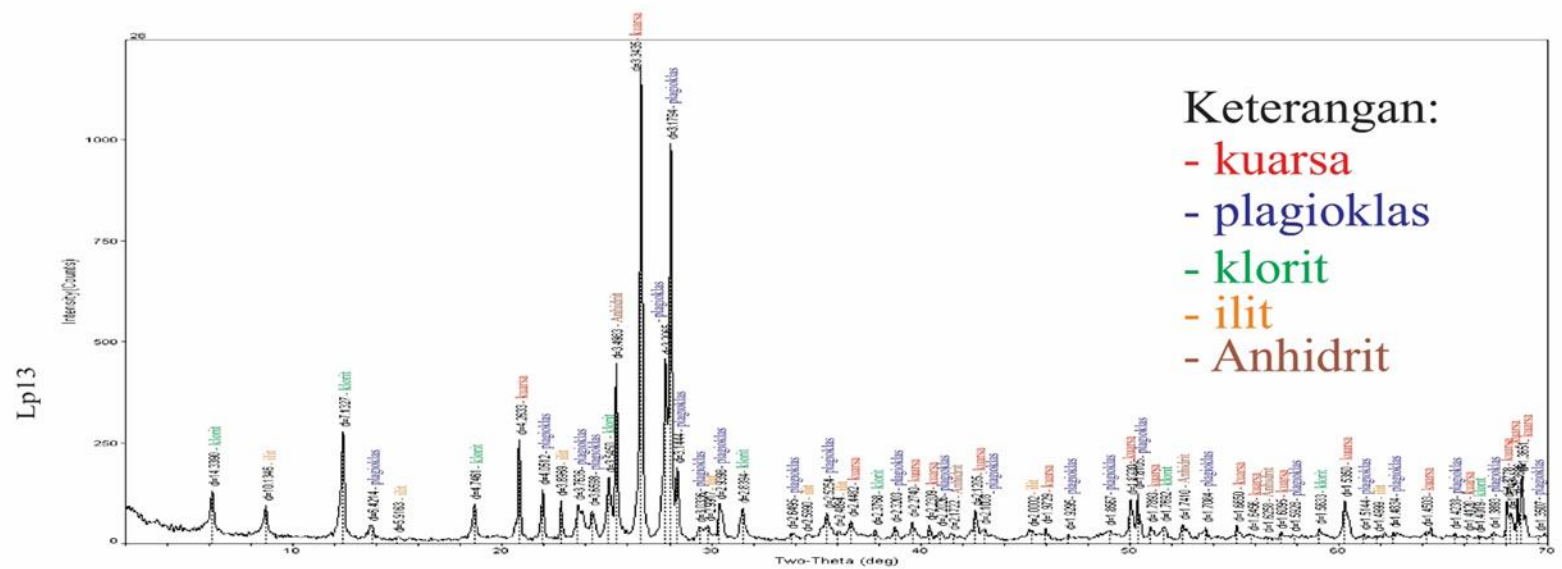






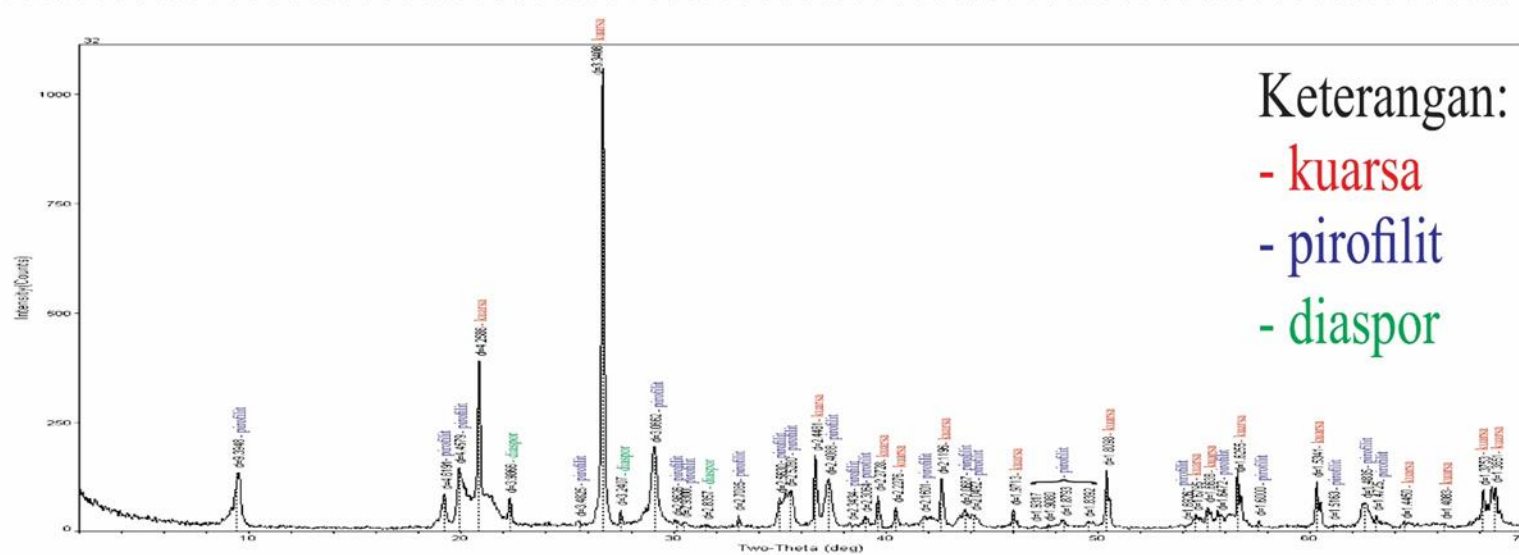
Department of Geological Engineering, UGM

[PINTPC110RD Analyzer] (1/2018) (RD, Gifu), Friday, Mar 18, 2018 02:59:06 (M01/JAD88)



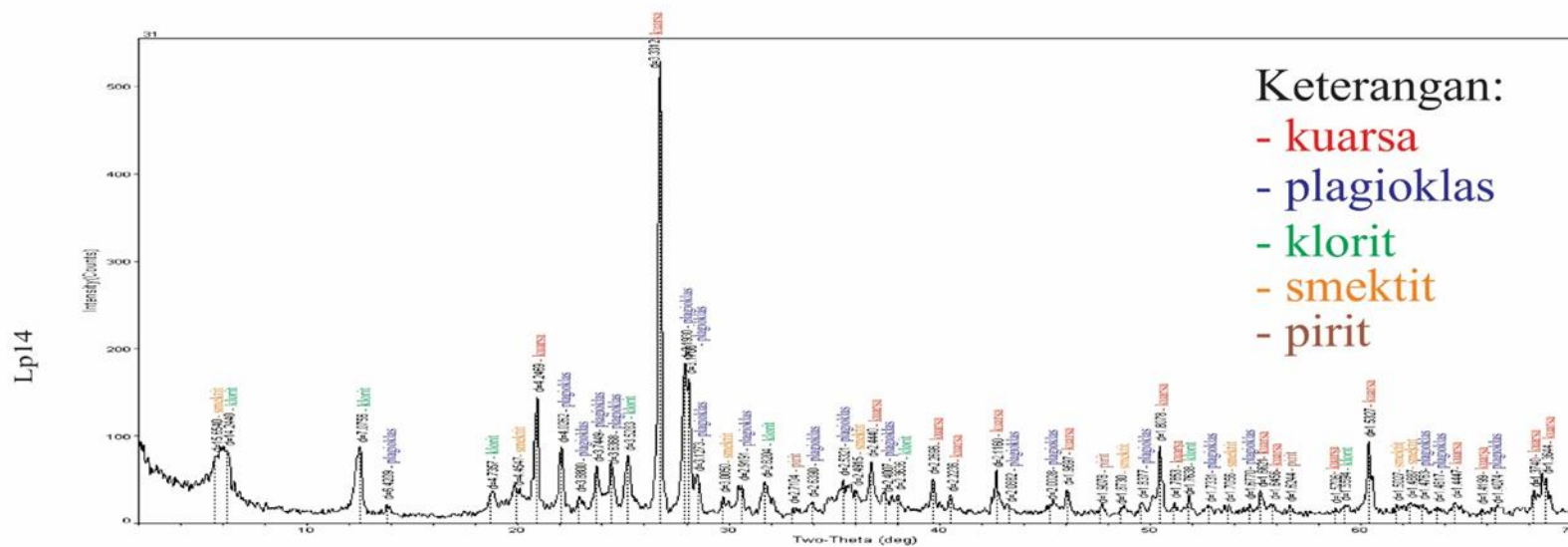
Department of Geological Engineering, UGM

[PINTPC110RD Analyzer] (1/2018) (RD, Gifu), Friday, Mar 18, 2018 02:00:06 (M01/JAD88)



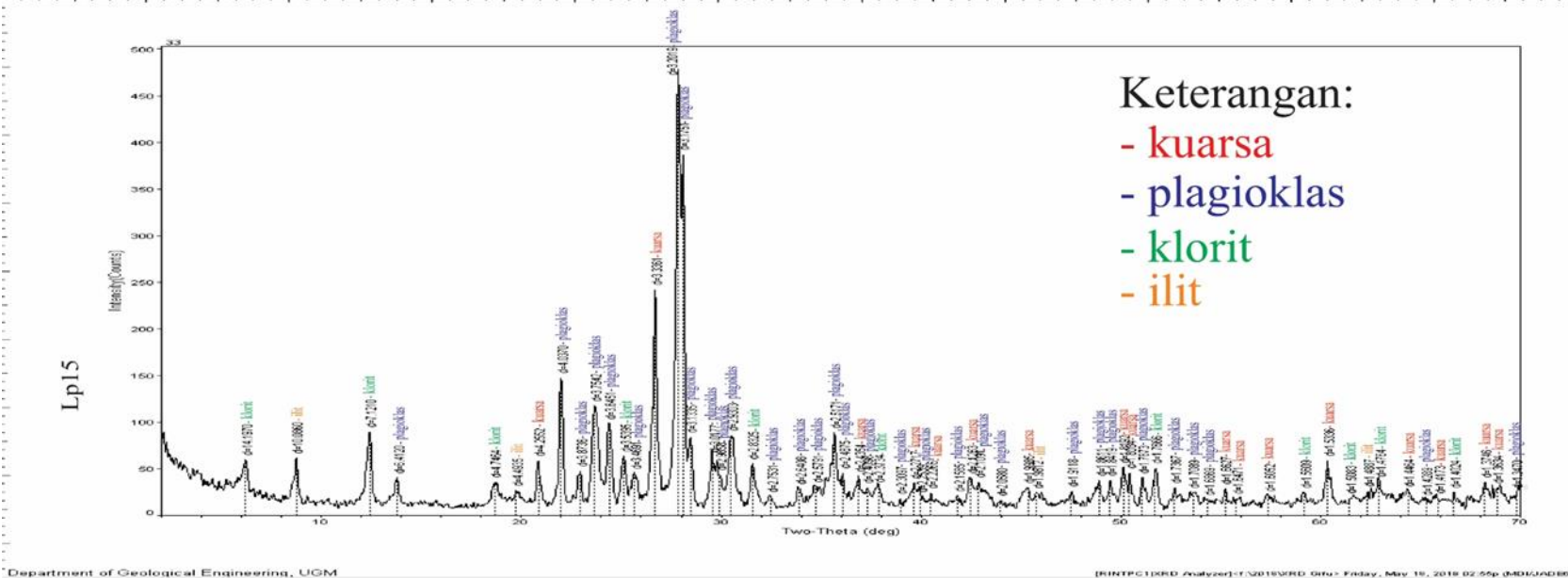
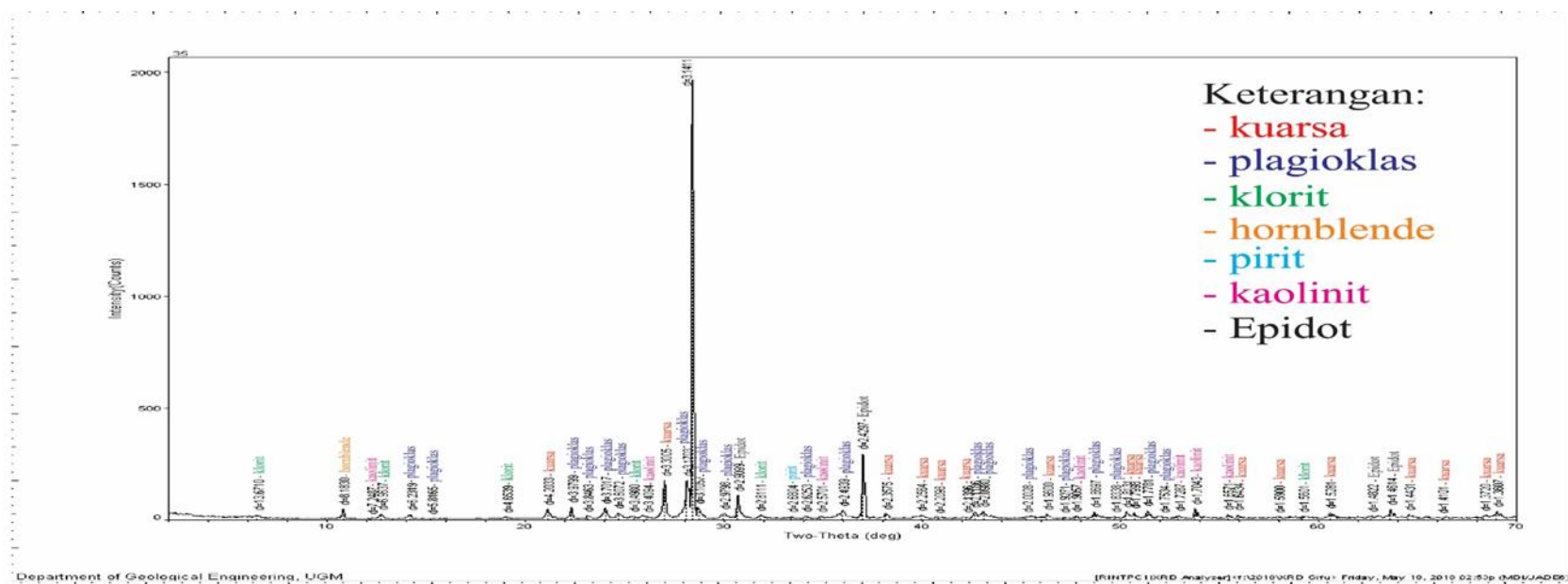
²Department of Geological Engineering, UGM

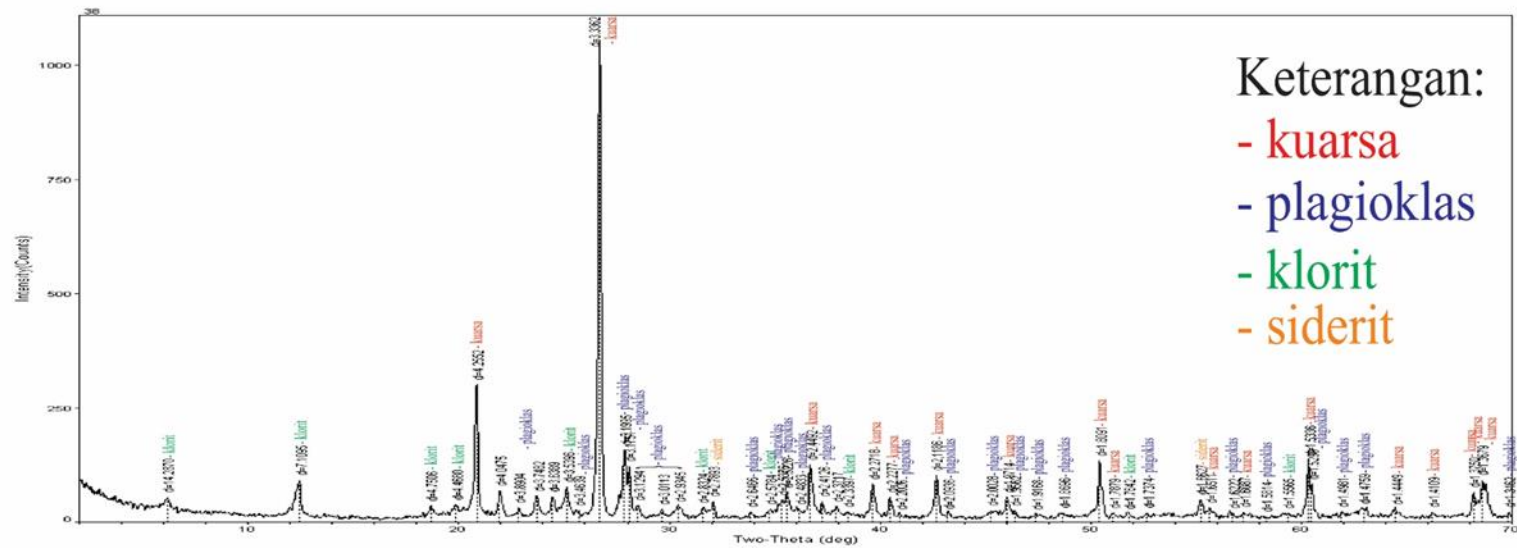
[RINTPC1]XRD Analyzer<f:\2016\XRD Gifu> Friday, May 10, 2016 02:56p (MDI/JADE6)



Department of Geological Engineering, UGM

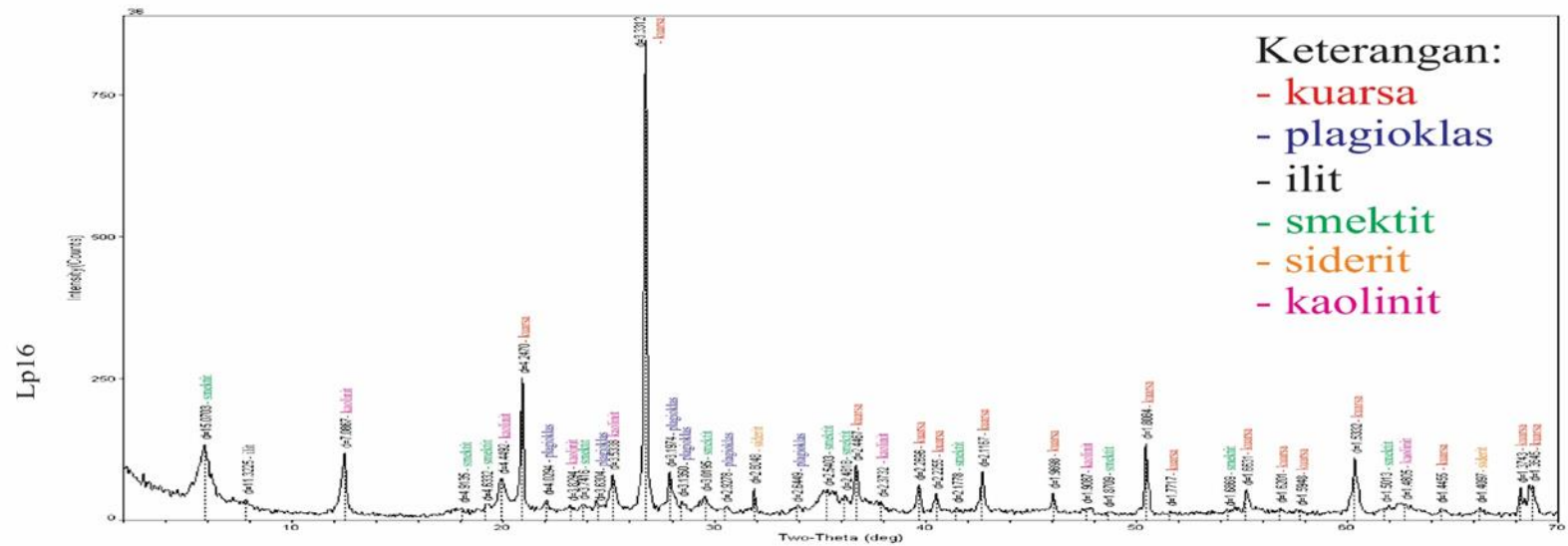
[RINTPC1] [RD Analyzer] (f:\2016\RD Gifu) Friday, May 10, 2019 02:50p (JMD/JADE0)





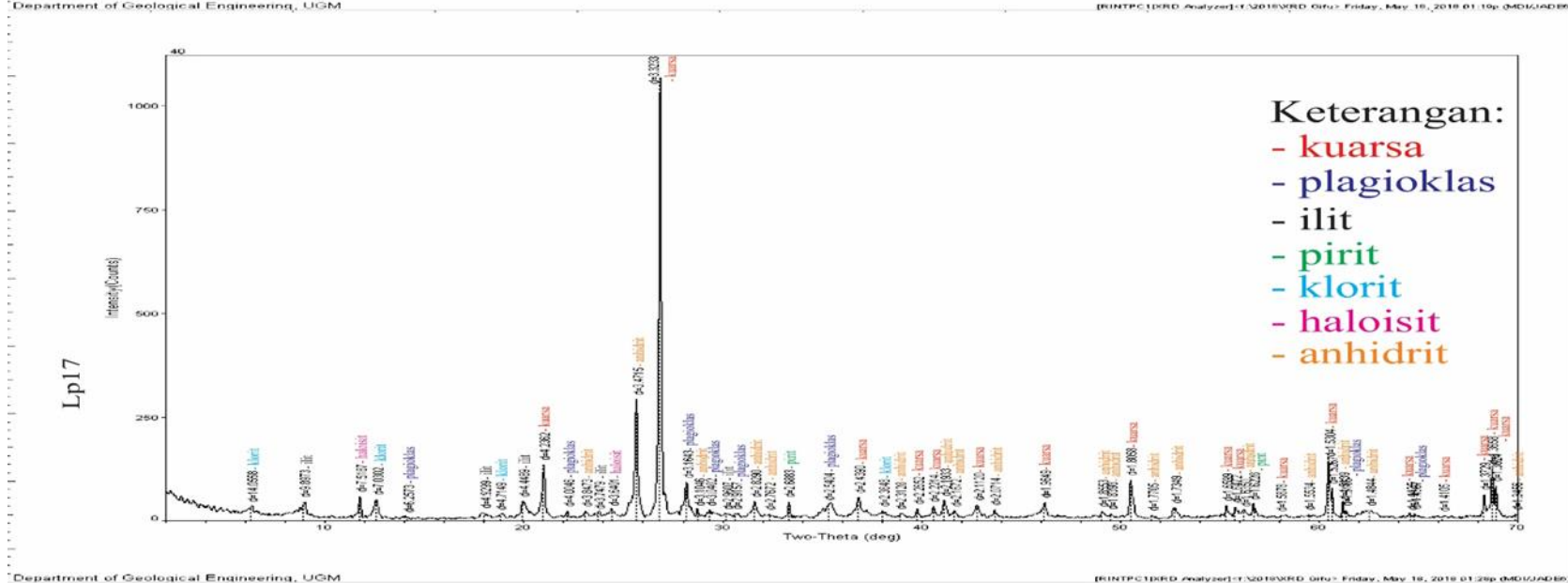
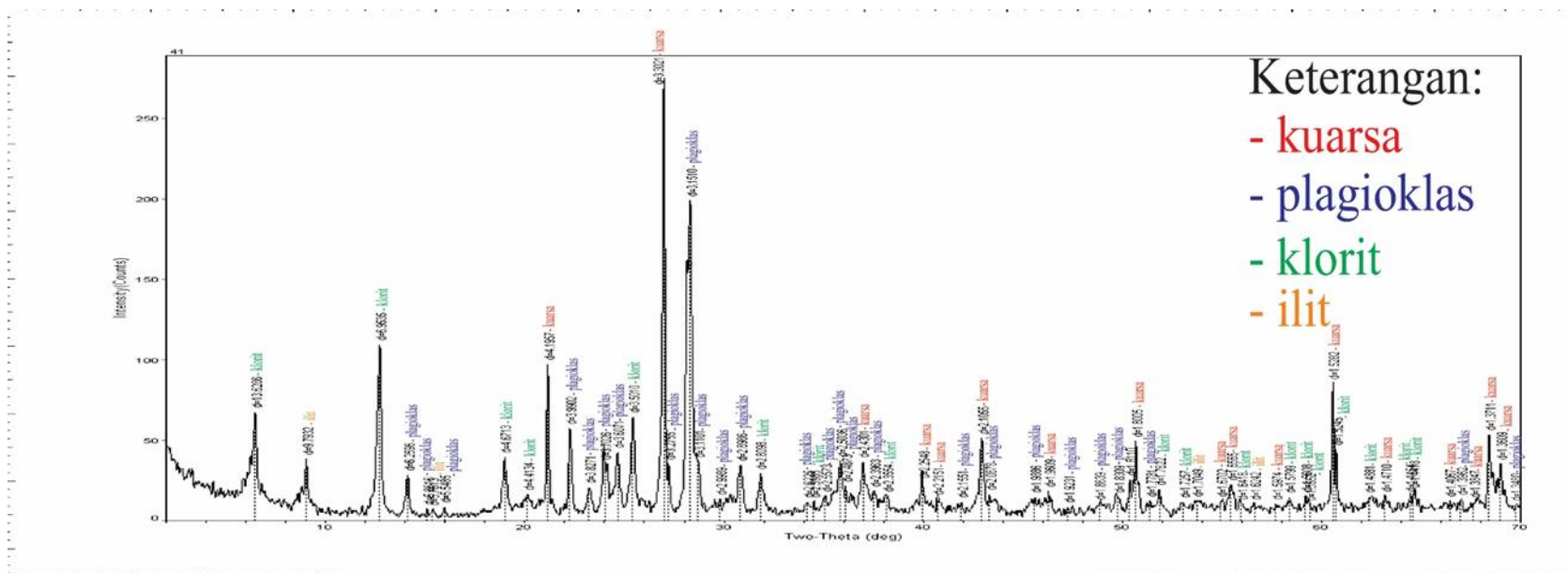
Department of Geological Engineering, UGM

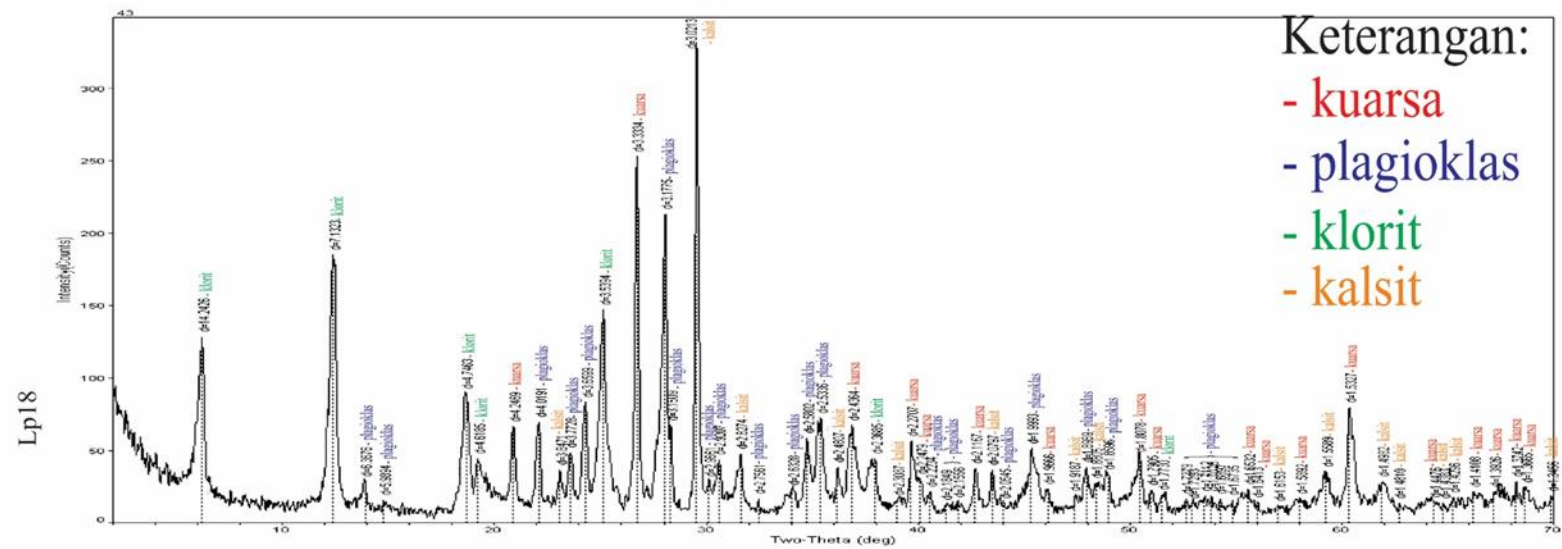
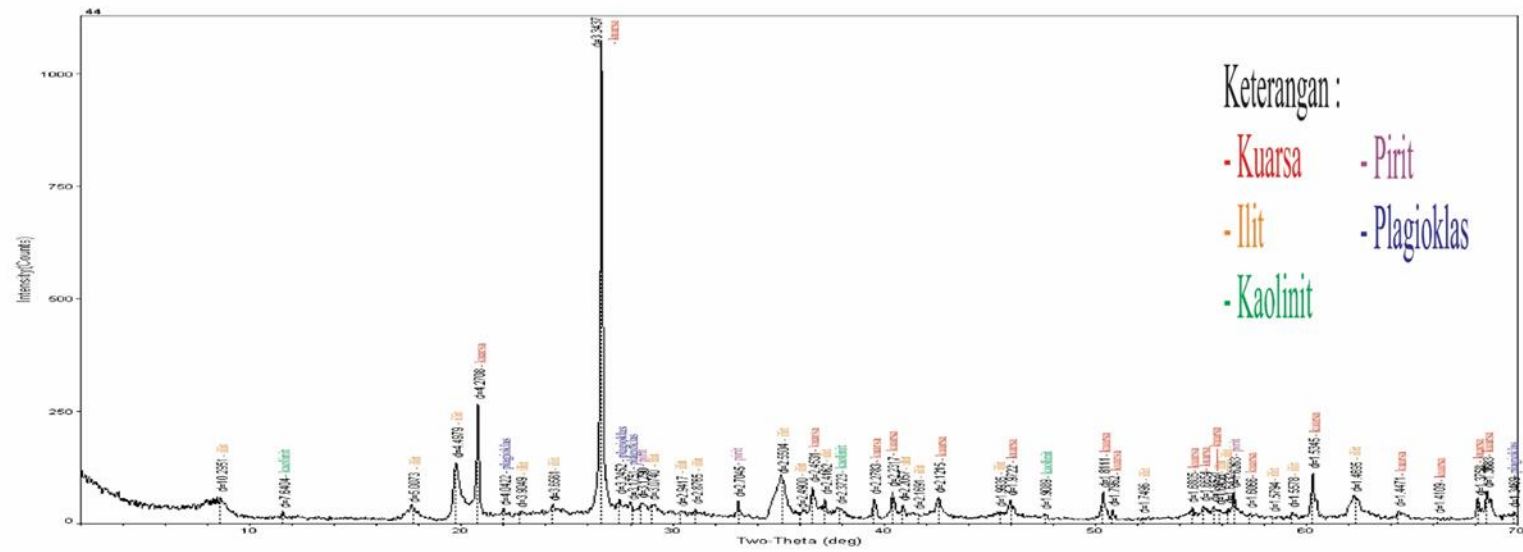
[RINTPC13RD Analyzer]-1-32015VRD.Gru- Friday, May 19, 2018 02:20p (MDI/JAD/BB)

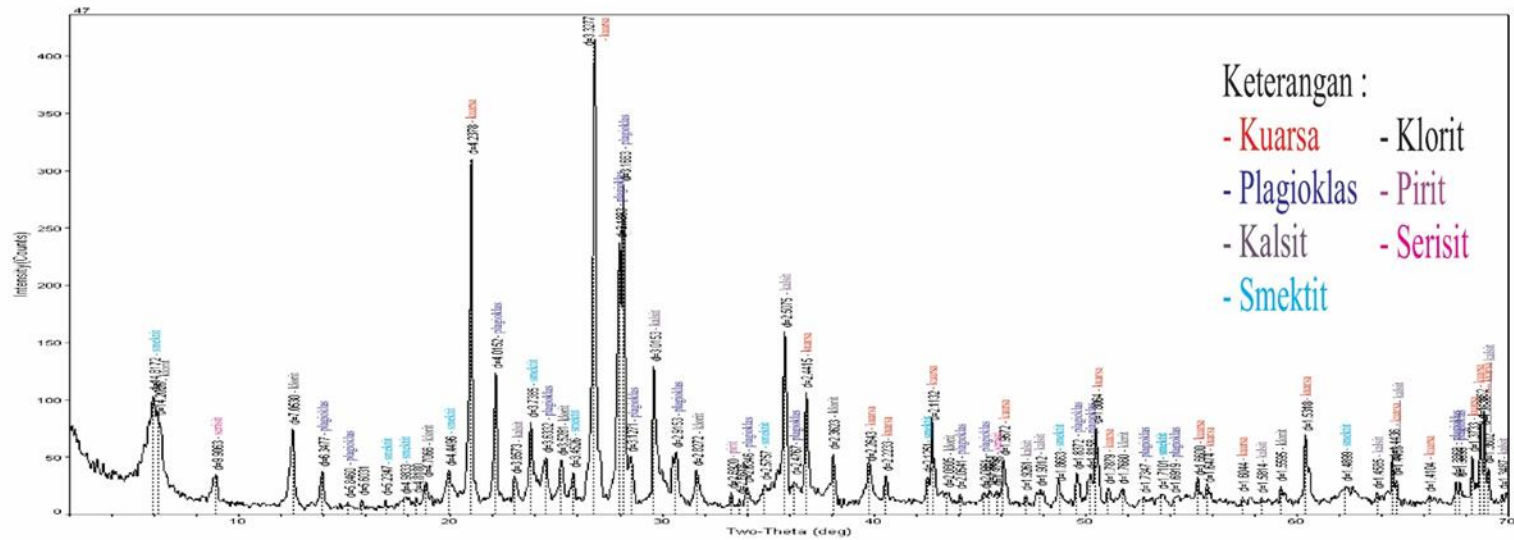


Department of Geological Engineering, UGM

[RINTPC13RD Analyzer]-1-32015VRD.Gru- Friday, May 19, 2018 02:23p (MDI/JAD/BB)

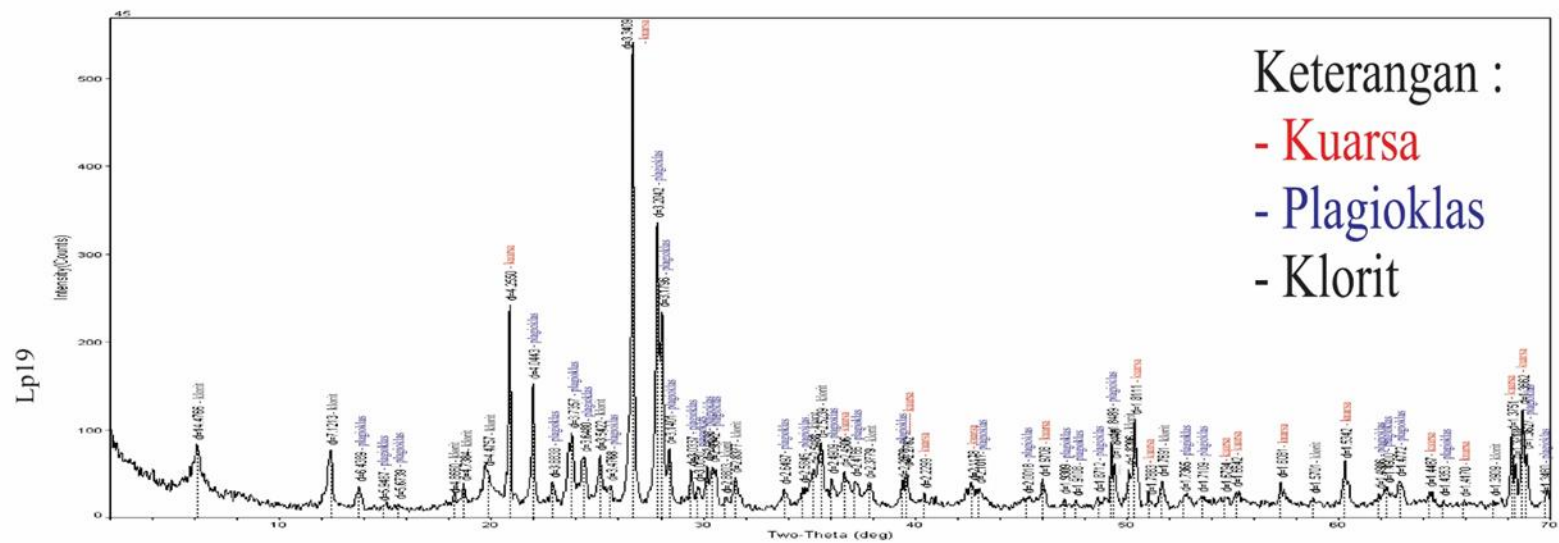






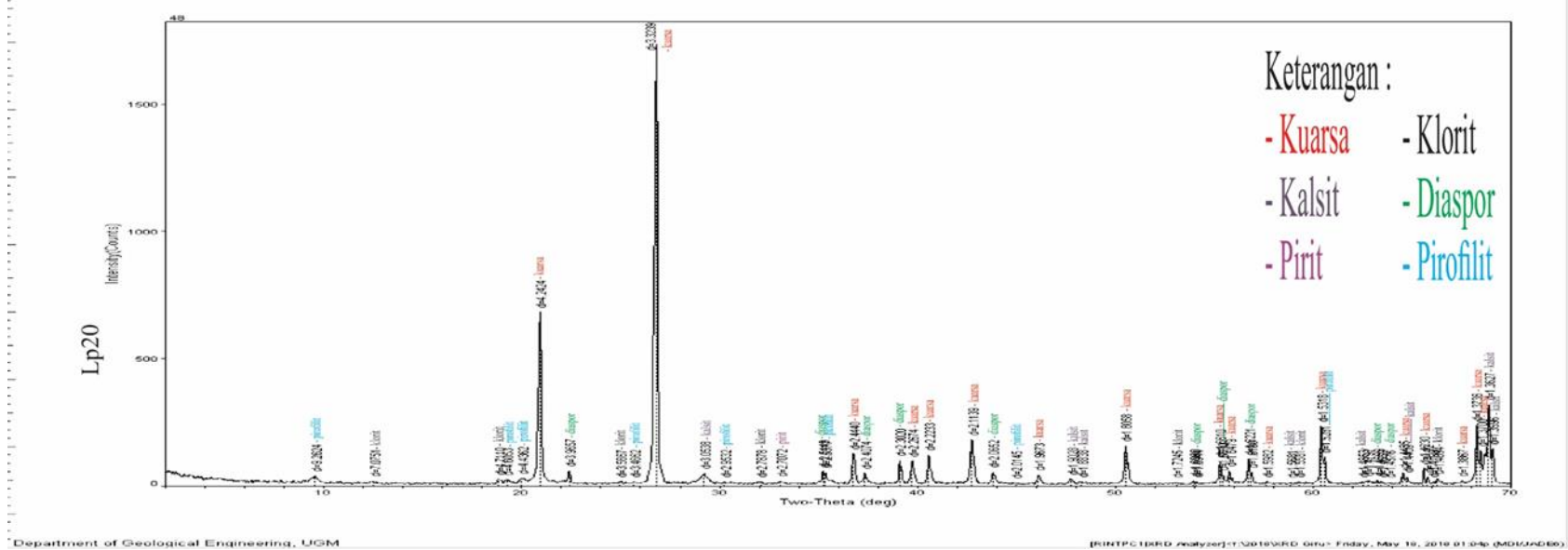
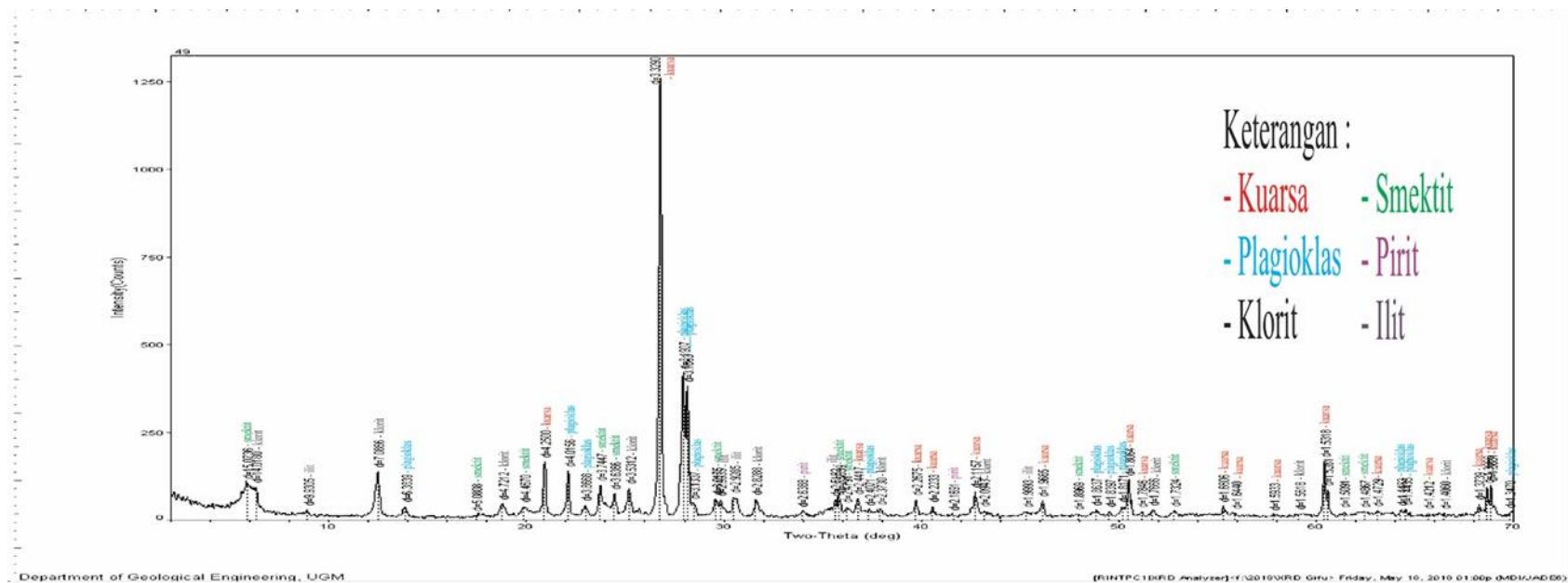
Department of Geological Engineering, UGM

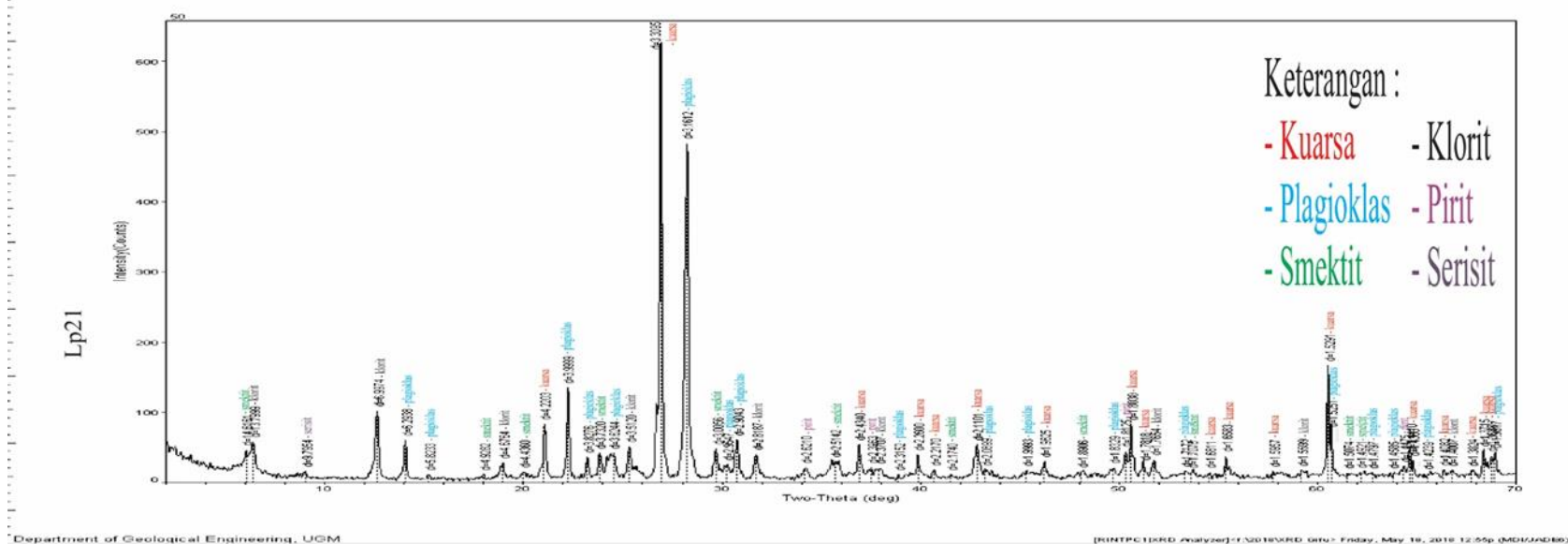
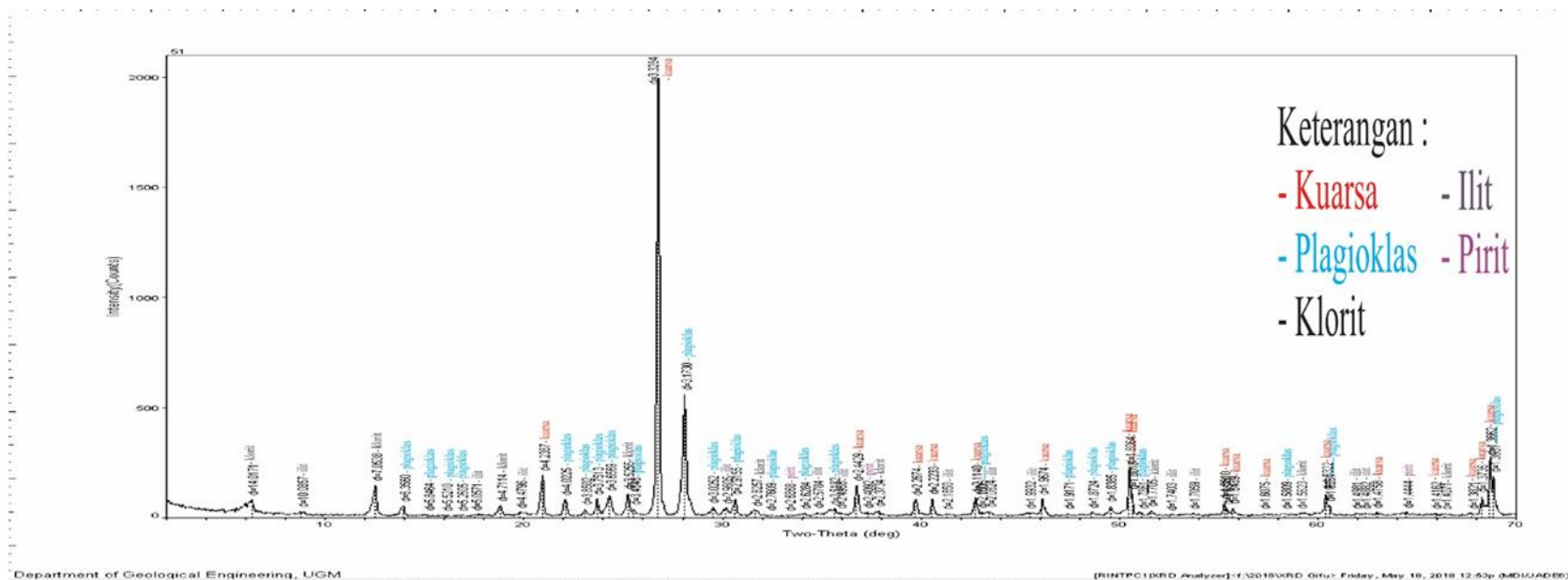
[RINTPC100RD Analyzer] (1:2010V0RD Ciru) Friday, May 10, 2019 01:00p (MDJ/JADE6)

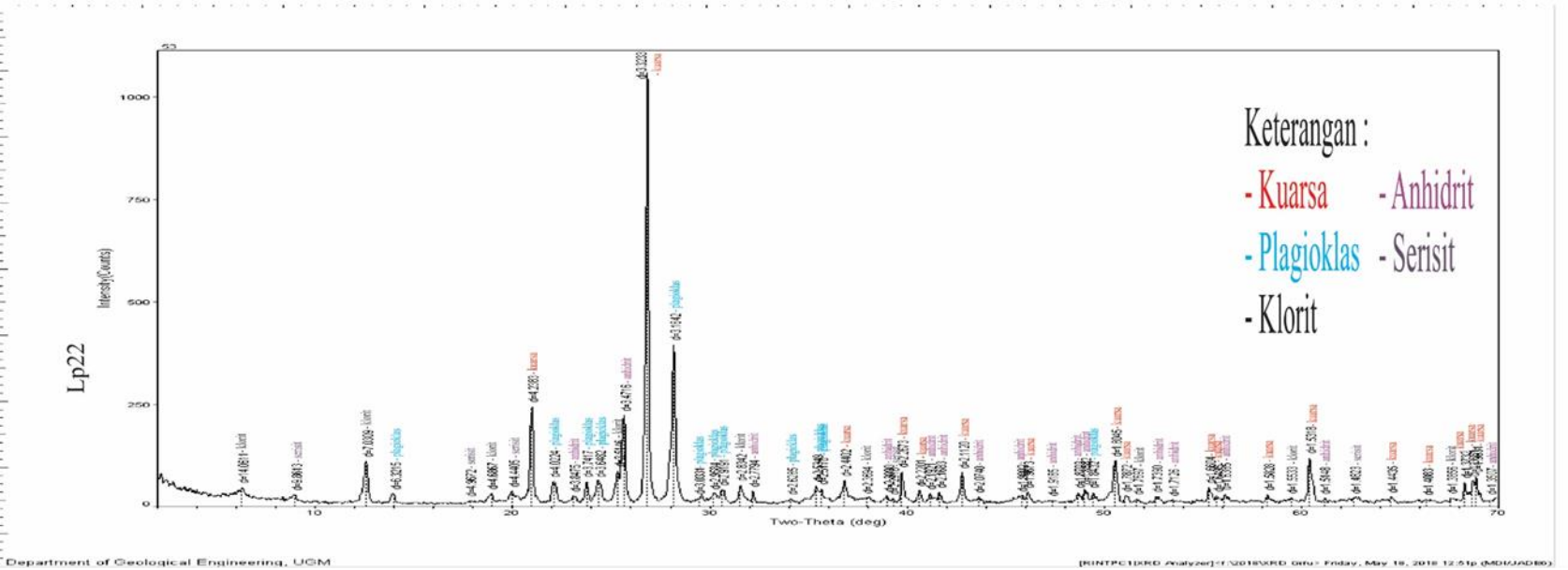
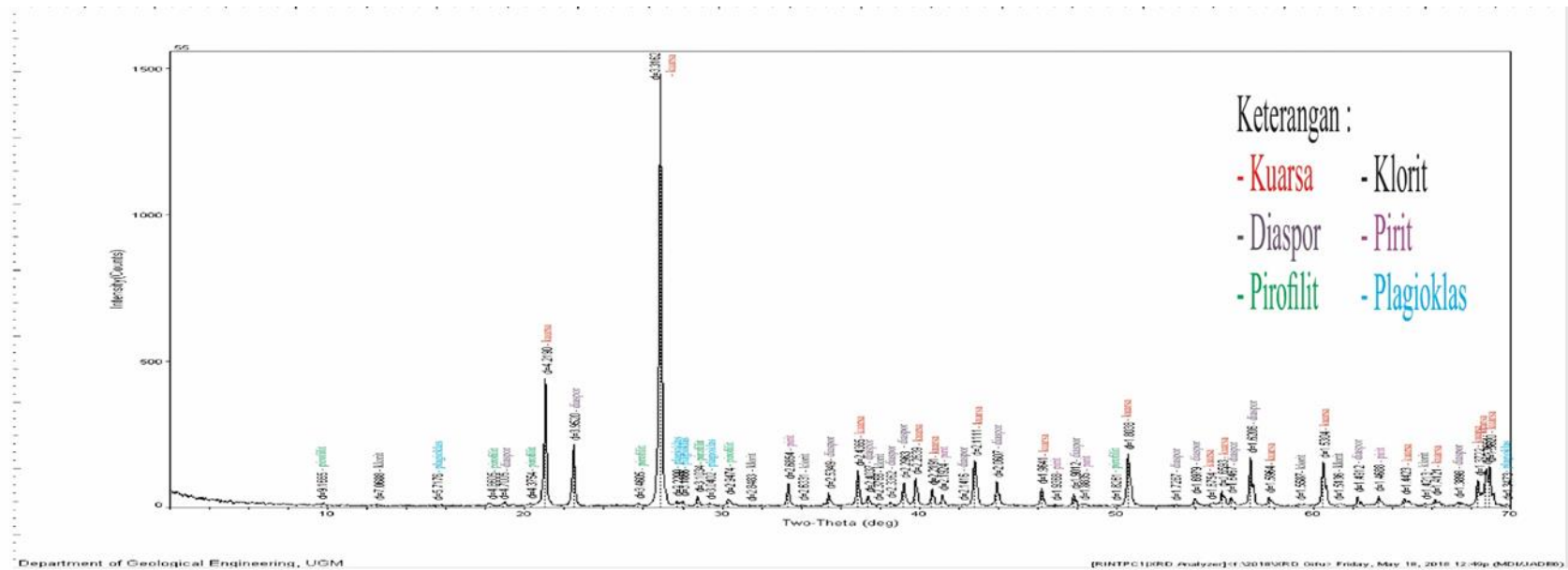


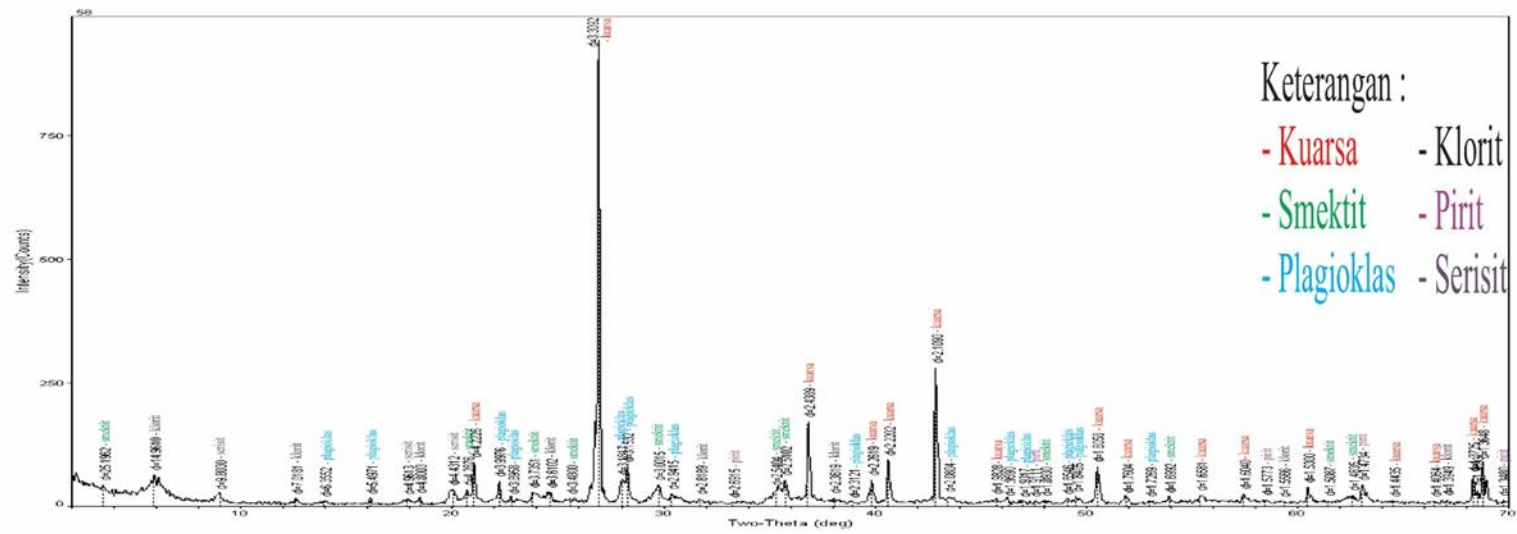
Department of Geological Engineering, UGM

[RINTPC100RD Analyzer] (1:2010V0RD Ciru) Friday, May 10, 2019 01:11p (MDJ/JADE6)



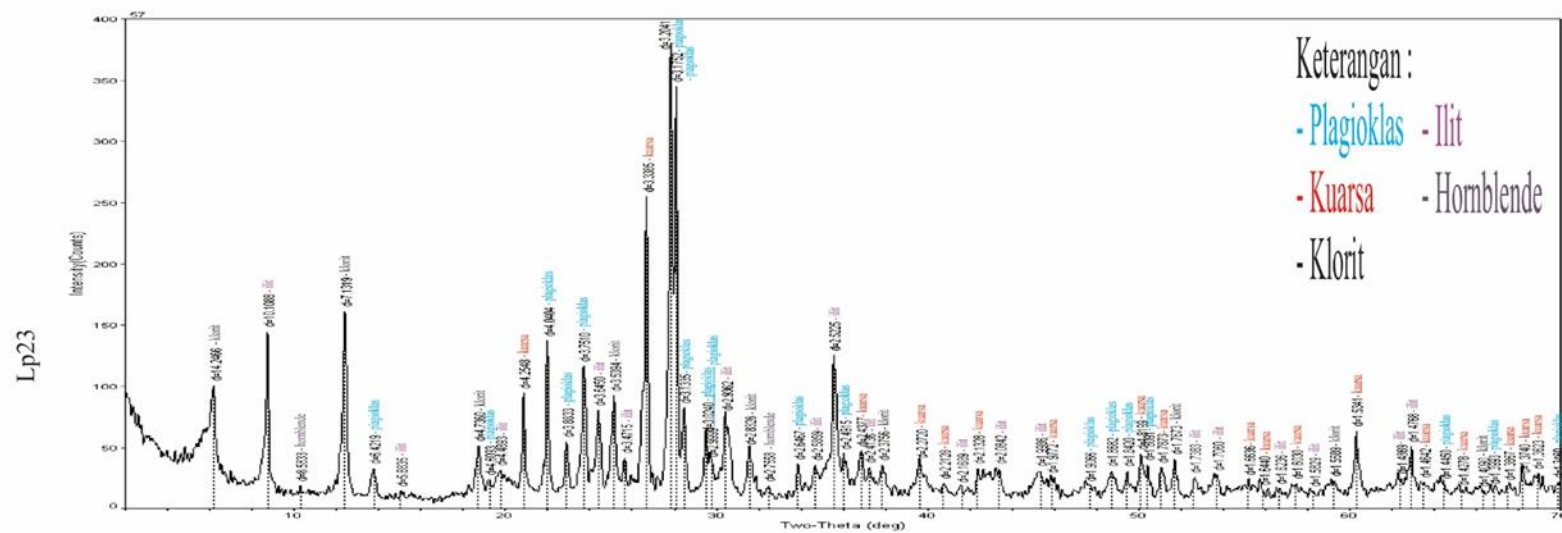






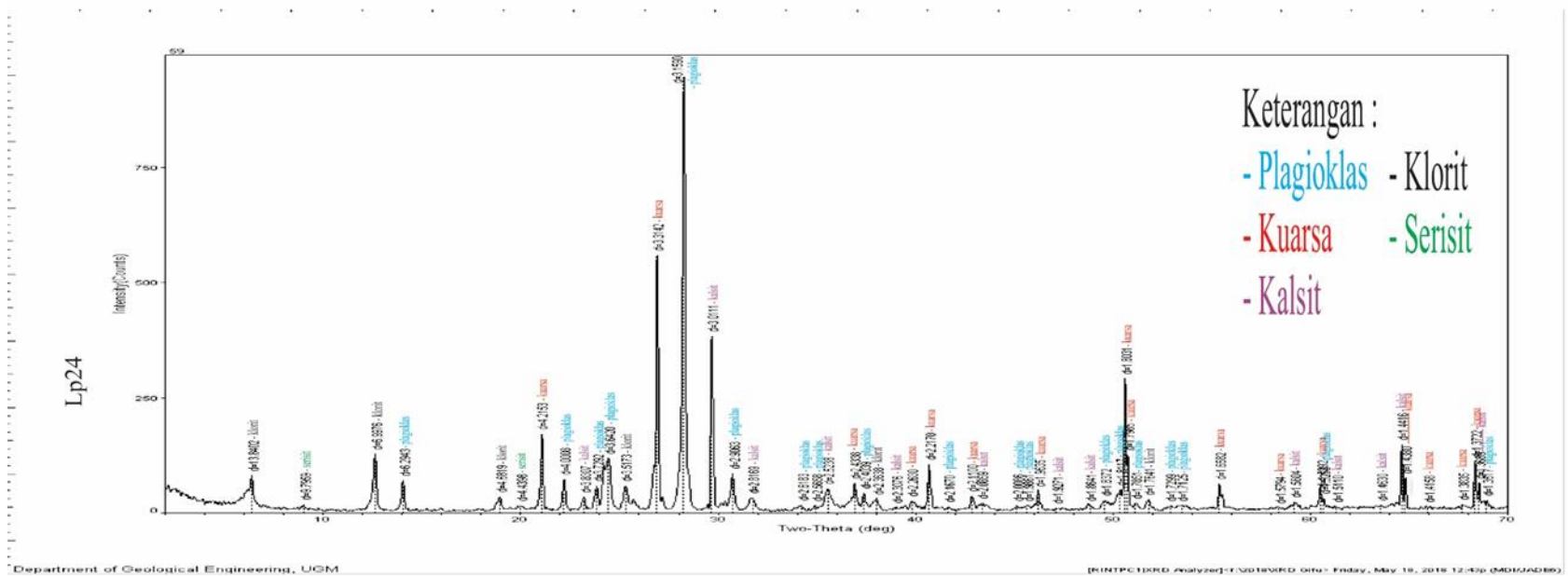
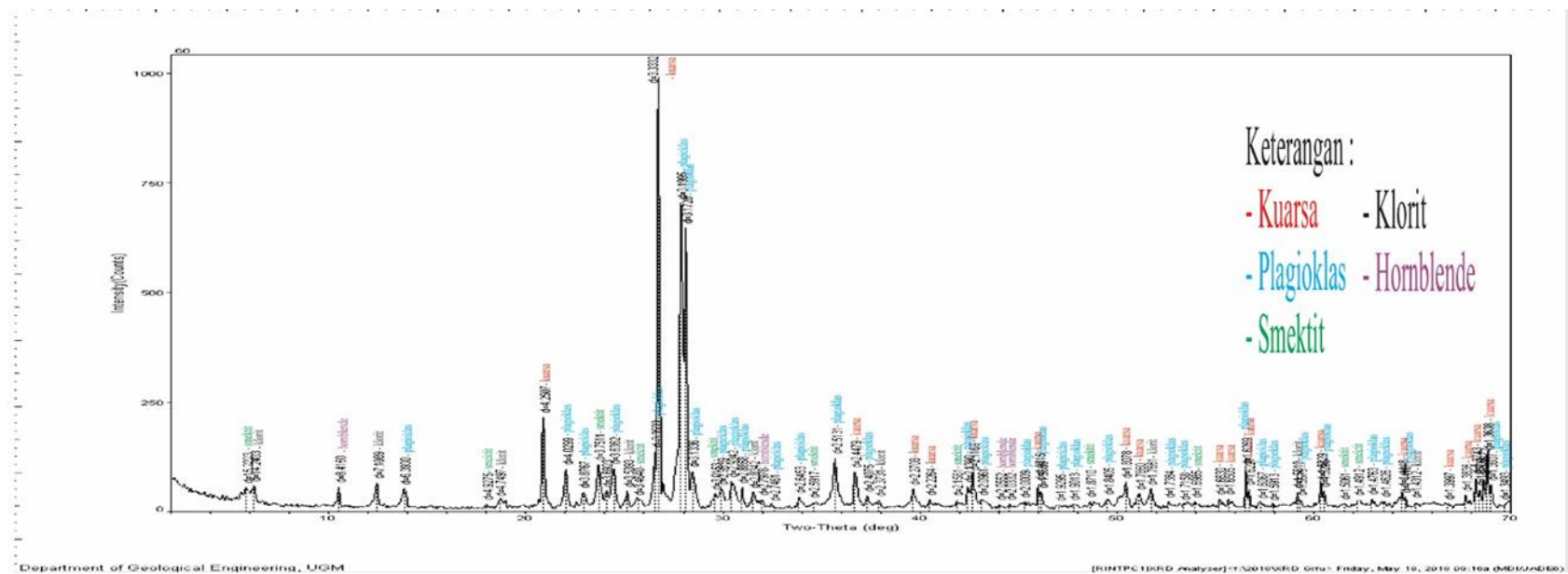
Department of Geological Engineering, UGM

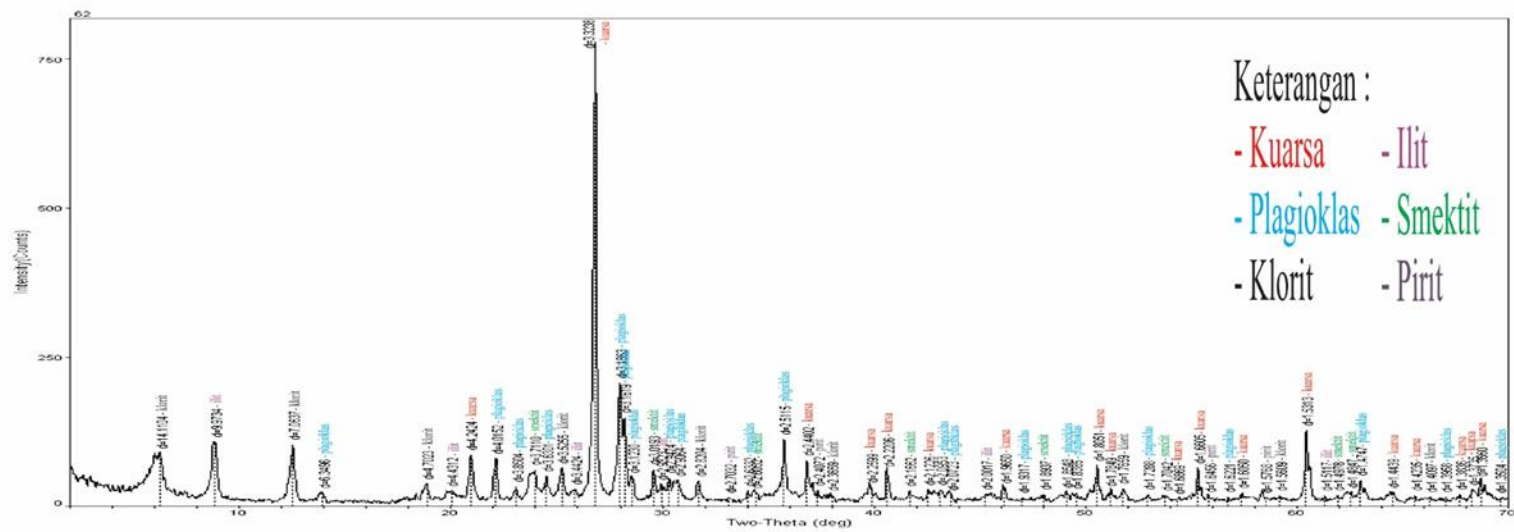
[RINTC1000 Analyzer] (1/2018) (RD Office, Friday, May 19, 2018 12:45p (MDJGAD89))



Department of Geological Engineering, UGM

[RINTC1000 Analyzer] (1/2018) (RD Office, Friday, May 19, 2018 12:47p (MDJGAD89))

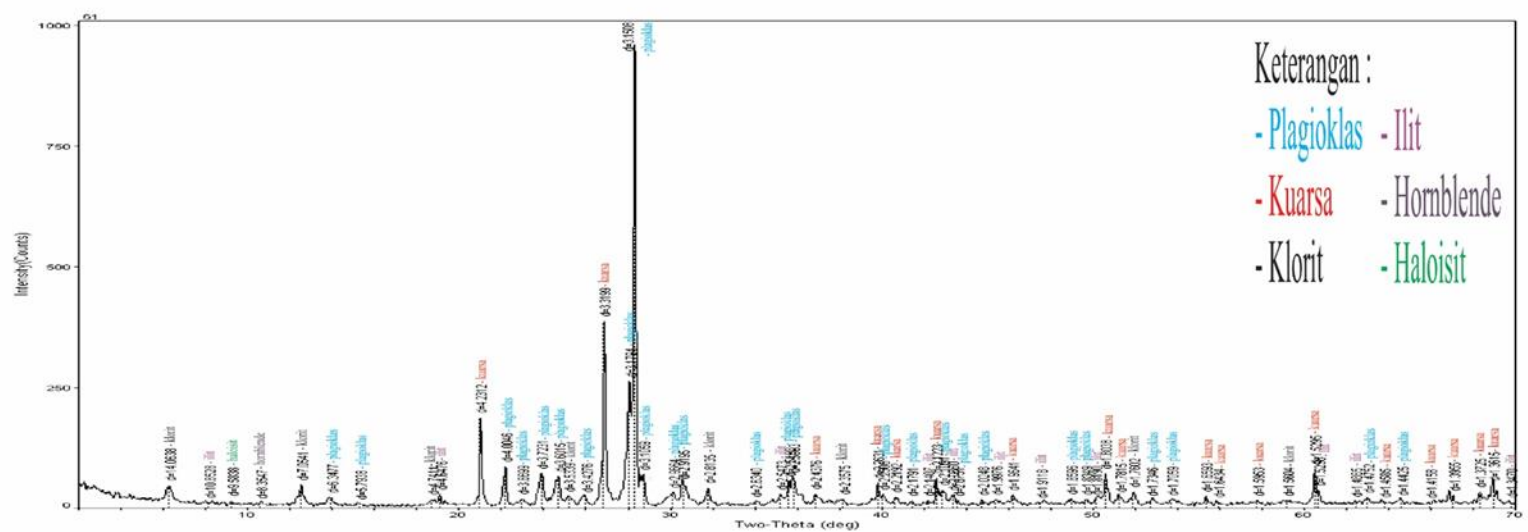




Department of Geological Engineering, UGM

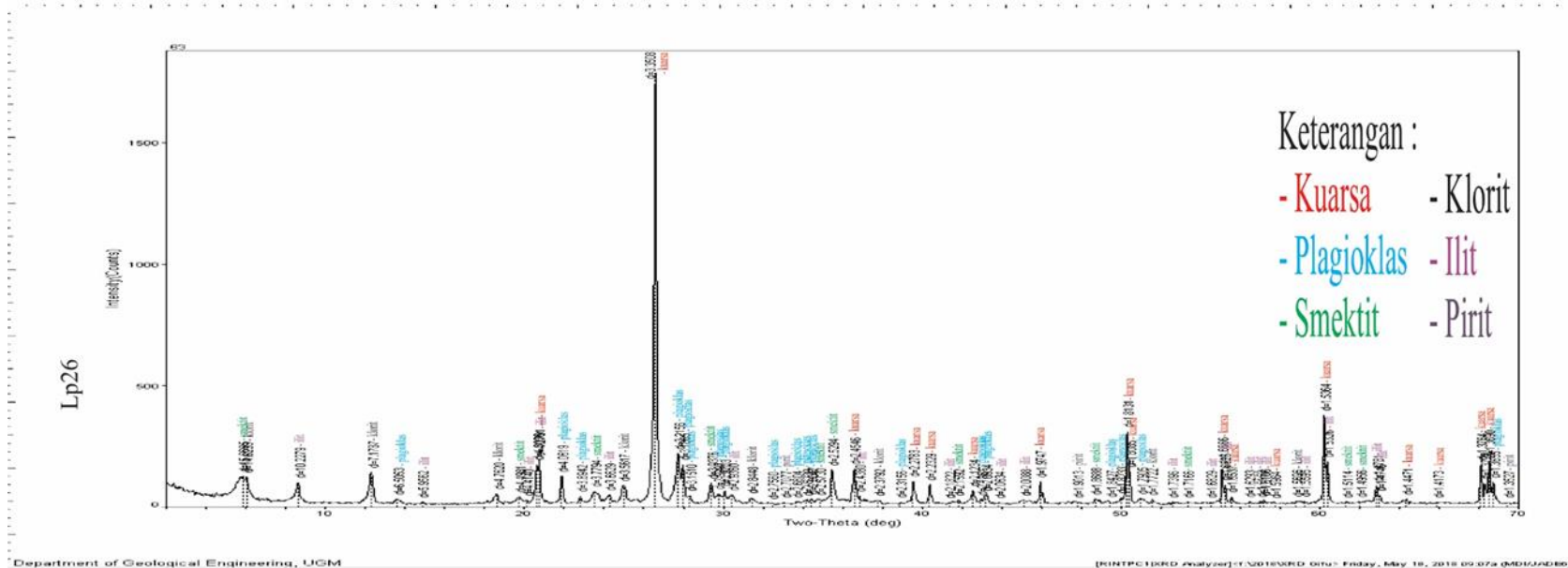
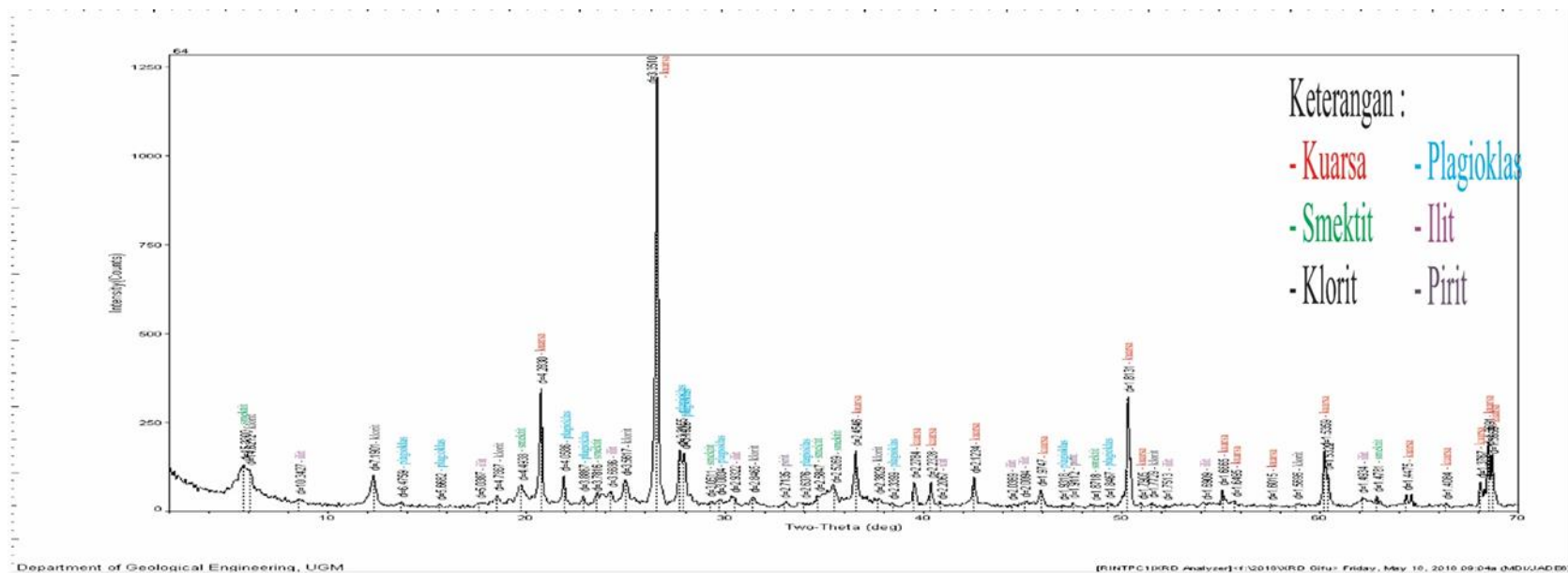
[RINTPC (XRD Analyzer)] (7/2018) (XRD Data) Friday, May 18, 2018 09:11a (MDJ/ADBB)

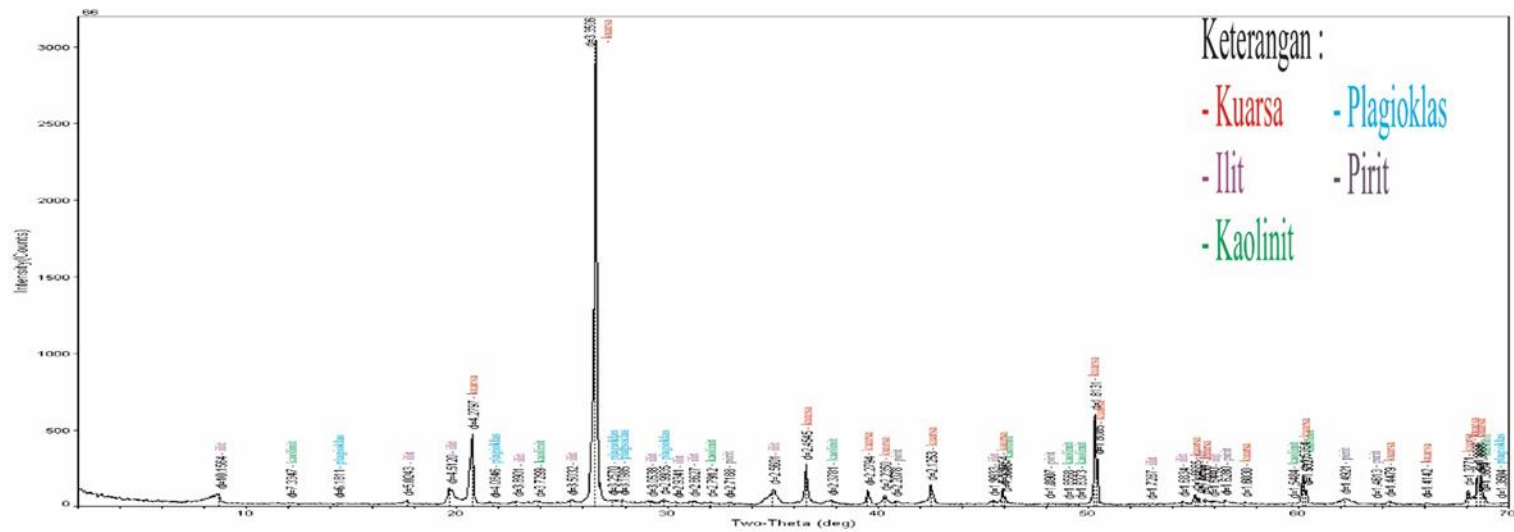
Lp25



Department of Geological Engineering, UGM

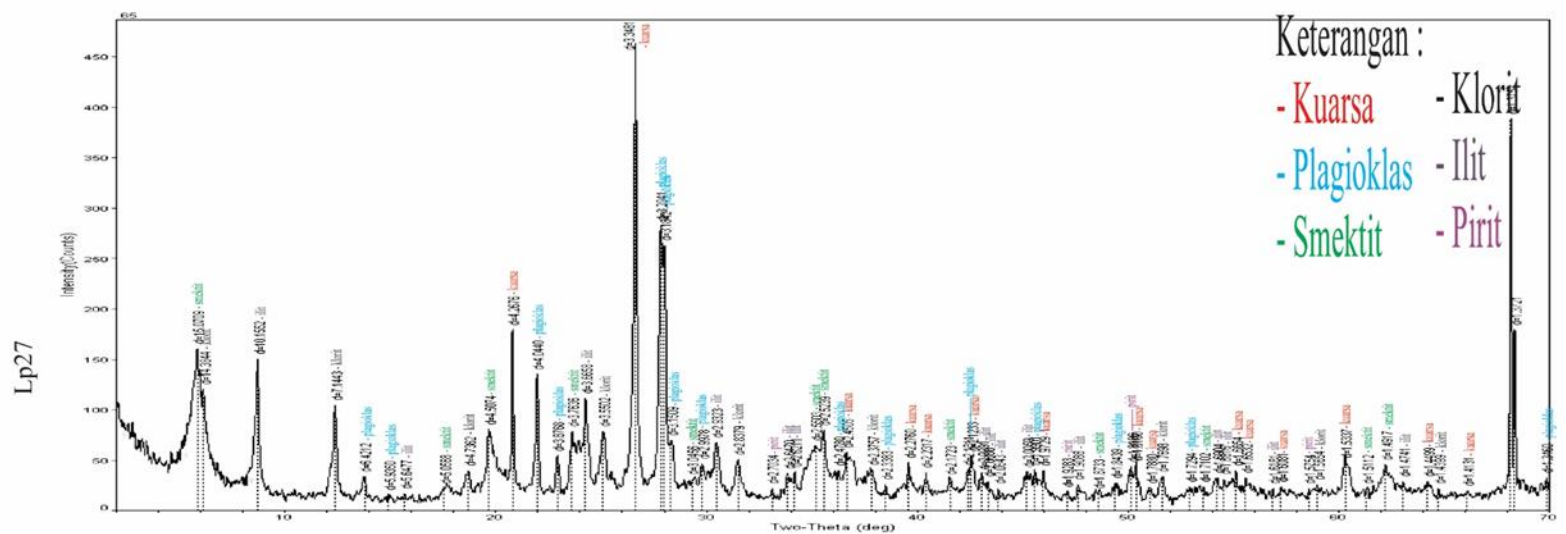
[RINTPC (XRD Analyzer)] (7/2018) (XRD Data) Friday, May 18, 2018 09:13a (MDJ/ADBB)





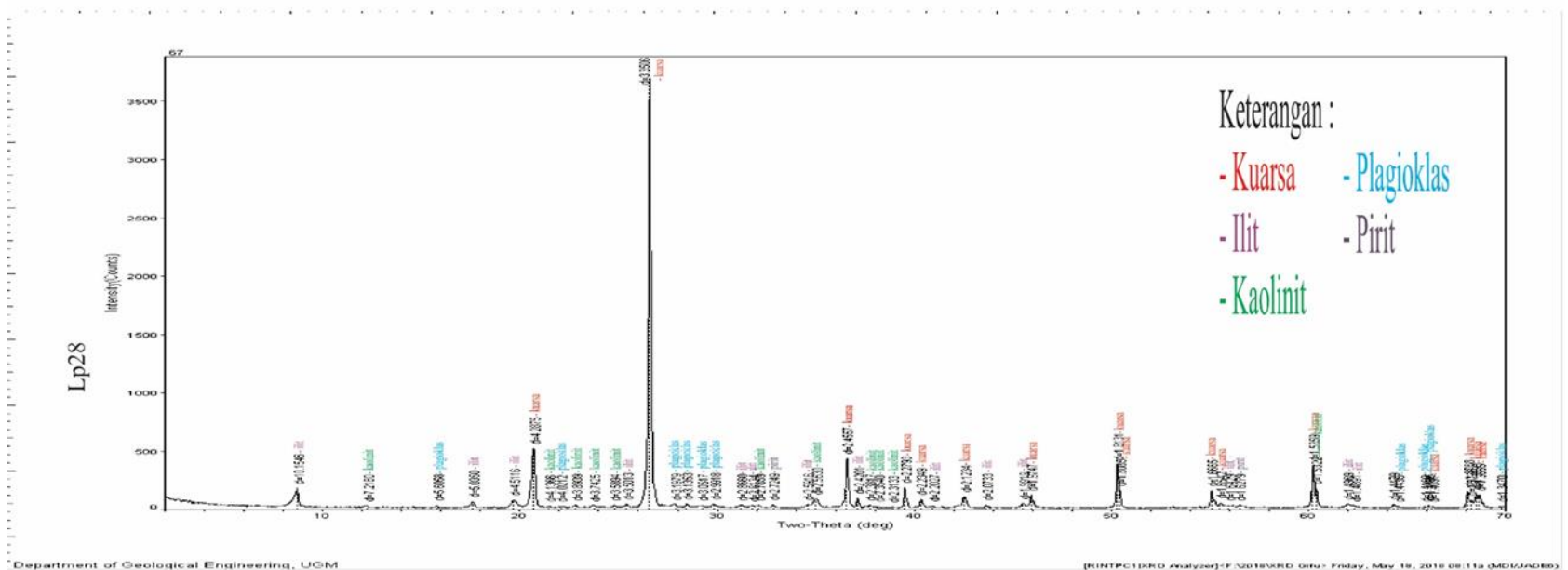
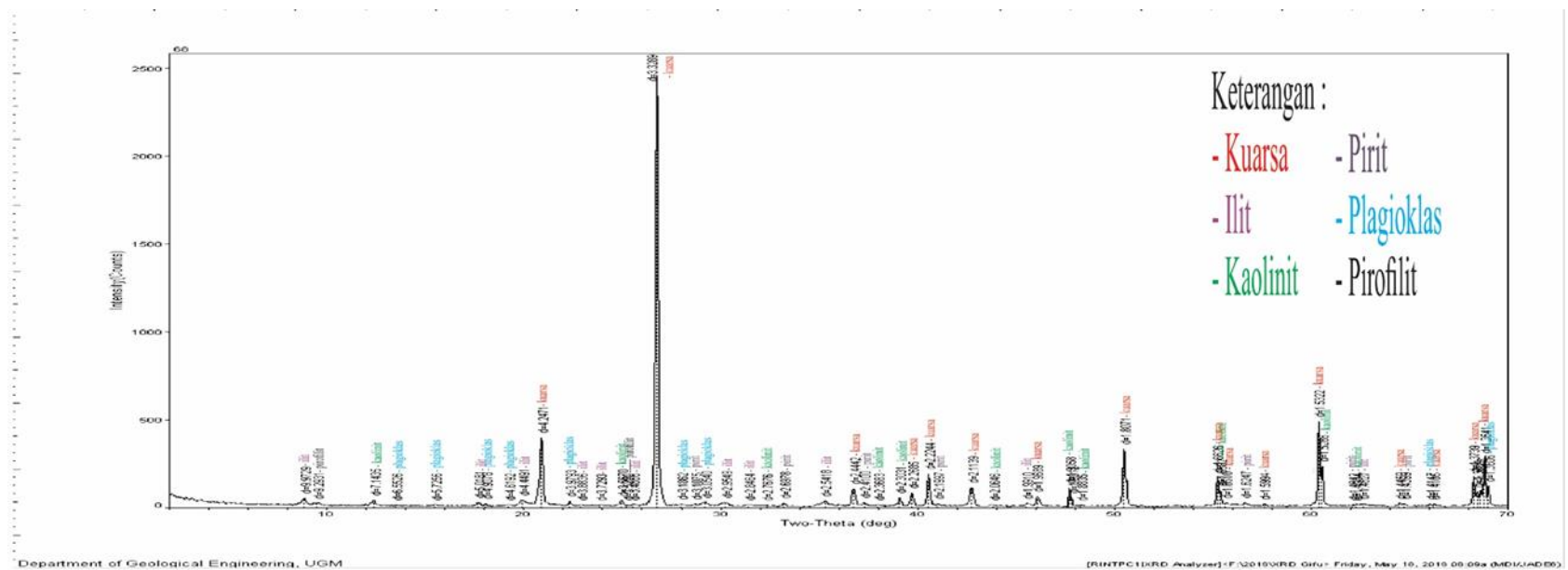
Department of Geological Engineering, UGM

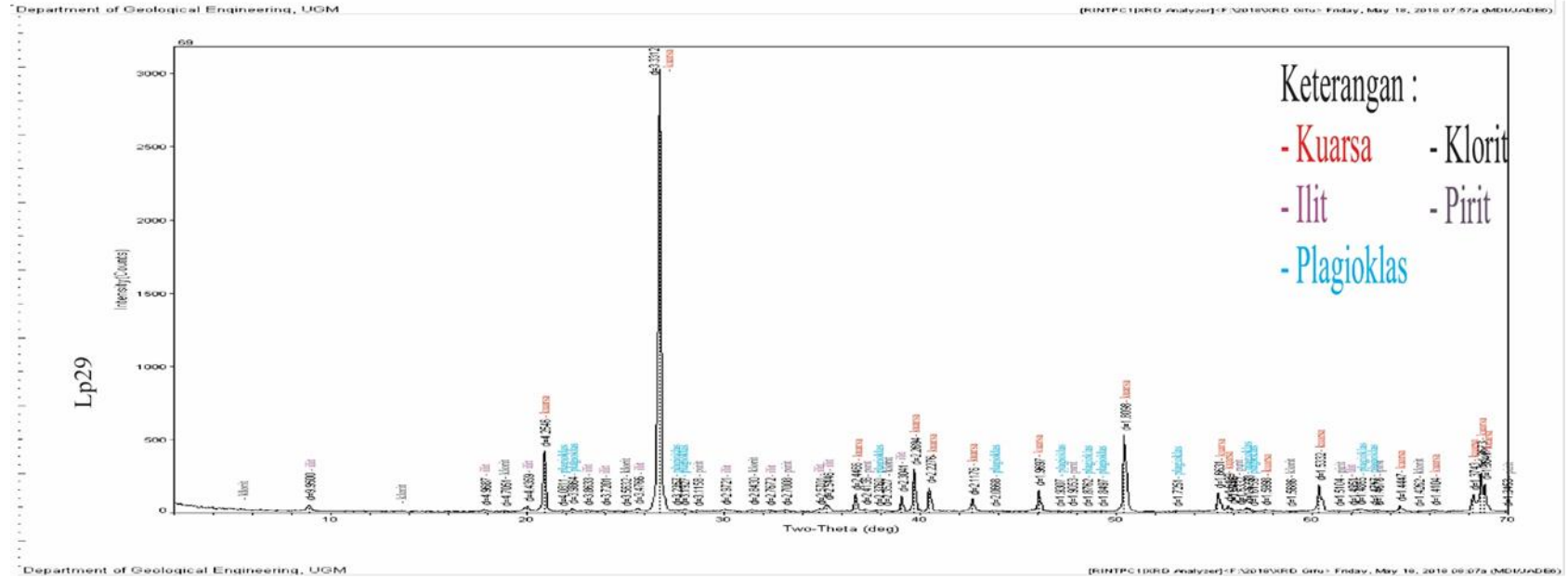
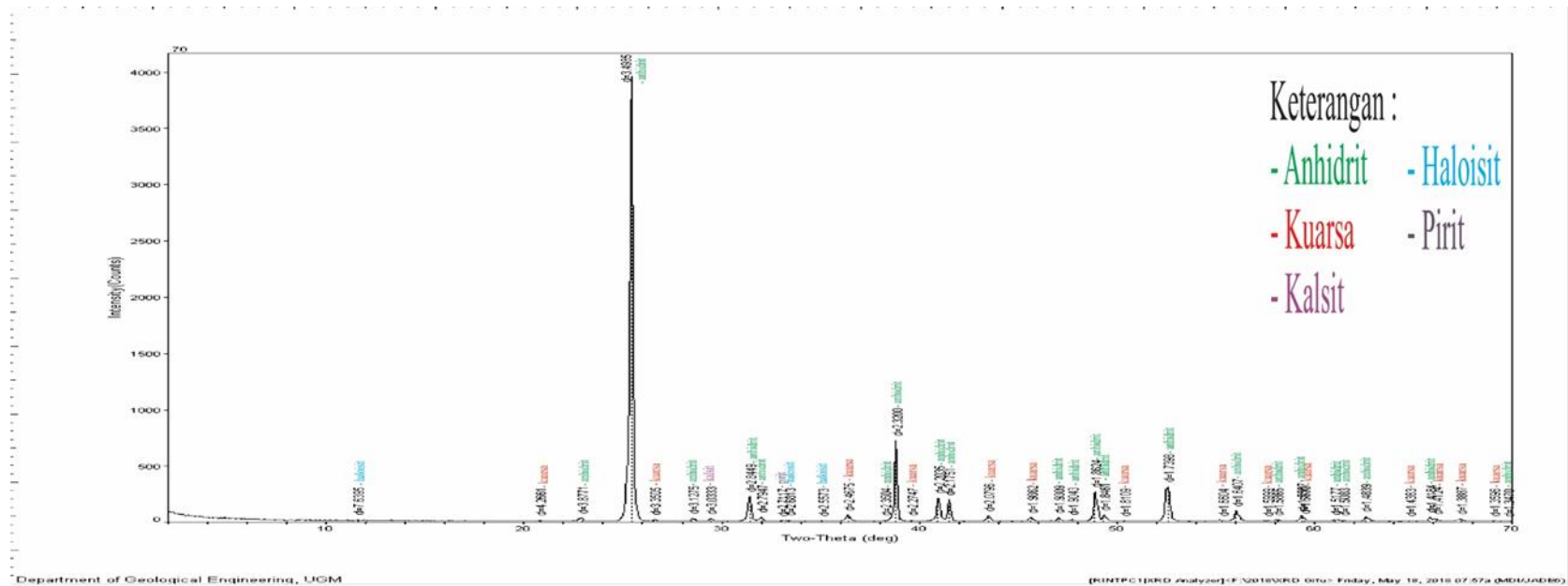
[PRINT] [XRD Analyzer] : F:\2018\XRD Gnu- Friday, May 18, 2018 09:14a (MDJGAD88)

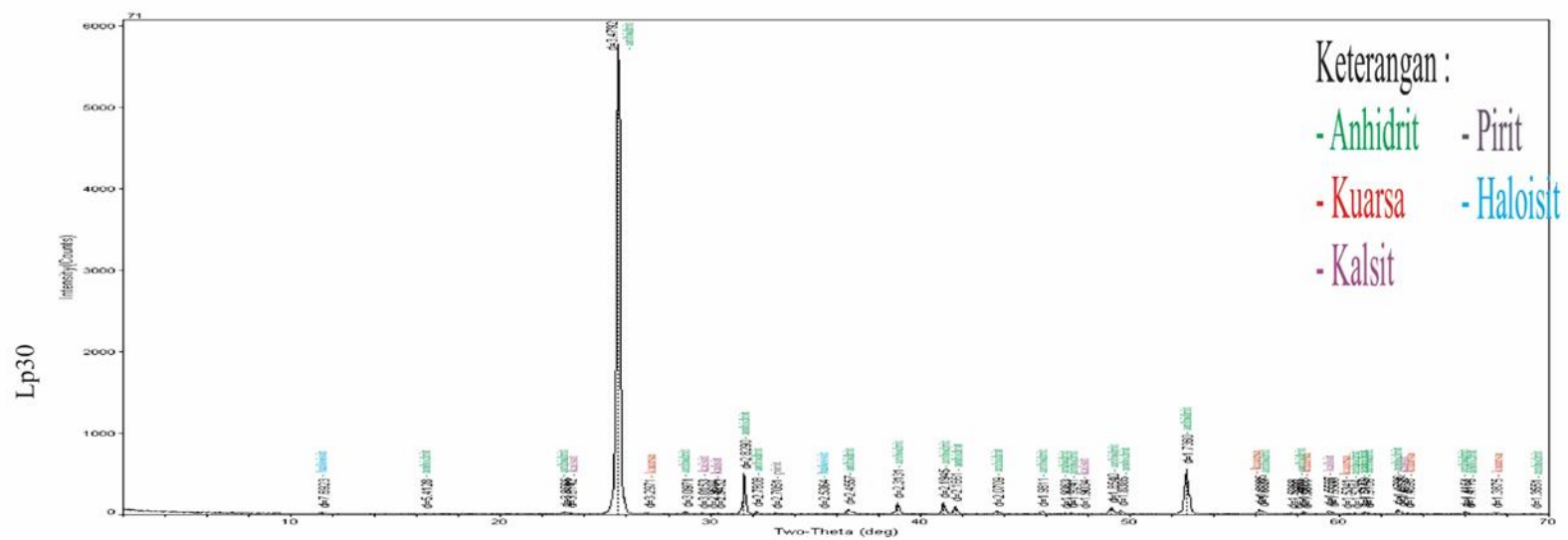
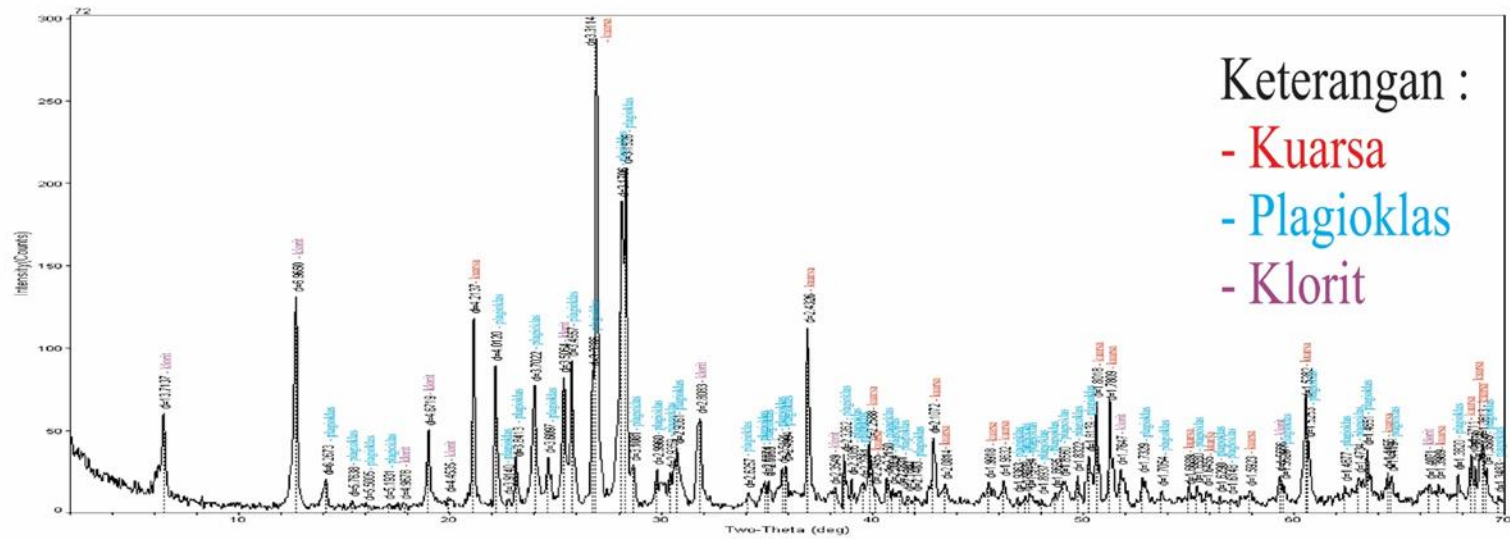


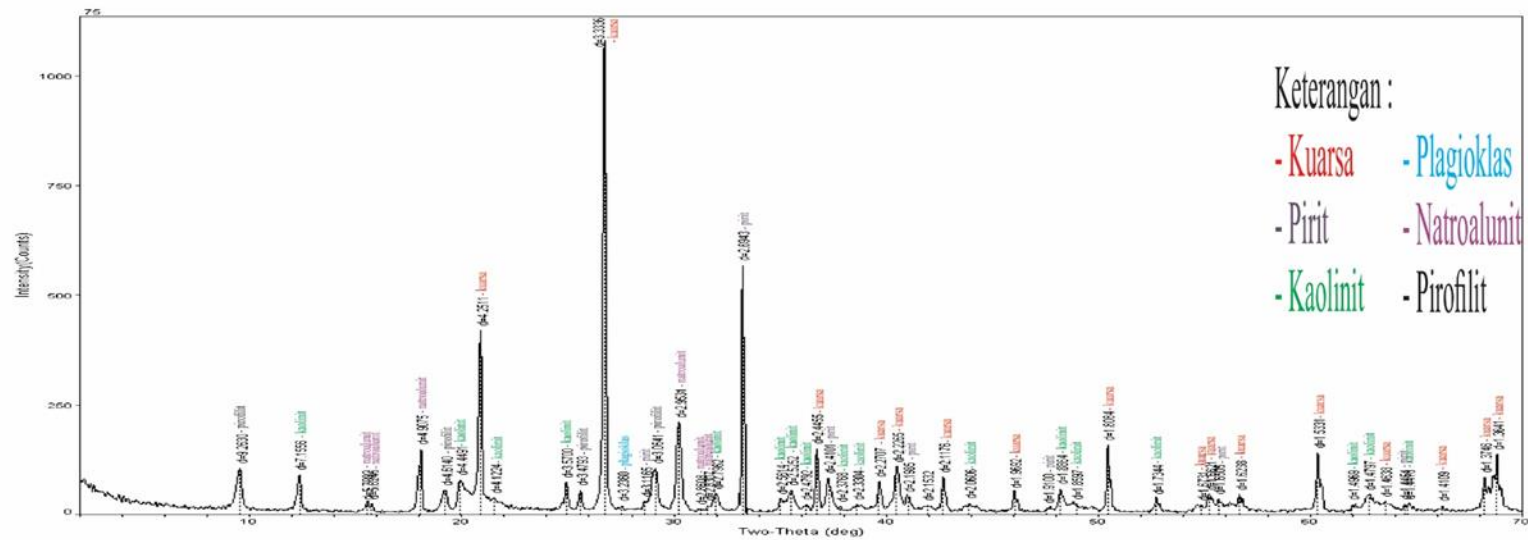
Department of Geological Engineering, UGM

[PRINT] [XRD Analyzer] : F:\2018\XRD Gnu- Friday, May 18, 2018 09:01a (MDJGAD88)





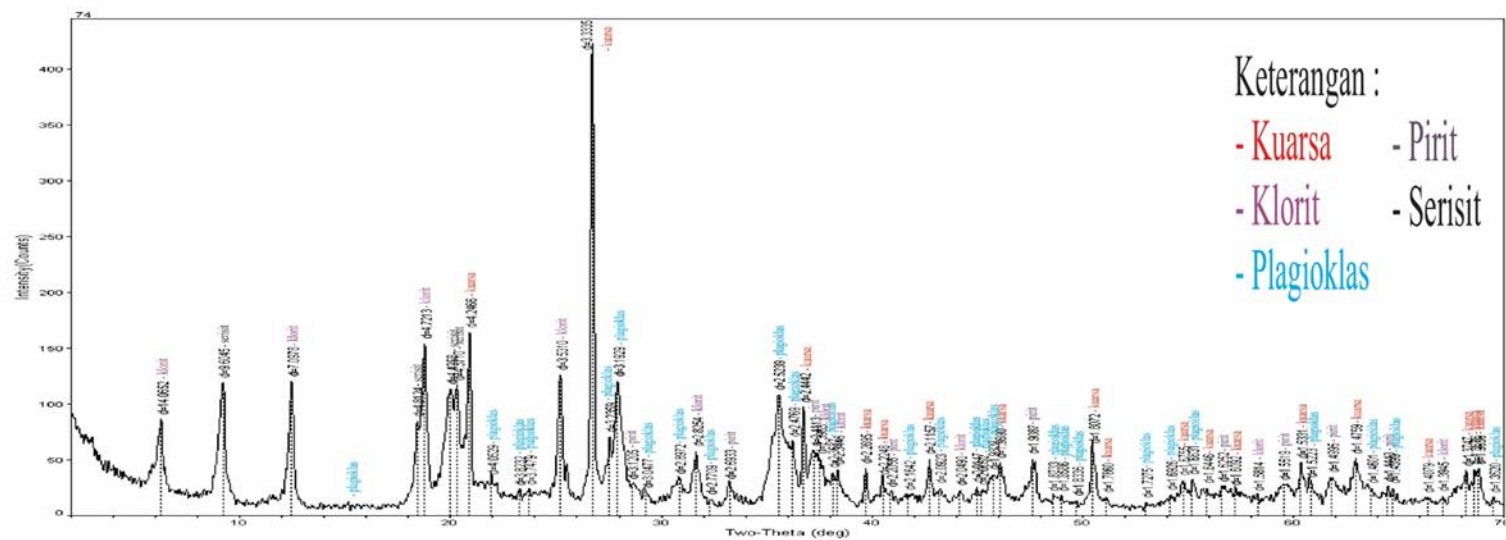




Department of Geological Engineering, UGM

[RINTPC10RD Analyzer]-F:\2019\RD-Gifu- Friday, May 10, 2019 07:47a (M01\AD56)

Lp31



Department of Geological Engineering, UGM

[RINTPC10RD Analyzer]-F:\2019\RD-Gifu- Friday, May 10, 2019 07:50a (M01\AD56)

LAMPIRAN E
Analisis XRF

Tabel 1. Daftar Analisis XRF

Lp61

Result of XRF Analysis

sample	Lith.	Alterasi	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LoI	Total wt. %
			(wt. %)	(wt. %)	(wt. %)	(wt. %)	(wt. %)	(wt. %)	(wt. %)	(wt. %)	(wt. %)	(wt. %)	(wt. %)	
30	Colloviun	Advance Argilik	75.70	0.35	10.58	7.43	0.00	0.11	0.08	0.22	2.87	0.03	5.32	102.69
13	CTF	Advance Argilik	61.39	0.76	15.50	18.58	0.00	0.21	0.20	0.87	0.83	0.32	6.71	105.36
70	CTF	Advance Argilik	2.63	0.01	0.38	1.36	0.10	0.02	31.88	0.09	0.02	0.04		36.53
71	CTF	Advance Argilik	3.39	0.01	0.47	1.40	0.04	0.04	31.92	0.07	0.02	0.02	0.16	37.53
8	CTF	Advance Argilik	55.42	0.83	17.29	8.60	0.26	3.51	5.61	3.59	0.14	0.14	0.17	95.56
38	CTF	Potasik	63.87	0.65	14.98	10.56	0.41	3.06	2.64	1.52	0.40	0.22	4.33	102.64
65	CTF	Advance Argilik	55.85	0.82	20.86	8.43	0.13	4.19	1.62	3.35	2.40	0.08	1.69	99.41
19	LPF	Argilik	52.83	1.22	24.71	17.34	0.00	0.11	0.03	0.21	1.78	0.10	13.92	112.25
32	LPF	Argilik	63.42	0.85	20.89	12.04	0.00	0.09	0.16	0.32	0.32	0.17	10.14	108.40
75	LPF		62.57	0.90	19.59	13.32	0.00	0.07	0.19	1.04	0.76	0.22	19.43	118.09
44	LPF	Advance Argilik	60.52	0.90	21.16	9.22	0.01	0.67	0.34	0.74	4.07	0.26	8.38	106.27
74	LPF	Potasik	48.33	1.33	25.87	11.92	0.02	7.16	0.29	2.12	0.35	0.07	12.15	109.60
64	LPF	Advance Argilik	64.79	0.72	13.95	9.65	0.26	4.58	0.84	1.76	1.06	0.22	3.91	101.72
10	DCF	Potasik	61.98	0.56	15.96	8.04	0.12	2.43	2.34	4.33	1.81	0.19	1.91	99.67
														0.00
57	IBX	Propilitik	51.76	0.92	20.00	10.33	0.32	3.34	4.86	3.75	1.33	0.13		96.74
58	IBX	Propilitik	58.85	0.73	14.28	15.52	0.29	0.40	2.38	1.25	1.79	0.07	1.25	96.79
														0.00
31	DIO	Argilik	60.26	0.79	18.16	8.76	0.49	3.98	2.99	2.64	0.16	0.15	5.84	104.21
25	DIO fg	Filik	57.61	0.73	19.21	5.54	0.14	2.53	5.27	4.33	1.25	0.11	2.64	99.36

CTF Crystal Tuff

LPF Lapilli Tuff

DCF Dacitic Tuff

IBX Intrusi Breccia

Lp62

Result of XRF Analysis

sample	Lith.	Alterasi	Ba	Ce	Cl	Co	Cr	F	Ga	Nb	Ni	Pb	Rb	S
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
30	Colloviun	Advance Argilik	310	N.D	N.D	220	130	N.D	13	3.0	58	3.5	33	480
13	CTF	Advance Argilik	310	36	N.D	270	76	N.D	23	1.6	27	73	18	270
70	CTF	Advance Argilik	N.D	N.D	N.D	10	15	N.D	1.3	N.D	4.8	N.D	1.6	150,000
71	CTF	Advance Argilik	N.D	N.D	N.D	23	12	N.D	1.7	N.D	5.8	N.D	1.7	150,000
8	CTF	Advance Argilik	44	19	N.D	130	42	N.D	16	3.5	18	17	4.6	8,100
38	CTF	Potasik	76	13	58	110	73	N.D	15	3.4	34	51	11	960
65	CTF	Advance Argilik	120	N.D	120	55	53	N.D	17	3.1	27	21	58	1,000
19	LPF	Argilik	270	22	58	74	120	N.D	10	2.6	55	14	30	120
32	LPF	Argilik	160	19	N.D	300	54	N.D	15	2.7	22	21	6.4	270
75	LPF		370	30	31	120	160	N.D	16	2.9	77	180	3.3	760
44	LPF	Advance Argilik	140	17	N.D	110	38	N.D	11	3.3	18	40	82	990
74	LPF	Potasik	160	14	N.D	100	32	N.D	26	3.3	15	48	7.5	4,200
64	LPF	Advance Argilik	100	11	100	36	140	N.D	13	4.1	67	15	31	2,700
10	DCF	Potasik	320	28	100	37	99	N.D	17	3.7	46	160	20	640
57	IBX	Propilitik	100	N.D	54	100	200	N.D	16	2.2	94	10	30	3,000
58	IBX	Propilitik	370	8.7	N.D	100	100	N.D	8.9	1.3	55	6.2	28	6,300
31	DIO	Argilik	53	19	N.D	76	29	N.D	18	3.2	13	13	5.7	2,600
25	DIO fg	Filik	100	14	71	130	140	N.D	16	3.6	64	7.4	27	5,400

Lp63

Result of XRF Analysis

sample	Lith.	Alterasi	Sc (ppm)	Sr (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)	Total (wt.%)
30	Colloviun	Advance Argilik	6,1	20	1,7	N.D	71	8,1	100	97,47
13	CTF	Advance Argilik	10	360	N.D	N.D	200	13	83	98,82
70	CTF	Advance Argilik	47	25	N.D	N.D	5,1	4,0	12	52,14
71	CTF	Advance Argilik	48	27	N.D	N.D	7,1	4,3	12	52,57
8	CTF	Advance Argilik	21	210	2,5	N.D	140	25	100	96,24
38	CTF	Potasik	13	140	0,87	N.D	120	21	77	98,46
65	CTF	Advance Argilik	19	110	2,0	N.D	160	22	67	97,92
19	LPF	Argilik	4,2	230	0,92	N.D	150	6,2	86	98,44
32	LPF	Argilik	27	91	2,5	0,77	220	14	100	98,35
75	LPF		13	200	N.D	N.D	240	11	99	98,86
44	LPF	Advance Argilik	14	310	1,5	N.D	210	32	76	98,04
74	LPF	Potasik	21	85	0,94	N.D	280	36	120	97,93
64	LPF	Advance Argilik	10	38	2,1	N.D	120	22	69	98,20
10	DCF	Potasik	9,9	260	N.D	1,8	97	26	85	97,93
57	IBX	Propilitik	23	200	2,3	N.D	190	22	75	97,13
58	IBX	Propilitik	8,6	150	0,70	N.D	110	11	71	96,28
31	DIO	Argilik	16	180	2,8	0,89	170	23	100	98,65
25	DIO fg	Filik	20	200	3,6	N.D	150	19	72	97,36

Lp64

Result of XRF Analysis

sample	Lith.	Alterasi	SiO2 (wt.%)	TiO2 (wt.%)	Al2O3 (wt.%)	Fe2O3 (wt.%)	MnO (wt.%)	MgO (wt.%)	CaO (wt.%)	Na2O (wt.%)	K2O (wt.%)	P2O5 (wt.%)	LoI (wt.%)	Total wt.%
16	ETI	Advance Argilik	70,64	0,41	9,80	11,07	0,01	1,13	0,13	0,35	2,27	0,06	5,68	101,56
66	ETI	Advance Argilik	77,27	0,38	11,62	4,77	0,01	0,27	0,20	0,29	2,53	0,07		97,41
67	ETI	Advance Argilik	85,59	0,24	7,35	4,21	0,01	0,05	0,03	0,17	0,86	0,05		98,55
68	ETI	Advance Argilik	80,83	0,28	9,68	4,21	0,01	0,20	0,04	0,15	2,12	0,04		97,56
17	ETI	Potasik	65,58	0,45	13,70	8,74	0,14	1,87	0,91	4,44	1,15	0,10	2,44	99,51
18A	ETI	Potasik	72,48	0,39	11,55	8,66	0,00	0,17	0,08	0,57	2,36	0,09	6,20	102,55
18B	ETI	Potasik	72,71	0,39	11,60	8,70	0,00	0,17	0,08	0,56	2,37	0,09	6,20	102,87
20	ETI	Filik	63,01	0,63	14,46	10,72	0,18	3,18	1,06	3,70	1,00	0,14	2,20	100,28
22	ETI	Propilitik	64,01	0,46	13,04	9,77	0,20	2,16	2,77	3,39	0,86	0,07	1,74	98,48
23	ETI	Propilitik	63,00	0,59	17,13	6,71	0,23	3,07	3,11	2,47	1,53	0,16	3,40	101,40
50	ETI	Filik	67,56	0,40	12,55	7,71	0,10	1,57	1,57	4,49	0,58	0,09		96,60
51	ETI	Potasik	71,75	0,33	10,77	7,36	0,09	1,50	0,81	3,54	0,52	0,08		96,75
52	ETI	Potasik	75,80	0,41	11,11	4,57	0,02	0,72	0,23	0,22	2,39	0,10	4,08	99,62
26	ITI	Advance Argilik	64,19	0,52	14,87	6,35	0,13	2,77	2,73	3,41	1,12	0,14		96,22
37	ITI	Advance Argilik	72,64	0,48	12,31	4,61	0,00	0,07	2,56	0,22	1,26	0,10	7,35	101,60
69	ITI	Advance Argilik	82,80	0,30	8,96	4,52	0,00	0,08	0,11	0,25	1,11	0,06		98,18
7	ITI	Propilitik	60,17	0,63	16,10	7,35	0,18	1,95	5,47	3,69	1,03	0,14	1,33	98,04
39	ITI	Potasik	52,38	0,76	15,19	7,61	0,28	4,39	6,29	3,51	1,46	0,09	2,00	93,94
62	ITI	Potasik	59,20	0,64	14,49	11,65	0,16	2,92	2,81	3,09	2,02	0,11		97,09
63	ITI	Potasik	65,96	0,44	9,46	11,67	0,15	1,92	2,56	1,81	1,58	0,08	1,19	96,81
45	ITI	Filik	55,11	0,70	17,81	13,47	0,15	3,08	1,39	3,66	1,24	0,08	3,21	99,89
2	ITI	Potasik	66,58	0,46	13,49	7,99	0,23	1,49	2,62	4,09	1,36	0,13	1,65	100,09
6	ITI	Propilitik	55,25	0,68	17,25	8,39	0,28	1,68	7,17	5,01	1,23	0,13		97,06
12	ITI	Potasik	51,41	0,84	20,59	9,29	0,22	2,80	5,67	3,28	0,64	0,12	3,70	98,56
28	ITI	Potasik	59,73	0,53	15,02	5,95	0,10	2,13	5,40	4,07	0,95	0,16	1,78	95,80
33	ITI	Potasik	55,44	0,88	19,54	7,40	0,31	2,56	4,29	4,81	1,87	0,08	1,00	98,17
33	ITI	Potasik	60,64	0,91	18,58	8,42	0,20	4,39	2,37	1,04	1,12	0,16	1,00	98,82
53	ITI	Potasik	62,62	0,42	13,46	6,49	0,05	2,02	3,78	2,99	0,67	0,12	3,54	96,14

CTF Crystal Tuff

LPF Lapilli Tuff

DCF Dacitic Tuff

IBX Intrusi Breccia

Lp65

Result of XRF Analysis

sample	Lith.	Alterasi	Ba (ppm)	Ce (ppm)	Cl (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	F (ppm)	Ga (ppm)	Nb (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Rb (ppm)	S (ppm)
16	ETI	Advance Argilik	340	N.D	40	240	160	N.D	10	2,5	83	14	38	1.200
66	ETI	Advance Argilik	600	27	N.D	220	100	N.D	11	4,5	43	39	31	510
67	ETI	Advance Argilik	220	64	40	320	140	N.D	8,3	4,3	63	42	13	100
68	ETI	Advance Argilik	260	8,5	59	300	110	N.D	9,8	4,0	46	8,0	27	220
17	ETI	Potasik	330	16	69	230	100	N.D	14	2,7	45	14	18	650
18A	ETI	Potasik	180	39	33	200	140	N.D	12	3,3	61	34	35	930
18B	ETI	Potasik	190	39	55	200	140	N.D	13	2,9	62	35	35	910
20	ETI	Filik	100	9,0	N.D	220	140	N.D	16	2,6	61	11	23	670
22	ETI	Propilitik	170	17	82	100	150	N.D	16	3,2	68	15	19	4.000
23	ETI	Propilitik	340	17	N.D	100	130	N.D	17	4,6	62	11	33	2.300
50	ETI	Filik	240	14	N.D	230	180	N.D	16	3,7	78	14	9,2	2.100
51	ETI	Potasik	150	10	38	210	170	N.D	12	2,4	74	8,1	10	1.000
52	ETI	Potasik	550	24	N.D	210	160	N.D	9,4	3,9	71	11	26	970
26	ITI	Advance Argilik	420	16	N.D	120	120	N.D	16	4,1	56	12	22	6.000
37	ITI	Advance Argilik	160	29	N.D	110	230	N.D	11	5,2	100	22	12	10.000
69	ITI	Advance Argilik	220	36	56	210	160	N.D	10	4,2	71	46	13	560
7	ITI	Propilitik	100	9	67	150	140	N.D	14	3,0	68	6,0	20	4.400
39	ITI	Potasik	90	8,3	200	91	310	N.D	14	3,3	140	9,6	38	15.000
62	ITI	Potasik	100	11	100	140	99	N.D	15	3,0	45	4,4	43	3.400
63	ITI	Potasik	90	N.D	49	150	100	N.D	12	2,1	47	4,9	27	5.900
45	ITI	Filik	90	N.D	N.D	100	51	N.D	15	1,2	23	27	28	1.200
2	ITI	Potasik	370	12	45	140	310	N.D	14	3,7	140	4,5	14	530
6	ITI	Propilitik	150	11	47	120	290	N.D	16	3,8	130	7,7	9,6	2.900
12	ITI	Potasik	89	8,5	46	64	69	N.D	17	2,2	30	7,3	10	9.500
28	ITI	Potasik	250	12	56	180	370	N.D	14	4,4	170	9,9	19	11.000
33	ITI	Potasik	170	15	43	120	290	N.D	15	3,3	130	9,9	35	1.600
33	ITI	Potasik	120	9,5	63	36	150	N.D	18	4,1	76	17	30	3.500
53	ITI	Potasik	210	N.D	N.D	190	270	N.D	13	4,0	120	7,5	12	13.000

Lp66

Result of XRF Analysis

sample	Lith.	Alterasi	Sc (ppm)	Sr (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)	Total (wt.%)
16	ETI	Advance Argilik	6,7	44	1,3	N.D	76	14	58	96,09
66	ETI	Advance Argilik	8,2	81	1,8	1,3	38	23	140	97,52
67	ETI	Advance Argilik	3,9	91	2,7	1,0	23	4,2	93	98,55
68	ETI	Advance Argilik	4,7	44	2,6	N.D	39	11	100	97,60
17	ETI	Potasik	7,4	150	2,3	0,84	82	12	72	97,20
18A	ETI	Potasik	5,1	100	1,4	N.D	76	19	68	96,46
18B	ETI	Potasik	4,4	100	1,0	N.D	74	18	67	96,81
20	ETI	Filik	13	120	2,5	N.D	140	18	71	98,21
22	ETI	Propilitik	8,3	190	2,0	N.D	85	15	75	97,22
23	ETI	Propilitik	12	230	3,1	N.D	120	15	94	98,31
50	ETI	Filik	7,3	210	2,3	N.D	74	14	75	96,85
51	ETI	Potasik	4,6	140	2,3	1,4	70	10	60	96,89
52	ETI	Potasik	5,6	92	2,0	0,90	34	21	110	95,68
26	ITI	Advance Argilik	10	250	2,5	1,3	100	12	67	96,88
37	ITI	Advance Argilik	11	200	2,1	1,5	15	31	130	95,36
69	ITI	Advance Argilik	2,8	71	1,0	1,1	40	11	52	98,25
7	ITI	Propilitik	18	220	3,0	0,85	130	18	64	97,24
39	ITI	Potasik	24	180	1,4	N.D	140	18	60	93,62
62	ITI	Potasik	11	150	3,1	N.D	140	16	77	97,56
63	ITI	Potasik	10	97	1,5	N.D	110	13	52	96,31
45	ITI	Filik	14	110	1,0	N.D	170	15	58	96,84
2	ITI	Potasik	8,6	290	2,1	N.D	84	12	76	98,58
6	ITI	Propilitik	22	240	2,3	N.D	130	21	68	97,43
12	ITI	Potasik	22	180	1,8	1,3	200	15	56	95,85
28	ITI	Potasik	14	330	1,8	N.D	88	13	91	95,29
33	ITI	Potasik	21	270	2,4	N.D	150	22	66	97,44
33	ITI	Potasik	19	100	1,8	0,82	280	20	95	98,25
53	ITI	Potasik	11	220	2,0	N.D	80	12	67	93,99

Lp67

Result of XRF Analysis

sample	Lith.	Alterasi	SiO2 (wt.%)	TiO2 (wt.%)	Al2O3 (wt.%)	Fe2O3 (wt.%)	MnO (wt.%)	MgO (wt.%)	CaO (wt.%)	Na2O (wt.%)	K2O (wt.%)	P2O5 (wt.%)	LoI (wt.%)	Total wt.%
35	LTI	Potasik	62.25	0.54	16.41	6.14	0.18	2.16	6.01	3.91	0.97	0.16		98.73
40	LTI	Advance Argilik	60.22	0.45	12.09	7.81	0.06	1.69	5.03	1.20	1.75	0.12	6.50	96.93
47	LTI	Propilitik	64.77	0.51	15.71	5.83	0.18	2.38	3.17	3.51	1.10	0.15	2.54	99.82
59	LTI	Advance Argilik	66.71	0.43	12.93	8.89	0.10	1.76	1.64	4.71	0.59	0.11	1.20	99.05
60	LTI	Advance Argilik	64.39	0.46	14.73	6.75	0.18	1.60	4.67	4.17	1.18	0.16	1.17	99.44
61	LTI	Propilitik	60.06	0.58	16.28	6.66	0.17	2.61	6.25	3.75	1.01	0.16		97.54
72	LTI	Propilitik	61.16	0.55	16.55	5.68	0.08	2.29	6.41	3.57	0.75	0.14	1.75	98.93

ETI Early Tonalite

ITI Intermediate Tonalite

LTI Late Tonalite

Lp68

Result of XRF Analysis

sample	Lith.	Alterasi	Ba (ppm)	Ce (ppm)	Cl (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	F (ppm)	Ga (ppm)	Nb (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Rb (ppm)	S (ppm)
35	LTI	Potasik	390	14	81	140	390	N.D	17	4,8	180	4,3	12	1.100
40	LTI	Advance Argilik	400	15	N.D	200	240	N.D	11	3,5	110	5,2	29	20.000
47	LTI	Propilitik	320	14	45	54	190	N.D	17	4,9	90	18	24	3.400
59	LTI	Advance Argilik	230	15	43	200	120	N.D	17	4,0	52	13	9,7	1.700
60	LTI	Advance Argilik	390	9,7	63	160	390	N.D	15	3,7	180	4,0	15	1.200
61	LTI	Propilitik	410	15	51	100	330	N.D	16	4,2	150	6,1	17	850
72	LTI	Propilitik	280	23	N.D	170	330	N.D	16	4,4	150	11	14	5.700

Lp69

Result of XRF Analysis

sample	Lith.	Alterasi	Sc (ppm)	Sr (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)	Total (wt.%)
35	LTI	Potasik	15	410	2,5	N.D	99	13	82	99,01
40	LTI	Advance Argilik	12	250	0,91	N.D	99	10	59	92,57
47	LTI	Propilitik	10	260	2,0	N.D	83	12	92	97,72
59	LTI	Advance Argilik	7,1	220	2,3	N.D	91	16	79	98,11
60	LTI	Advance Argilik	12	340	2,1	0,93	79	15	92	98,53
61	LTI	Propilitik	17	410	2,4	1,1	120	14	76	97,76
72	LTI	Propilitik	16	410	1,6	2,0	100	14	88	97,87

LAMPIRAN F
Analisis ICP-MS

Tabel 1. Daftar Analisis ICP-MS

Lp70

No Sampel	Litologi	Alterasi	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)
No.6	Tonalit	Propilitik	18.03	5.48	12.81	1.83	8.58	2.33	0.95	2.97	0.53	3.34	0.69	1.99	0.29	1.86	0.28
No.10	Tuff-Lapili	Potasik	23.78	9.80	23.92	3.27	15.31	3.98	1.30	4.47	0.74	4.36	0.90	2.51	0.35	2.19	0.32
No.17	Tonalit	Potasik	9.99	6.46	14.69	1.94	8.54	1.97	0.73	2.05	0.31	1.81	0.37	1.04	0.14	0.94	0.14
No.18	Tonalit	Potasik	14.99	9.58	23.74	3.16	14.55	3.50	0.99	3.66	0.56	3.07	0.57	1.53	0.22	1.30	0.18
No.25	Diorit	Filik	16.70	5.17	12.51	1.81	8.59	2.41	0.96	2.98	0.49	3.14	0.65	1.95	0.28	1.79	0.26
No.33	Tuff-Lapili	Potasik	19.92	4.25	10.90	1.57	7.93	2.27	1.07	3.12	0.56	3.68	0.75	2.27	0.30	2.01	0.28
No.50	Tonalit	Filik	10.97	6.16	14.09	1.86	8.38	2.07	0.63	2.16	0.30	1.83	0.38	1.10	0.14	0.92	0.13
No.51	Tonalit	Potasik	7.57	5.33	11.97	1.53	6.72	1.50	0.61	1.65	0.23	1.43	0.27	0.77	0.10	0.65	0.08
No.62	Tonalit	Potasik	13.25	5.91	13.85	1.87	8.76	2.29	0.76	2.53	0.42	2.50	0.51	1.41	0.19	1.26	0.16
No.64	Tuff-Lapili	Advance Argilik	16.93	4.76	12.24	1.84	9.15	2.64	1.05	3.28	0.53	3.24	0.65	1.93	0.25	1.44	0.19
No.70	Tuff-Lapili	Advance Argilik	2.12	0.35	0.20	0.06	0.39	0.07	0.02	0.15	0.02	0.17	0.05	0.13	0.01	0.10	0.01
No.72	Tonalit	Propilitik	11.38	8.94	20.13	2.59	11.16	2.54	0.96	2.49	0.40	2.14	0.44	1.20	0.16	1.11	0.16

No Sampel	Litologi	Alterasi	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)
No.19	Tuff-Lapili	Argilik	1.85	3.14	7.57	1.02	4.06	0.70	0.52	0.60	0.12	0.40	0.12	0.34	0.08	0.40	0.14
No.30	COL	Advance Argilik	4.37	1.64	5.10	0.76	3.49	0.98	0.36	0.91	0.17	1.11	0.23	0.67	0.10	0.63	0.09
No.31	Diorit	Argilik	19.36	8.00	18.69	2.60	11.96	3.12	1.08	3.51	0.57	3.61	0.75	2.21	0.30	1.97	0.29
No.35	Tonalit	Potasik	10.92	9.06	20.39	2.59	11.11	2.53	0.95	2.72	0.40	2.12	0.41	1.25	0.17	1.09	0.16
No.44	Tuff-Lapili	Advance Argilik	24.73	8.04	20.10	2.94	14.11	3.90	1.56	4.46	0.78	4.70	0.96	2.84	0.38	2.22	0.41
No.45	Tonalit	Filik	12.81	3.61	8.42	1.19	5.47	1.58	0.68	2.06	0.37	2.43	0.49	1.46	0.20	1.19	0.18
No.57	IBX	Propilitik	19.47	4.22	10.84	1.61	7.94	2.32	0.93	3.09	0.54	3.73	0.78	2.40	0.32	1.98	0.30
No.65	Tuff-Lapili	Advance Argilik	19.03	3.50	8.83	1.29	6.33	1.98	0.89	2.81	0.55	3.41	0.78	2.14	0.31	1.74	0.24
No.67	Tonalit	Advance Argilik	1.56	4.03	8.98	1.12	4.69	0.86	0.32	0.69	0.08	0.40	0.07	0.23	0.03	0.20	0.03
No.68	Tonalit	Advance Argilik	5.53	1.75	4.39	0.62	2.88	0.80	0.36	0.95	0.17	1.12	0.25	0.80	0.11	0.75	0.11
No.69	Tuff-Lapili	Advance Argilik	6.98	2.71	7.14	1.01	4.50	1.23	0.36	1.35	0.23	1.46	0.29	0.81	0.11	0.69	0.11
No.74	Tuff-Lapili	Potasik	23.42	4.23	10.10	1.39	6.32	2.00	0.70	2.91	0.60	4.23	0.96	2.77	0.46	2.43	0.39

LAMPIRAN G
Analisis AAS

Tabel 1. Data Kelimpahan Unsur Logam pada Daerah Penelitian

Lp71

Nomer Sampel	Litologi	Alterasi	Au	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Sb	Mo
2	Tonalit	Advance Argilik	0.31	1070	8	316	1	<1	1	2
3	Tonalit	Advance Argilik	0.10	384	13	202	<1	1	1	2
4	Tonalit	Advance Argilik	0.37	959	13	173	<1	1	1	4
5	Tonalit	Advance Argilik	0.23	917	14	249	<1	3	3	7
6	Tonalit	Propilitik	0.62	2420	14	159	<1	3	<1	9
7	Tonalit	Propilitik	0.43	1920	9	176	<1	1	<1	8
8	Tonalit	Advance Argilik	0.21	1190	9	223	1	10	<1	14
9	Tonalit	Advance Argilik	0.30	1720	9	499	<1	1	1	58
10	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0.06	248	5	48	<1	2	<1	49
11	Fuff-Lapili	Potasik	0.15	768	5	158	<1	<1	1	18
12	Tonalit	Potasik	0.76	4010	16	253	2	<1	<1	64
13	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0.04	115	24	30	<1	9	<1	14
14	Fuff-Lapili	Argilik	0.04	76	17	60	<1	8	<1	27
15	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0.26	1610	27	149	<1	6	<1	89
16	Tonalit	Advance Argilik	0.76	5130	6	124	1	16	<1	10
17	Tonalit	Potasik	0.61	4540	6	103	<1	<1	<1	17
18	Tonalit	Potasik	0.73	5360	9	169	<1	10	<1	10
19	Fuff-Lapili	Argilik	0.10	1070	13	42	<1	135	<1	19
20	Tonalit	Filik	0.47	3540	15	594	2	1	<1	21
21	Tonalit	Filik	0.10	1280	28	469	1	1	<1	91
22	Tonalit	Propilitik	0.38	3540	10	607	1	1	<1	83
23	Tonalit	Propilitik	0.63	3820	7	84	<1	<1	<1	36
24	Tonalit	Propilitik	0.35	7370	14	132	2	3	1	5
25	Diorit	Filik	0.37	2210	<4	177	<1	<1	<1	21
26	Tonalit	Advance Argilik	0.35	2330	6	145	<1	3	1	70
29	Tonalit	Potasik	0.47	2860	14	266	<1	4	<1	11
30	COL	Advance Argilik	<0.01	41	11	89	<1	9	1	<1
31	Diorit	Argilik	0.02	29	35	289	<1	4	1	<1
32	Tonalit	Argilik	0.02	50	9	137	<1	8	<1	1
33	Fuff-Lapili	Potasik	0.21	2550	9	178	<1	<1	<1	5
35	Tonalit	Potasik	0.07	369	<4	72	<1	<1	<1	1
36	Fuff-Lapili	Argilik	0.36	3360	9	46	2	<1	<1	23
38	Fuff-Lapili	Potasik	0.04	378	37	982	<1	3	<1	6
39	Tonalit	Potasik	0.92	5090	10	589	2	7	<1	5
40	Tonalit	Advance Argilik	0.30	2150	6	78	<1	6	<1	3
41	Tonalit	Advance Argilik	0.36	2250	13	161	1	6	<1	5
42	Tonalit	Advance Argilik	0.07	418	<4	83	<1	1	<1	6
43	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0.32	2280	10	105	<1	<1	<1	12
44	Fuff-Lapil	Advance Argilik	0.10	885	23	169	<1	4	<1	89

45	Tonalit	Filik	0,39	4440	29	339	<1	2	<1	119
46	Tonalit	Propilitik	0,48	2310	6	252	<1	1	<1	56
47	Tonalit	Propilitik	0,05	878	13	216	<1	6	<1	46
48	Tonalit	Propilitik	0,09	769	5	109	<1	1	<1	51
49	Tonalit	Propilitik	0,28	1880	6	116	1	<1	<1	140
50	Tonalit	Potasik	1,00	5640	6	195	2	1	<1	18
51	Tonalit	Potasik	1,00	5430	7	211	2	<1	<1	33
52	Tonalit	Potasik	0,82	5730	8	179	2	1	<1	54
53	Tonalit	Potasik	0,41	2960	9	43	1	<1	<1	27
54	Tonalit	Argilik	0,14	3950	<4	86	<1	7	1	58
55	Fuff-Lapili	Argilik	0,01	75	115	28	<1	20	<1	<1
56	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0,05	265	5	145	<1	5	1	60
57	IBX	Propilitik	0,17	2240	<4	211	<1	1	<1	24
58	IBX	Propilitik	0,29	2600	<4	265	1	2	1	13
59	Tonalit	Advance Argilik	0,03	153	8	148	<1	1	<1	2
60	Tonalit	Advance Argilik	0,25	1260	9	181	<1	<1	<1	2
61	Tonalit	Propilitik	0,10	666	<4	111	<1	<1	1	3
62	Tonalit	Potasik	0,47	3290	6	216	<1	4	<1	13
63	Tonalit	Potasik	0,48	2940	<4	219	1	<1	<1	31
64	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0,12	1220	14	263	<1	<1	<1	57
65	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0,40	3630	10	253	1	<1	1	48
66	COL	Advance Argilik	0,44	5210	26	206	<1	24	1	116
67	Tonalit	Advance Argilik	0,33	5600	26	106	<1	21	1	95
68	Tonalit	Advance Argilik	0,47	5820	17	193	<1	28	1	86
69	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0,25	4020	26	122	1	17	<1	29
70	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0,01	310	8	349	<1	16	<1	<1
71	Fuff-Lapili	Advance Argilik	0,01	169	5	634	<1	5	<1	1
72	Tonalit	Propilitik	0,09	555	12	134	<1	1	1	7
73	Tonalit	Propilitik	0,07	267	31	346	<1	5	<1	57
74	Fuff-Lapili	Potasik	0,01	17	11	86	<1	1	<1	1
75	Tonalit	Argilik	0,02	405	60	281	<1	24	<1	15

LAMPIRAN H
Analisis Kimia Mineral (EPMA)

Lp72

KETERANGAN:

Sampel no.50 memperlihatkan banyak butiran Kuarsa dan Mineral teralterasi. Dibawah polarisasi Mikroskop tidak terlihat fresh plagioclase dan Amphibole. Untuk identifikasi Mineral digunakan 'An Introduction to the rock-forming minerals' dari Deer dkk.

Seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.3.1.1 Klorit, Kuarsa, Plagioklas (albite dan apatite) teridentifikasi pada titik no. 1, 2, 6, 7, 10, 12 dan 13. Pada no. 5, 9, 14 dan 15 terlihat seperti secondary Biotite dikarenakan konsentrasi FeO, MgO dan TiO yang lebih rendah jika dibandingkan dengan komposisi biotite umumnya. Iron hydroxide terdeteksi pada titik no.3, 4 dan 8. Pada titik no.11 dengan konsentrasi yang tinggi akan Si dan Al kemungkinan besarnya adalah Kaolinit.

Tabel.1. Daftar Analisis EPMA Sampel no.50.

Lp73

No.	Spot name	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	MnO	CaO	TiO ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	FeO	Total	Mineral
1	No.3_01	0	20.947	16.287	26.185	1.446	0.034	0.017	0.006	0.004	20.332	85.258	chlorite
2	No.3_02	0.001	0.038	0.005	98.151	0.024	0.038	0.217	0.006	0.011	1.06	99.551	quartz
3	No.3_03	0	0.008	0.004	0.058	0	0	0.038	0.005	0.052	41.458	41.623	iron hydroxide??
4	No.4_01	0	0	0.008	0.028	0.013	0	0.016	0.005	0	58.607	58.677	iron hydroxide??
5	No.4_02	0.263	30.765	3.043	47.788	0.045	0.033	0.01	9.63	0.02	3.263	94.86	biotite?
6	No.4_03	11.236	20.568	0	66.985	0	0.721	0.023	0.462	0.079	0.341	100.415	plagioclase (albite)
7	No.6_01	0	19.633	16.083	26.845	0.596	0.019	0.031	0.028	0.01	22.767	86.012	chlorite
8	No.6_02	0	0.049	0	0.072	0.036	0	0	0.082	0.049	40.419	40.707	iron hydroxide??
9	No.6_03	0.188	30.374	2.736	51.367	0.053	0.022	0.01	5.47	0.023	2.887	93.13	biotite?
10	No.7_01	10.979	20.517	0.006	66.641	0.016	0.83	0.013	0.338	0.017	0.121	99.478	plagioclase (albite)
11	No.7_02	0.156	15.41	2.045	43.817	0.045	1.27	0.058	0.181	0	1.81	64.792	clay mineral (kaolinite?)
12	No.7_03	0	0.017	0	0.024	1.753	51.41	0.193	0	40.19	0.301	93.888	apatite
13	No.8_01	11.343	21.009	0.009	67.11	0	0.727	0.01	0.219	0.064	0.084	100.575	plagioclase (albite)
14	No.8_02	0.245	28.339	6.502	43.325	0.181	0.038	0	8.026	0.006	6.141	92.803	biotite?
15	No.8_03	0.269	30.826	2.538	47.282	0.07	0.036	0.012	10.09	0.001	2.746	93.87	biotite?

Tabel.2. Perhitungan Klorit Geotermetri menurut Cathelineau (1988).

		T1	T2	IV	M1空孔	M2+M3	M1	M4	check1	check2	T
SiO2	2.85	2	0.85	1.30	0.07	0.148247	0.16	1			
TiO2	0.00										
Al2O3	2.45		1.15						0	0	
Cr2O3	0.00										
Fe2O3	0.00										
FeO	2.02										
MnO	0.05										
MgO	2.54										
CaO	0.00										
Na2O	0.00										
K2O	0.00										
H2O	0.00										
total						4	0.93	1	0	0	
T											

309

Tabel.3. Perhitungan Klorit Geotermetri menurut Vidal dkk., (1988).

		T1	T2	IV	M1空孔	M2+M3	M1	M4	check1	check2	T
SiO2	2.78	2	0.78	1.40	0.09	0.174256	0.23	1	0	0	
TiO2	0.00										
Al2O3	2.62										
Cr2O3	0.00										
Fe2O3	0.00										
FeO	1.80		1.53			0.27					
MnO	0.13		0.11			0.02					
MgO	2.58		2.19			0.39					
CaO	0.00										
Na2O	0.00										
K2O	0.00										
H2O	0.00										
total						4	0.91	1	0	0	
T											

Tabel.4. Perhitungan Formula Mineral

Recalculation of a mineral formula using a fixed number of oxygens per formula

Enter the analysis (wt% of the oxides) by replacing the red numbers.

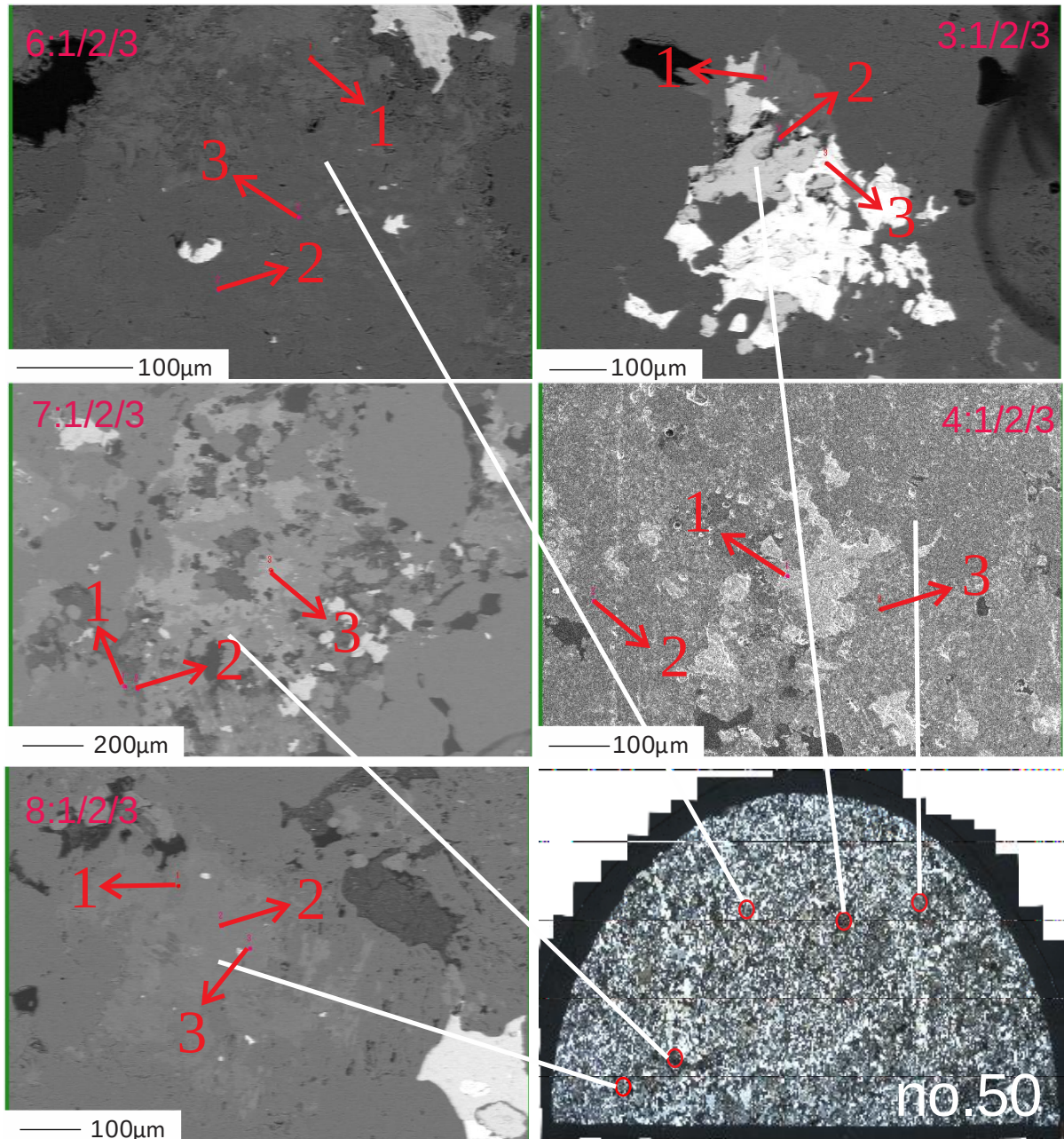
Enter the number of oxygens in the desired mineral formula.

Analysis title Oxygens per formula =
Oxy =

Oxide	GFW	Wt. %	Mole Units	Oxygen Units	Normaliz. Ox Units	Atom Units
SiO ₂	60.084	26.845	0.44679	0.89358	5.69421	2.847 Si
TiO ₂	79.866	0.031	0.00039	0.00078	0.00495	0.002 Ti
Al ₂ O ₃	101.96	19.633	0.19255	0.57766	3.68106	2.454 Al
Cr ₂ O ₃	151.99	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000 Cr
Fe ₂ O ₃	159.69	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000 Fe+3
FeO	71.844	22.767	0.31689	0.31689 ✓	2.01936	2.019 Fe+2
MnO	70.937	0.596	0.00840	0.00840 ✓	0.05354	0.054 Mn
MgO	40.304	16.083	0.39904	0.39904 ✓	2.54283	2.543 Mg
CaO	56.077	0.019	0.00034	0.00034 ✓	0.00216	0.002 Ca
Na ₂ O	61.979	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000 Na
K ₂ O	94.196	0.028	0.00030	0.00030	0.00189	0.004 K
H ₂ O	18.015	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000 H
Totals		86.002	1.36471	2.19700	14.00000	9.925

Gambar 1. Hasil Foto *Scan* Sampel no.50 Analisis EPMA

Lp74 Spot Mineral yang di Analisis dengan EPMA



LAMPIRAN I

Inklusi Fluida

Tabel 1. Daftar Analisis Inklusi Fluida Th, Tm, Salinitas dan Jenis Urat

Lp75

Sampel No.	Vein	Tipe vein	Tipe Inklusi	Th	TM	Salinity	Keterangan kode foto
62	1	C	1	282	-2,8	4,6	7064/7065
62	1	C	1	318	-3,7	6	7066
62	1	C	1	289	-2,2	3,7	7067/7068/7069
62	1	C	1	280	-2	3,3	7070
62	1	C	1	324	-2,2	3,7	7071
62	1	C	1	310	-2,2	3,7	7072/7073
62	1	C	1	293	-2,4	4	7074,75,76
62	1	C	1	297	-2	3,3	7077,78,79,80
62	1	C	1		-2	3,3	7081,82
62	1	C	1	260	-2,8	4,6	7083,84
62	2	C	1	280	-2,1	3,5	7092
62	2	C	1	287	-1,9	3,2	7093
62	2	C	1	316	-2,9	4,8	7085,86
62	2	C	1	279	-1,5	2,5	7087,88
62	2	C	1	264	-1,8	3	7089,90
62	2	C	1	273	-2	3,3	7091
62	3	C	1		-1,2	2	7097
62	3	C	1	274	-1,6	2,7	7088,89,90
62	3	C	1		-2,1	3,5	7091,92,93
62	3	C	1	243	-2,3	3,8	7099,00
62	3	C	1	281	-2,1	3,5	7101
62	3	C	1	287	-2	3,3	7102
48	2	C	1	337	-1,8	3	7835
48	2	C	1	342	-1,4	2,4	7827
48	2	C	1	296	-1,8	3	7828
48	2	C	1		-1,6	2,7	7836/29
48	2	C	1	364	-1,7	2,9	7830/37
48	2	C	1		-1,8	3	7831/38/39
48	2	C	1	296	-1,8	3	7832/40
18	1	C	1	202	-2,2	3,7	7916/17/18/21
18	1	C	1	407			7924/26
18	2	C	3				7927
18	2	C	3				7928
18	2	C	3				7929
18	3	C	1	199	-1,8	3	7931
18	3	C	1	176	-1,4	2,4	7933/37/35
18	3	C	1	175	-0,8	1,4	7939
18	3	C	1	178	-1,8	3	7935
18	3	C	1		-0,8	1,4	7936
72	1	C	1		-2	3,3	7112/13/14
72	1	C	1	323	-2,1	3,5	7105
72	1	C	1	350	-1,5	2,5	7098
72	1	C	1	298	-2,4	4	7099

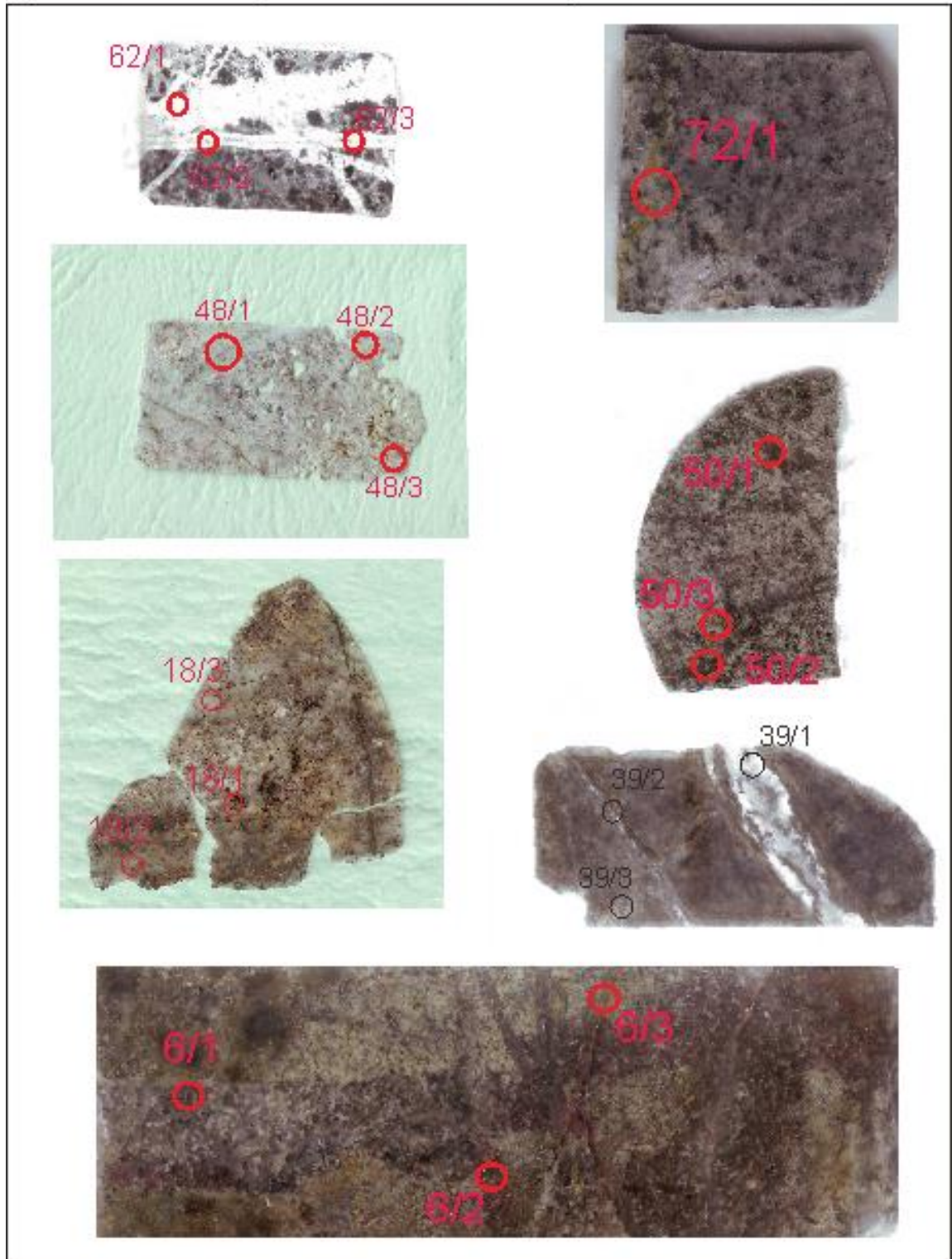
72	1	C	1	267	-1,9	3,2	7106
72	1	C	1		-1,9	3,2	7107
72	1	C	1	363	-0,7	1,2	7112/13/04
72	1	C	1	367	-0,7	1,2	7114
72	1	C	1	365	-0,6	1	7106
50	1	C	3	348	-0,8	1,4	7116
50	1	C	3	359	-0,8	1,4	7117
6	1	C	1	284	-0,3	0,5	7133
6	1	C	1	291	-0,3	0,5	7153/52
6	1	C	1	309	-0,7	1,2	7134
6	1	C	1	313	-0,7	1,2	7146
6	1	C	1	359	-0,6	1	7135
6	1	C	1		-0,8	1,4	7142
6	1	C	1	386	-1,5	2,5	7143
6	1	C	1	381	-1,4	2,4	7144
6	1	C	1		-0,7	1,2	7150
6	2	C	1	309			7160/66
6	2	C	1	323	-0,8	1,4	7164/71/72/73
6	2	C	1		-1	1,7	7163
6	2	C	1	349			7170
6	3	C	1	335	-0,7	1,2	7176
6	3	C	1	340	-0,4	0,7	7814
6	3	C	1	297	-1,2	2	7816/17
6	3	C	1	293	-0,4	0,7	7818
6	3	C	1	289	-1,1	1,9	7819
6	3	C	1	310	-0,4	0,7	8719
6	3	C	1	315	-1,1	1,9	7819
6	3	C	1	261	-0,4	0,7	7821/22
39	1	C					
68	1	C					

Sampel No.	Vein	Tipe vein	Tipe Inklusi	Th	TM	Salinity	kode foto
48	2	AB	2	550	-1,8	65,2816	7825
48	2	AB	2	560	-1,8	62,6	7833/41
72	1	B	2	450	-1,6	61,524	7108/7109
72	1	B	2	460	-1,2	65,261	7103
6	1	A	2	570	-0,8	60,756	7138
6	1	A	2	545	-1,4	62,854	7144
6	1	A	2	535	-1,6	61,874	7145

Sampel		Tipe	Tipe	Th	TM	Salinity	kode
No.	Vein	vein	Inklusi				foto
18	1	A	3	550	-2	38,3181	7911/15
50	1	AB	3	585	-0,7	72,0732	7107/14
50	1	AB	3	550	-0,7	68,3181	7108
50	1	AB	3	450	-1,4	69,3181	7109
50	1	AB	3	450	-1,4	68,8181	7110/19
50	1	AB	3	450	-0,9	67,3181	7111
50	1	AB	3	450	-0,7	67,8181	7117/18
50	1	AB	3	450	-1,2	69,0681	7121/20
50	1	AB	3	450	-1,2	68,3181	7122
50	3	A	3	550	-0,6	69,8181	7121/28/29
50	3	A	3	550	-1,2	67,0681	7122/23
50	3	A	3	550	-1,2	67,5681	7124/25
50	3	A	3	550	-2,2	69,5681	7126/27
6	2	A	3	550	-0,5	68,3181	7161/65
6	3	A	3	550	-0,4	68,3181	7815

Gambar 1. Posisi Pengukuran Inklusi Fluida pada Sampel no. 62,72,48,50,18,39,6

Sampel Inklusi Fluida (Nomer Sampel / Nomer Vein)



BRAMBANG

MINERALOGI, GEOKIMIA, FLUIDA HIDROTERMAL
DAN MODEL GENETIK ENDAPAN TEMBAGA-EMAS PORFIRI
LOMBOK, INDONESIA

Buku Brambang akan memberikan informasi mengenai MINERALOGI, GEOKIMIA DAN FLUIDA HIDROTERMAL Bukit Brambang yang berada di Desa Brambang, akan lebih menarik lagi mengenai buku ini karena, buku ini adalah buku yang pertama kali memberikan bukti ilmiah mengenai keberadaan akan deposit porfiri emas dan tembaga di Gunung Brambang yang terletak di Desa Brambang. Dengan Terbitnya Buku ini penulis berharap agar masyarakat sekitar memahami, bahwa keberadaan emas di Bukit Brambang terletak sekitar 1 kilometer dibawah permukaan tanah, dan bahwa untuk memisahkan emas dari batuan yang mengandungnya tidak dapat dilakukan melalui proses amalgamisasi (proses "Gelondongan"). Bagi pemerintah daerah buku ini dapat meyakinkan pihak ke Tiga untuk berinvestasi. Bagi pemerhati lingkungan buku ini akan sangat bermanfaat untuk meyakinkan masyarakat/orang untuk tidak melakukan uji-coba dengan menggali untuk mendapatkan emas di permukaan secara liar.

Buku ini akan membuka wawasan yang lebih mendalam akan keberadaan deposit emas dan tembaga di dusun Brambang. Semoga buku ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi yang positif, khususnya bagi kesejahteraan masyarakat Desa Brambang dan sekitarnya.



PENERBIT KBM INDONESIA
Anggota IKAPI
0813 5751 7526 / (0353 3234874
Kantor I : Banguntapan, Bantul, Yogyakarta
Kantor II : Balen, Bojonegoro, Jawa Timur
@penerbitbukujogja
@penerbit.kbm

ISBN 978-623-5389-46-2

