

**GEOLOGI, ALTERASI, DAN MINERALISASI PADA ENDAPAN
EPITERMAL DAERAH PASLATEN, KABUPATEN MINAHASA
UTARA, SULAWESI UTARA**

SKRIPSI

Oleh:

FARIC RYANDHIKA

111.141.007



**JURUSAN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2019**

**GEOLOGI, ALTERASI, DAN MINERALISASI PADA ENDAPAN
EPITERMAL DAERAH PASLATEN, KABUPATEN MINAHASA
UTARA, SULAWESI UTARA**

SKRIPSI

Oleh

FARIC RYANDHIKA

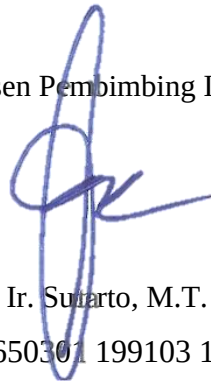
111.141.007

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Geologi

Yogyakarta, Maret 2019

Menyetujui,

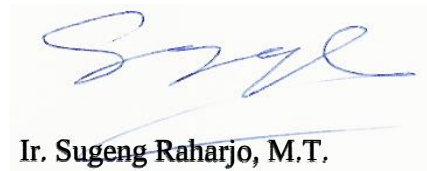
Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Sutarto, M.T.

NIP. 19650301 199103 1 001

Dosen Pembimbing II



Ir. Sugeng Raharjo, M.T.

NIP. 19581208 199203 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan



Dr. Ir. Dwi Fitri Yudiantoro, M.T

NIP. 19630225 199003 1 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah memberikan bantuan sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan nikmat dan keberkahan sehingga penulis dapat menyelesaikan semuanya.
2. Bapak Noor Rosjid dan Ibu Anna Nursanti yang senantiasa memberikan dukungan, doa dan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan dengan baik.
3. Mas Fandy dan Mbak Finna yang selalu mendukung adiknya dalam menyelesaikan laporan ini.
4. Bapak Lutfi Ghazali dan Ibu Indana yang telah menerima penulis untuk tinggal di kediaman beliau
5. PT. Meares Soputan Mining yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan serta memberikan fasilitas dan akomodasi di wilayah eksplorasi PT. Meares Soputan Mining.
6. Bapak Ir. Andrias Kristianto dan Bapak Ir. Basuki Priyono, selaku pembimbing lapangan yang selalu memberikan arahan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
7. Bapak Eko Franklin yang membantu selama pemetaan.
8. Teman-teman PANGEA 2014 yang senantiasa mendukung dalam urusan perkuliahan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis tujukkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala karena atas limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Geologi, Alterasi, dan Mineralisasi pada Endapan Epitermal Daerah Paslaten, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara”. Laporan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S. T.) di Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

Selanjutnya penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada pihak yang membantu dalam penyusunan skripsi ini, terutama:

1. Bapak Dr. Ir. Dwi Fitri Yudiantoro, M.T selaku ketua Jurusan Teknik Geologi UPN “Veteran” Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Sutarto, MT, selaku Pembimbing I dan Ir. Sugeng Raharjo, M.T. selaku Pembimbing II yang telah membantu dalam rangka perizinan skripsi di PT. Meares Soputan Mining dan menyediakan waktu untuk membimbing selama proses penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, sehingga masukan, kritikan dan saran diharapkan penulis dapat membantu melengkapi hal-hal yang masih kurang dalam laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, November 2018

Penulis

GEOLOGI, ALTERASI, DAN MINERALISASI PADA ENDAPAN EPITERMAL DAERAH PASLATEN, KABUPATEN MINAHASA UTARA, SULAWESI UTARA

ABSTRAK

Daerah penelitian secara administratif terletak di Desa Paslaten, Kecamatan Likupang, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Secara geografis, lokasi penelitian berada pada koordinat UTM 51N 727000 – 730304,84 mE dan 179000 – 182022,86 mN. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik endapan epitermal dengan meninjau aspek geologi, mengetahui sebaran alterasi dan mineralisasi, faktor-faktor yang mempengaruhi seperti litologi, dan struktur geologi di daerah penelitian. Metode penelitian yang digunakan adalah pemetaan geologi permukaan dengan didukung analisis ASD (*Analytical Spectral Device*) untuk mengetahui jenis mineral-mineral lempung hasil alterasi. Stratigrafi di lokasi penelitian dari yang berumur tua ke muda secara berurutan yaitu Satuan Lava-andesit Paslaten (Miosen Tengah), Satuan Tuf Paslaten (Miosen Tengah), Satuan Breksi Paslaten (Pliosen), dan Satuan Endapan Aluvial (Holosen). Himpunan mineral ubahan pada lokasi penelitian hasil dari analisis ASD menunjukkan mineral-mineral hasil alterasi hidrotermal yang dibagi menjadi 4 zonasi yaitu Zona alterasi Silika+Smektit (Zona alterasi silisik), Zona alterasi Alunit+Kaolinit+Smektit (Zona alterasi argilik lanjut), Zona alterasi Kaolinit+ Smektit+*Dickite* (Zona alterasi argilik), dan Zona alterasi Klorit+Smektit (Zona alterasi propilitik). Pada lokasi penelitian dijumpai mineral-mineral bijih yang dapat diamati di lapangan dan dari analisis mineralgrafi yaitu Pirit (FeS_2) dan Kalkopirit (CuFeS_2), selain itu juga dijumpai mineral oksida hasil proses permukaan berupa Hematit (Fe_2O_3). Berdasarkan data lapangan dan hasil analisis laboratorium, tipe endapan pada lokasi penelitian, menurut Corbett dan Leach (1997) adalah tipe endapan epitermal sulfidasi rendah.

Kata Kunci: *Struktur geologi, Alterasi hidrotermal, Epitermal, Urat*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Maksud dan Tujuan	2
1.4. Lokasi Penelitian	2
1.5. Waktu Pelaksanaan.....	3
1.6. Hasil Penelitian yang Diharapkan	4
1.7. Manfaat Penelitian	4
BAB II METODE PENELITIAN DAN KAJIAN PUSTAKA	6
2.1. Metode Penelitian	6
2.1.1. Studi Pustaka	7
2.1.2. Penelitian Lapangan	7
2.1.3. Analisis Laboratorium	7
2.1.4. Pengolahan Data	8
2.1.5. Penyusunan Laporan.....	8
2.2. Alat dan Fasilitas	8
2.3. Alterasi Hidrotermal	9
2.4. Endapan Hidrotermal.....	13
2.5. Mineralisasi	14
2.6. Endapan Epitermal	14
2.6.1. Epitermal Sulfidasi Tinggi.....	15
2.6.2. Epitermal Sulfidasi Rendah	15
2.7. <i>Paleosurface</i> Epitermal	16

2.7.1.	Zona <i>Steam-heated</i>	17
2.7.2.	Silisifikasi Muka Airtanah.....	18
2.7.3.	Kawah Erupsi dan Breksi Hidrotermal.....	19
2.7.4.	Sinter Mataair Panas	19
2.7.5.	Travertine Mataair Panas.....	20
2.7.6.	Rijang Hidrotermal	20
2.7.7.	Sedimen Lakustrin Tersilisifikasi	20
2.8.	Struktur Geologi	20
BAB III GEOLOGI REGIONAL DAERAH TELITIAN.....		24
3.1.	Fisiografi Regional Sulawesi Utara	24
3.2.	Stratigrafi Regional.....	24
3.3.	Struktur Geologi dan Tektonik Regional.....	27
BAB IV GEOLOGI DAERAH TELITIAN.....		29
4.1.	Geomorfologi Lokasi Penelitian.....	29
4.1.1.	Bentuklahan Perbukitan Vulkanik (V1)	29
4.1.2.	Bentuklahan Lereng Vulkanik (V2)	30
4.1.3.	Bentuklahan Perbukitan Struktural (S1).....	30
4.1.4.	Bentuklahan Lembah Struktural (S2)	31
4.1.5.	Bentuklahan Tubuh Sungai (F1).....	32
4.2.	Stratigrafi Lokasi Penelitian	32
4.2.1.	Satuan Lava-andesit Paslaten (Tmv)	32
4.2.1.1.	Dasar Penamaan	32
4.2.1.2.	Ciri Litologi	33
4.2.1.3.	Persebaran.....	34
4.2.1.4.	Umur dan Lingkungan Pengendapan	35
4.2.1.5.	Hubungan dengan Satuan Lain.....	35
4.2.2.	Satuan Tuf Paslaten (Tmv)	35
4.2.2.1.	Dasar Penamaan	35
4.2.2.2.	Ciri Litologi	35
4.2.2.3.	Persebaran.....	37
4.2.2.4.	Umur dan Lingkungan Pengendapan	37
4.2.2.5.	Hubungan dengan Satuan Lain.....	37
4.2.3.	Satuan Breksi Paslaten (Tps).....	38
4.2.3.1.	Dasar Penamaan	38

4.2.3.2. Ciri Litologi	38
4.2.3.3. Persebaran.....	39
4.2.3.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan	39
4.2.3.5. Hubungan dengan Satuan Lain	39
4.2.4. Satuan Endapan Aluvial (Qa)	39
4.2.3.1. Dasar Penamaan	39
4.2.3.2. Ciri Endapan	39
4.2.3.3. Persebaran.....	40
4.2.3.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan	40
4.2.3.5. Hubungan dengan Satuan Lain	40
4.3. Struktur Geologi	40
4.3.1. Kekar	40
4.3.2. Sesar.....	41
4.3.3. Interpretasi Struktur Geologi	43
BAB V ALTERASI DAN MINERALISASI.....	44
5.1. Alterasi.....	44
5.1.1. Alterasi Silika+Smektit (Alterasi Silisik)	44
5.1.2. Alterasi Alunit+Kaolinit+Smektit (Alterasi Argilik Lanjut)	46
5.1.3. Alterasi Kaolinit+Smektit± <i>Dickite</i> (Alterasi Argilik)	47
5.1.4. Alterasi Klorit+Smektit (Alterasi Propilitik)	50
5.2. Mineralisasi	51
5.3. Sistem Urat	52
5.4. Kontrol Alterasi	54
5.3.1. Kontrol Struktur Geologi.....	54
5.3.2. Kontrol Litologi	55
BAB VI SEJARAH GEOLOGI.....	56
6.1. Kala Miosen.....	56
6.2. Kala Pliosen.....	58
BAB VII PENUTUP	59
7.1. Kesimpulan.....	59
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta topografi daerah Paslaten.....	3
Gambar 1.2. Peta kesampaian lokasi dari Bandar Udara Sam Ratulangi menuju daerah Paslaten	3
Gambar 2. 1. Diagram Alir Penelitian.....	6
Gambar 2. 2. Kelompok mineral alterasi hidrotermal berdasarkan kondisi pH dan temperatur fluida (Corbett dan Leach, 1997).....	12
Gambar 2. 3. Model Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi beserta mineral-mineral penciri di setiap zonanya (diadaptasi dari Sillitoe, 1999).....	15
Gambar 2. 4. Model Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah beserta mineral-mineral penciri di setiap zonanya (modifikasi Hedenquist dkk, 2000).....	16
Gambar 2. 5. Model produk paleosurface epitermal (Sillitoe, 2015).....	17
Gambar 2. 6. Model alterasi epitermal pada zona steam-heated, dimana mineral-mineral alterasi yang dipengaruhi oleh steam tidak terdapat perbedaan baik di endapan epitermal sulfidasi tinggi maupun rendah (White dan Hedenquist, 1995)	18
Gambar 2. 7. Anatomi dan unsur-unsur pergerakan sesar dari berbagai sisi. Blok 3D sesar turun (a), hanging wall sesar yang diproyeksikan ke Level A (b), sesar turun pada tampak samping (c), dan irisan (section 2) blok 3D menunjukkan perpindahan sebenarnya (d) (Fossen, 2010).....	22
Gambar 3. 1. Legenda Stratigrafi Regional (Effendi dan Bawono, 1997).....	27
Gambar 3. 2. Peta Tatanan Tektonik Sulawesi (Effendi dan Bawono, 1997).....	28
Gambar 4. 1. Foto bentuklahan perbukitan vulkanik (V1).....	30
Gambar 4. 2. Foto bentuklahan lereng vulkanik (V2).....	30
Gambar 4. 3. Foto bentuklahan perbukitan struktural (S1).....	31
Gambar 4. 4. Foto bentuklahan lembah struktural (S2)	31
Gambar 4. 5. Foto bentuklahan tubuh sungai (F1).....	32
Gambar 4. 6. Kolom Stratigrafi Daerah Telitian.....	33
Gambar 4. 7. Foto singkapan lava andesit dengan struktur sheeting joint (A) dan autobreccia (B).....	33

Gambar 4. 8. Foto singkapan litologi Lava Andesit dengan struktur sheeting joint pada LP 92 (A) dan foto jarak dekat (B) dengan lokasi pengambilan sampel petrografi ditandai dengan kotak berwarna merah	34
Gambar 4. 9. Foto sayatan petrografi Andesit (LP 92) menunjukkan kenampakan tekstur pilotaksitik atau tekstur aliran dari lava (Williams, dkk., 1982).....	34
Gambar 4. 10. Foto singkapan Tuf pada LP 127 (A) dan LP 78 (B)	35
Gambar 4. 11. Foto singkapan litologi Tuf pada LP 89 (A) dan lokasi pengambilan sampel petrografi ditandai dengan kotak berwarna merah (B).....	36
Gambar 4. 12. Foto sayatan petrografi Tuf (LP 89) menunjukkan kenampakan berupa plagioklas, kuarsa, hornblende, mineral opak, dan mineral ubahan berupa lempung	36
Gambar 4. 13. Foto singkapan batulempung hitam LP 83 (A) dan LP 82 (B).....	37
Gambar 4. 14. Foto singkapan batupasir LP 141 (A) dan LP 142 (B).....	37
Gambar 4. 15. Foto singkapan breksi LP 111 (A) dan LP 113 (B).....	38
Gambar 4. 16. Foto singkapan batulempung LP 115	39
Gambar 4. 17. Foto Endapan Aluvial berupa material berukuran bongkah, kerakal, dan pasir	40
Gambar 4. 18. Diagram mawar shear joint.....	41
Gambar 4. 19. Analisis stereografis sesar LP 27	42
Gambar 4. 20. Analisis stereografis sesar LP 182.....	42
Gambar 4. 21. Analisis stereografis sesar LP 89.....	43
Gambar 5. 1. Foto singkapan batuan alterasi Silika+Smektit pada LP 183 (A dan B) dengan urat kuarsa (C) dan lattice bladed (D)	45
Gambar 5. 2. Foto sayatan petrografi LP 183 litologi lava andesit teralterasi secara pervasif dengan mineral berupa kuarsa primer (H5) dan kuarsa sekunder berupa urat (G9) dengan tekstur comb structure.....	45
Gambar 5. 3. Grafik analisis ASD pada sampel batuan LP 183 menunjukkan kehadiran mineral Monmorilonit (Smektit).....	46
Gambar 5. 4. Kisaran suhu pembentukan mineral Kuarsa dan Smektit (Morrison, 1997)	46
Gambar 5. 5. Foto singkapan litologi lava andesit teralterasi kuat dengan himpunan mineral alunit+kaolinit+smektit (A) dengan urat oksida (B).....	47

Gambar 5. 6. Grafik analisis ASD pada sampel batuan LP 31 menunjukkan kehadiran mineral Alunit dan Monmorilonit (smektit)	47
Gambar 5. 7. Kisaran suhu pembentukan mineral Alunit, Smektit, dan Kaolinit (Morrison, 1997).....	47
Gambar 5. 8. Foto singkapan litologi lava andesit teralterasi kuat dengan himpunan mineral Smektit+Kaolinit±Dickite pada LP 46 (A) dan LP 167 (B).....	48
Gambar 5. 9. Foto sayatan petrografi LP 143 dengan mineral berupa mineral lempung (G8), kuarsa (E3), dan mineral opaque (J9).....	48
Gambar 5. 10. Gambar hasil analisis ASD menunjukkan mineral ubahan berupa Monmorilonit (Smektit) (A), Dickite (B), dan Kaolinit (C).....	49
Gambar 5. 11. Kisaran suhu pembentukan mineral Smektit, Kaolinit, dan Dickite (Morrison, 1997).....	50
Gambar 5. 12. Foto singkapan litologi lava andesit teralterasi kuat dengan mineral ubahan berupa Klorit+Smektit.....	50
Gambar 5. 13. Grafik analisis ASD pada LP 162 menunjukkan mineral Klorit+Smektit	51
Gambar 5. 14. Kisaran suhu pembentukan mineral Klorit+Smektit (Morrison, 1997)	51
Gambar 5. 15. Foto hand specimen litologi teralterasi kaolinit+smektit+dickite dengan kehadiran pirit secara diseminasi (A) dan singkapan litologi teralterasi alunit+kaolinit+smektit dengan kehadiran hematit sebagai urat (B).....	52
Gambar 5. 16. Foto singkapan (A) dan sketsa singkapan (B) litologi lava andesit teralterasi dengan keterdapatan urat kuarsa dengan tekstur colloform-crustiform (digambar dengan warna merah)	53
Gambar 5. 17. Foto singkapan (A) dan sketsa singkapan (B) litologi lava andesit teralterasi dengan keterdapatan urat kuarsa dengan tekstur comb structure (digambar dengan warna merah).....	53
Gambar 5. 18. Rijang hidrotermal sebagai urat dengan litologi sekitar berupa lava andesit yang mengalami alterasi silika+smektit	54
Gambar 6. 1. Model 3 dimensi sejarah geologi fase tektonik Miosen (A), plan view sejarah geologi (B) dan model pull-apart basin yang membentuk flower structure negatif akibat meliuknya sesar mendatar (transtensional deluxe) (C).....	57

Gambar 6. 2. Sejarah geologi periode Pliosen dimana tegasan utama berasal dari Utara - Selatan, blok 3D (A) menunjukkan vulkanisme yang sudah berhenti, dan plan view (B) menunjukkan kondisi sekarang 58

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Tabel Pemerian Geomorfologi	29
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Peta Lintasan dan Lokasi Pengamatan Geologi
- Lampiran 2 : Peta Geologi
- Lampiran 3 : Peta Geomorfologi
- Lampiran 4 : Peta Lintasan dan Lokasi Pengamatan Alterasi
- Lampiran 5 : Peta Zona Alterasi
- Lampiran 6 : Analisis Petrografi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mineral logam, khususnya logam mulia merupakan mineral-mineral yang memiliki nilai yang tinggi. Mineral logam seperti emas menjadi sumberdaya utama yang ada di suatu negeri. Mineral logam terbentuk dari hasil proses alterasi hidrotermal yang akhirnya membentuk suatu endapan. Peningkatan kebutuhan akan mineral logam, meningkatkan pula kegiatan ekstraksi. Oleh karenanya, pengembangan kegiatan eksplorasi perlu dilakukan untuk memperoleh cadangan endapan mineral yang baru.

Daerah Sulawesi Utara memiliki potensi keterdapatn endapan mineral berupa emas. Kegiatan penambangan emas di Sulawesi Utara sudah berlangsung dari tahun 1813 hingga sekarang (van Leeuwen dan Pieters, 2011). Salah satu perusahaan tambang emas di Sulawesi Utara adalah yaitu PT. Meares Soputan Mining, yang sudah melaksanakan kegiatan pertambangan sejak akhir tahun 1990-an. Kegiatan penelitian ini dilakukan untuk kegiatan eksplorasi PT. Meares Soputan Mining sekaligus sebagai skripsi penulis.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, peneliti merumuskan permasalahan di daerah penelitian untuk dapat dikaji genetis alterasi dan mineralisasi endapan hidrotermal, yaitu:

1. Bagaimana bentuklahan pada daerah penelitian?
 - a. Bagaimana kondisi bentuklahan yang terdapat di daerah penelitian?
 - b. Bagaimana ciri masing-masing bentuklahan tersebut?
 - c. Apa yang mengontrol bentuklahan tersebut?
2. Struktur geologi apa saja yang berkembang di daerah penelitian?
 - a. Struktur geologi apa saja yang terdapat di daerah penelitian?
 - b. Apa metode yang digunakan untuk pengambilan data struktur geologi?
 - c. Bagaimana menentukan dan menganalisis data-data tersebut?
 - d. Bagaimana genesa struktur geologi tersebut?

- e. Bagaimana kenampakan struktur geologi di lapangan?
 - f. Bagaimana arah tegasan struktur tersebut?
 - g. Bagaimana hubungan antara struktur geologi terhadap alterasi dan mineralisasi?
3. Bagaimana karakteristik endapan hidrotermal di daerah penelitian?
 - a. Apa saja litologi yang terdapat di daerah penelitian baik batuan segar maupun batuan yang teralterasi?
 - b. Apa saja mineral-mineral penciri alterasi dan bagaimana persebarannya?
 - c. Bagaimana tipe mineralisasi yang dijumpai dan bagaimana persebarannya di daerah penelitian?
 4. Bagaimana perkembangan sejarah geologi daerah penelitian?
 - a. Bagaimana perkembangan tektonik daerah penelitian?
 - b. Kapan alterasi dan mineralisasi terjadi?

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dilaksanakannya kegiatan ini adalah melakukan penelitian di daerah telitian dan sekitarnya dengan metode penelitian baik berupa pemetaan lapangan maupun analisis laboratorium.

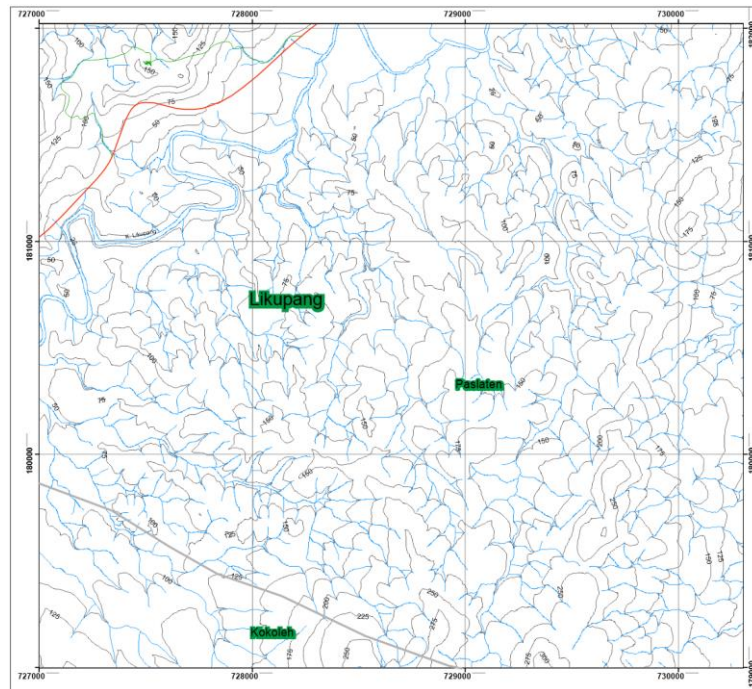
Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk memperoleh informasi geologi baru pada daerah penelitian, antara lain:

- a. Kondisi geomorfologi dan pembagian bentuklahan daerah penelitian
- b. Mengetahui kondisi struktur geologi daerah penelitian
- c. Mengetahui mineral ubahan yang terdapat di daerah penelitian
- d. Mengetahui persebaran alterasi dan mineralisasi di daerah penelitian
- e. Mengetahui faktor pengontrol alterasi dan mineralisasi di daerah penelitian
- f. Mengetahui sejarah geologi daerah penelitian

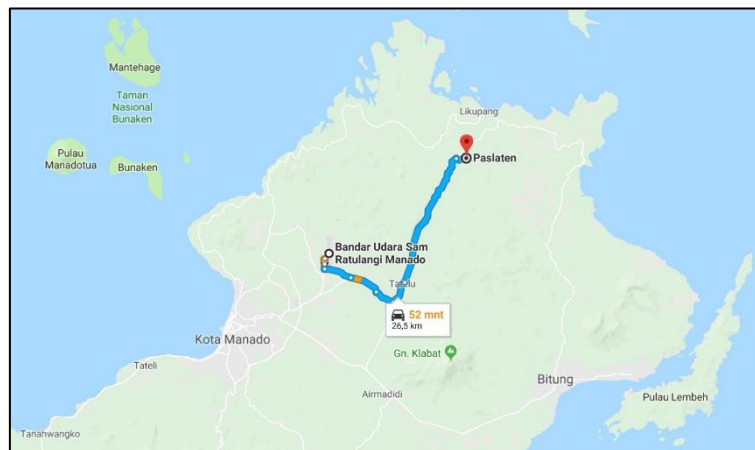
1.4. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir merupakan bagian dari daerah kontrak karya PT. Meares Soputan Mining, tepatnya di daerah Paslaten, Kecamatan Likupang, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara. Secara geografi lokasi penelitian berada pada koordinat UTM zona 51N 727000 – 730304,84 mE dan 179000 – 182022,86 mN

dan koordinat geografis $125^{\circ}2'25,32''$ – $125^{\circ}4'12,31''$ BT dan $1^{\circ}37'6,35''$ – $1^{\circ}38'44,63''$ LU.



Gambar 1. 1. Peta topografi daerah Paslaten



Gambar 1. 2. Peta kesampaian lokasi dari Bandar Udara Sam Ratulangi menuju daerah Paslaten

1.5. Waktu Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian skripsi ini pada awal Januari 2018 hingga akhir April 2018 untuk persiapan dan pengambilan data di lapangan, kemudian dilanjutkan dengan analisis laboratorium, pembuatan peta, dan penyusunan laporan.

1.6. Hasil Penelitian yang Diharapkan

1. Peta Geologi

Berdasarkan peta geologi diketahui penyebaran litologi penyusun daerah telitian yang kemungkinan merupakan batuan sampling (*wall rock*) yang mengontrol proses mineralisasi.

2. Peta sebaran alterasi dan mineralisasi

Dari peta sebaran alterasi dan mineralisasi ini diketahui tipe alterasi dan mineralisasi dari daerah telitian, sehingga jika ditampilkan dengan peta geologi akan diketahui hubungan antara struktur geologi dan litologi dengan tipe alterasi dan mineralisasi yang terbentuk.

3. Mengetahui karakter mineralisasi dari hasil pengamatan alterasi hidrotermal di lapangan yang didukung analisis laboratorium.

4. Mengetahui hubungan tipe alterasi hidrotermal dan mineralisasinya dari hasil analisa petrografi dan analisa mineragrafinya.

1.7. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian tugas akhir ini diharapkan bermanfaat bagi perusahaan, mahasiswa yang melakukan penelitian dan pihak-pihak lain yang berkepentingan terhadap laporan tugas akhir ini.

- **Manfaat bagi peneliti:**

1. Menambah wawasan tentang kejadian atau fenomena geologi yang ada di lapangan
2. Dapat mengetahui dan memahami proses genetik dari endapan epitermal berdasarkan faktor-faktor pengontrolnya
3. Sebagai tempat mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh selama perkuliahan di lapangan secara langsung

- **Manfaat bagi institusi:**

1. Menambah koleksi perpustakaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta khususnya Program Studi Teknik Geologi

- **Manfaat bagi perusahaan:**

1. Ketersediaan informasi geologi secara detil melalui peta geologi dan peta sebaran alterasi dan mineralisasi daerah telitian.

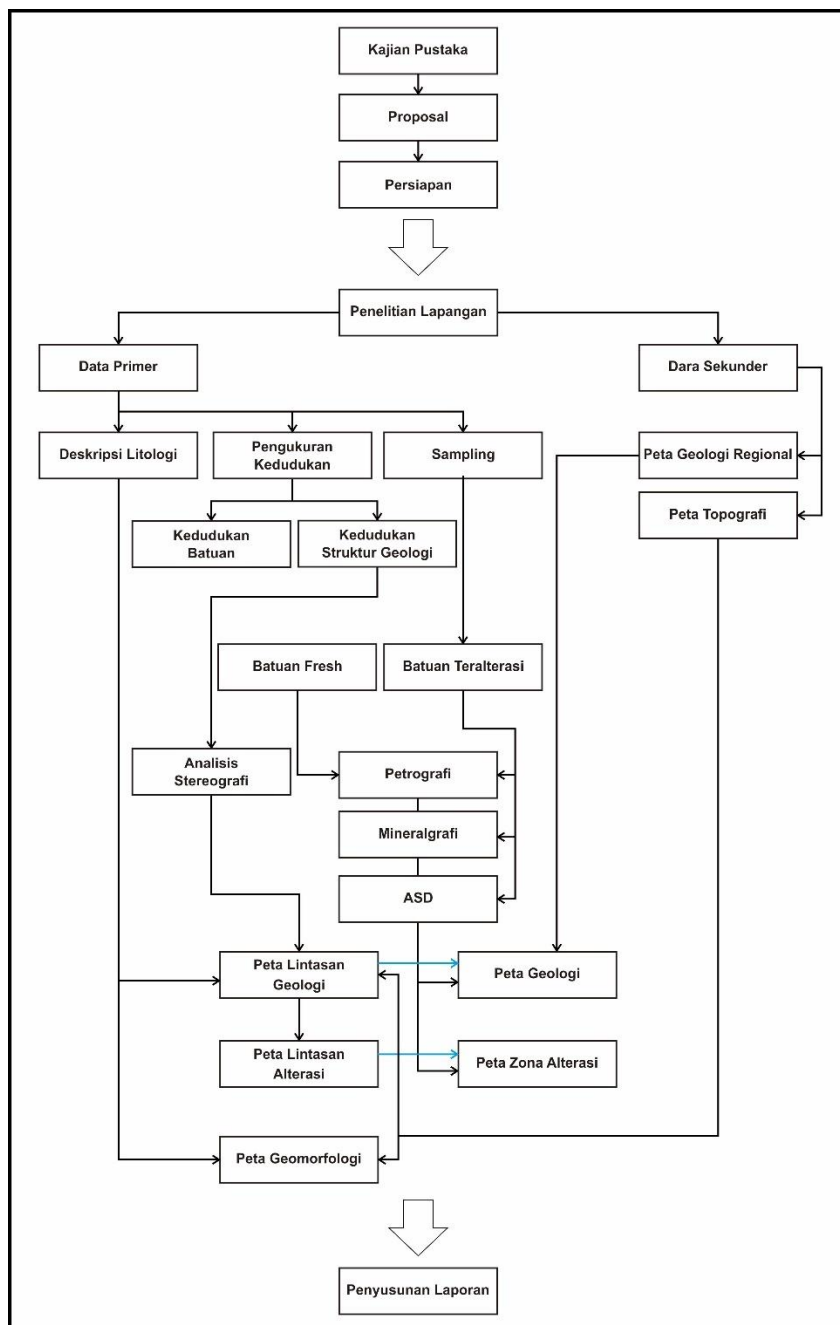
2. Ketersediaan acuan dasar berupa genetis endapan epidermal yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan eksplorasi.

BAB II

METODE PENELITIAN DAN KAJIAN PUSTAKA

2.1. Metode Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian dilakukan dengan beberapa pendekatan, agar tujuan penelitian ini dapat tercapai. Adapun tahapan-tahapan tersebut (Gambar 2.1), yaitu:



Gambar 2. 1. Diagram Alir Penelitian

2.1.1. Studi Pustaka

Tahapan ini meliputi studi literatur mengenai endapan hidrotermal secara umum beserta kondisi geologinya. Peneliti juga melakukan studi mengenai geologi regional dan lokal daerah yang akan diteliti mencakup geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, alterasi dan mineralisasi, dan sebagainya dari peneliti sebelumnya.

2.1.2. Penelitian Lapangan

Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh data primer dan sekunder yang dibutuhkan selama penelitian. Data primer diperoleh dari hasil observasi lapangan, pemetaan geologi, serta pengambilan sampel batuan. Data sekunder diharapkan dapat diperoleh dari bagian eksplorasi PT. Meares Soputan Mining yang meliputi peta geologi, data analisis geokimia, dan data-data geologi lainnya yang dapat menunjang penelitian

2.1.3. Analisis Laboratorium

Beberapa analisis laboratorium dilakukan untuk mengetahui komposisi dari batuan baik yang mengalami alterasi maupun yang tidak, serta untuk mengetahui jenis mineral ubahan yang terdapat di lokasi penelitian. Analisis yang dilakukan, antara lain:

a. Analisis Petrografi

Analisis ini dilakukan pada sampel sayatan tipis batuan *fresh* dan sampel batuan ubahan dengan menggunakan mikroskop polarisasi. Analisis ini dilakukan untuk memperoleh komposisi mineral yang ada pada batuan untuk mengetahui nama batuan pada sampel batuan *fresh* dan jenis alterasi pada sampel batuan ubahan.

b. Analisis Mineralgrafi

Analisis ini dilakukan untuk mengamati dan mengidentifikasi mineral bijih penyusun urat dan batuan sampling dengan tujuan mempelajari dan menentukan paragenesis mineral bijih berdasarkan tekstur dan strukturnya.

c. *Analytical Spectral Device* (ASD)

Analisis ini dilakukan pada sampel batuan yang mengalami alterasi maupun tidak. Sampel batuan berupa *hand specimen* dan analisis menggunakan alat TerraSpec. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral lempung (clay). Alat ini menggunakan sinar yang ditembakkan ke sampel batuan untuk memperoleh spektrum *absorbs* dari mineral-mineral yang terkandung di batuan

tersebut. Dari pembacaan spektrum dapat dianalisis dan diinterpretasi nama mineral lempung yang sesuai.

2.1.4. Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan kegiatan mengolah data-data yang diperoleh dari lapangan, misalnya data struktur geologi. Analisis stereografis dilakukan untuk analisis data-data struktur geologi yang mengontrol proses alterasi dan mineralisasi. Selain itu, dilakukan pula interpretasi hasil penelitian agar dapat menyimpulkan genetis endapan epitermal berdasarkan kajian yang dilakukan.

2.1.5. Penyusunan Laporan

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari penelitian tugas akhir yang berupa peta-peta dan laporan.

2.2. Alat dan Fasilitas

Alat dan fasilitas yang digunakan selama pengambilan data di lapangan maupun analisis laboratorium, antara lain:

1. Peta topografi daerah telitian
2. Peta geologi regional dan peta geologi lokal
3. GPS
4. Kompas geologi
5. Palu geologi
6. Buku catatan lapangan
7. Alat tulis
8. Kamera
9. Lup
10. Plastik sampel
11. HCl
12. Jas hujan
13. Mikroskop
14. *ASD portable*
15. Seperangkat komputer

2.3. Alterasi Hidrotermal

Alterasi hidrotermal merupakan suatu proses yang kompleks yang melibatkan perubahan mineralogi, tekstur, dan komposisi kimia batuan. Proses tersebut merupakan hasil interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan yang dilewatinya pada kondisi fisika dan kimia tertentu (Pirajno, 1992).

Faktor-faktor yang mempengaruhi intensitas alterasi (Browne, 1978 dalam Corbett dan Leach, 1997), antara lain:

- Suhu
- Komposisi kimia dari fluida
- Konsentrasi dari komposisi kimia fluida
- Komposisi batuan induk
- Kecepatan reaksi kimia
- Durasi dari sistem hidrotermal
- Permeabilitas

Suatu daerah yang memperlihatkan penyebaran kesamaan himpunan mineral alterasi disebut sebagai zona alterasi. Berikut adalah beberapa zona alterasi yang dibedakan berdasarkan kumpulan mineral, temperature, dan pH larutan hidrotermal (Pirajno, 2009):

1. Potasik

Merupakan zona alterasi yang berada dekat dengan intrusi. Temperatur fluida hidrotermal lebih dari 300°C dan salinitas tinggi. Zona alterasi ini dicirikan dengan pembentukan mineral sekunder berupa K-feldspar, biotit, kuarsa, dan magnetit. Selain itu aktinolit, epidot, klorit, dan anhidrit, serta sedikit rutil dan albit juga dapat muncul dalam zona ini.

2. Propilitik

Alterasi propilitik dicirikan dengan penambahan H₂O dan CO₂, dan S secara lokal dengan sedikitnya metasomatisme H⁺. Mineral-mineral yang khas, yaitu epidot, klorit, karbonat, albit, K-feldspar, dan pirit. Selain itu, serisit, oksida besi, montmorillonite, dan zeolite juga umum dijumpai.

3. Filik

Merupakan zona alterasi yang ditandai dengan kehadiran mineral sekunder yang didominasi oleh serisit dan kuarsa. Selain itu dapat pula muncul pirit dan anhidrit. Tipe alterasi ini terbentuk akibat fluida netral sampai asam pada temperature sedang yaitu berkisar antara 200°C-400°C. Biasanya terbentuk pada daerah yang permeabel dan berdekatan dengan urat.

4. Argilik

Merupakan zona alterasi yang ditandai dengan pembentukan mineral lempung bertemperatur rendah seperti kaolinit, montmorillonit, smektit, dan illit. Alterasi ini terbentuk akibat kondisi fluida hidrotermal netral sampai asam dengan temperature rendah (<230°C).

5. Argilik lanjut

Merupakan zona alterasi yang terbentuk pada fluida asam (pH<4) yang ditandai dengan hadirnya alunit, diaspor, pirofilit, bersama dengan kuarsa, kalsedon, kaolinit, dan *dickite*.

6. Skarn

Terdapat mineralogi yang sangat umum yang sering didapatkan pada batuan skarn, yaitu kelompok garnet, piroksen, amfibol, epidot dan magnetit. Mineral lain yang umum adalah wolastonit, klorit, biotit dan kemungkinan vesuvianit (idokras). Amfibol umumnya hadir pada skarn sebagai mineral tahap akhir yang meng-overprint mineral-mineral tahap awal. Aktinolit (CaFe) dan tremolit (CaMg) adalah mineral amfibol yang paling umum hadir pada skarn. Jenis piroksen yang sering hadir adalah diopsid (CaMg) dan hedenbergit (CaFe). Terbentuk pada fluida yang mempunyai salinitas tinggi dengan temperatur tinggi (sekitar 300° – 700°C).

7. Greisen

Tipe ini mengacu pada himpunan mineral berbutir kasar dari kuarsa-muskovit dengan topaz, tourmaline, fluorit, oksida (kasiterit, hematit), wolframit, scheelite, dan sulfida-sulfida Fe, Cu, Mo, Bi, dan garam sulfide Cu-Bi-Pb yang bervariasi jumlahnya. Meski tipe ini umum dijumpai pada sistem porfiri kontinental, lingkungan yang paling baik adalah pada stock granit, atau pada sikuen batuan lempungan-pasiran, dan berasosiasi dengan mineralisasi Sn-W. Alterasi Greisen didahului dengan metasomatisme natrium (albit), selama dimana ion H⁺ diproduksi.

Corbett dan Leach (1997) mengklasifikasikan tipe alterasi hidrotermal berdasarkan kelompok mineral alterasinya. Mineral-mineral alterasi dikelompokkan sesuai dengan kenaikan pH dan temperatur fluida hidrotermal yang mengubah batuan sampingnya (Gambar 2.2), yaitu:

a. Kelompok Mineral Silika

Mineral-mineral Silika merupakan mineral-mineral alterasi yang stabil untuk hadir dalam kondisi pH fluida yang sangat rendah. Silika opal, Kristobalit, dan Tridimit merupakan mineral-mineral silika yang terbentuk pada suhu yang rendah ($<100^{\circ}\text{C}$), sedangkan Kuarsa merupakan mineral silika yang terbentuk pada temperatur tinggi.

b. Kelompok Mineral Alunit

Alunit terbentuk pada pH yang rendah (± 2) dan bersamaan dengan mineral-mineral Silika dengan kisaran suhu yang panjang. Alunit dapat terbentuk di beberapa kondisi, antara lain: steam-heated, supergen, magmatik, dan urat/breksi magmatik.

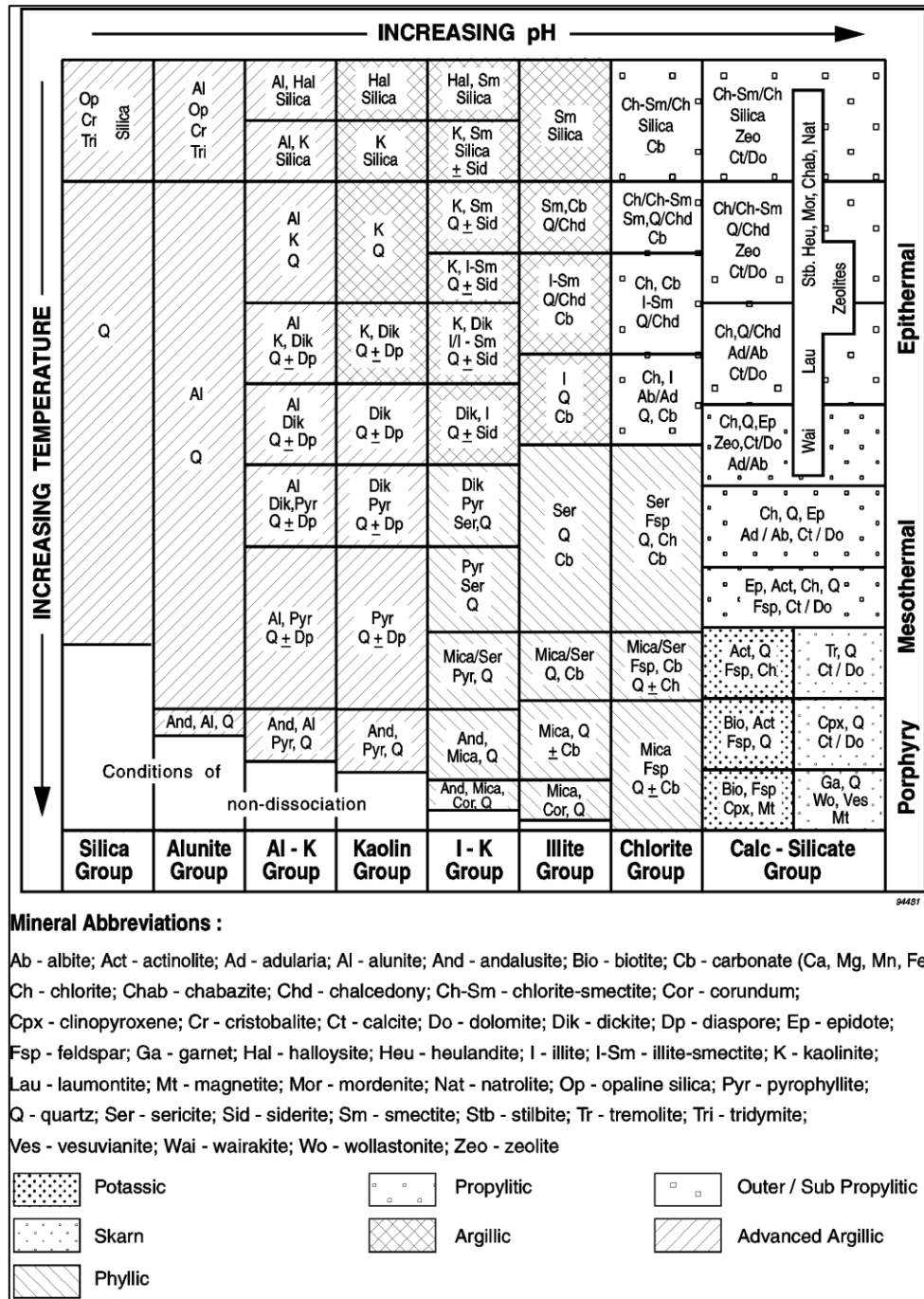
c. Kelompok Mineral Kaolin

Kelompok mineral Kaolin terbentuk pada pH fluida yang rendah (3 – 4). Kelompok mineral ini terdiri dari Kaolinit, Pirofilit, Dickite, dan Diasphore. Kaolinit terbentuk pada kedalaman yang dangkal dan suhu rendah ($<150^{\circ} - 200^{\circ}\text{C}$), Pirofilit terbentuk pada kedalaman yang lebih dalam dari Kaolinit dan suhu yang lebih tinggi ($<200^{\circ} - 250^{\circ}\text{C}$), Dickite terbentuk pada kedalaman dan suhu di antara keduanya (Kaolinit dan Pirofilit), dan Diasphore terbentuk secara lokal bersamaan dengan kelompok alunit dan/atau kaolin pada zona silisifikasi.

d. Kelompok Mineral Illit

Kelompok mineral ini terbentuk secara dominan pada pH fluida sekitar 4 – 6, dan dapat hadir bersamaan dengan kelompok mineral Kaolin, tergantung dari temperatur dan salinitas fluida. Kelompok mineral ini terdiri dari Smektit

yang terbentuk pada suhu <100° – 150°C, perselingan Illit – Smektit pada 100° – 200°C, Illit pada kisaran 200° – 250°C, dan Muskovit pada >250°C.



Gambar 2. 2. Kelompok mineral alterasi hidrotermal berdasarkan kondisi pH dan temperatur fluida (Corbett dan Leach, 1997)

e. Kelompok Mineral Klorit

Mineral-mineral Klorit-Karbonat terbentuk pada kondisi pH mendekati netral, dan dapat bersamaan dengan kelompok Illit pada kondisi pH fluida berkisar 5 – 6. Perselingan Klorit-Smektit hadir pada saat kondisi temperatur rendah, berangsur menjadi Klorit saat temperatur tinggi.

f. Kelompok Mineral Kalk-Silikat

Kelompok mineral ini terbentuk pada kondisi pH yang netral hingga basa. Zeolit-Klorit-Karbonat terbentuk pada kondisi yang dingin, sedangkan Epidot, dan Amfibol sekunder (Aktinolit) terbentuk pada suhu yang lebih tinggi.

g. Mineral-mineral lain

Mineral-mineral lain yang terbentuk pada alterasi hidrotermal, antara lain:

- Karbonat, terbentuk pada kisaran pH dan temperatur yang panjang, berasosiasi dengan Kaolin, Illit, Klorit, dan mineral Kalk-Silikat.
- Feldspar, berasosiasi dengan klorit dan mineral kalk-silikat. Feldspar sekunder umumnya stabil pada kondisi pH netral hingga basa. Feldspar sekunder yang umumnya hadir berupa Adularia (suhu rendah) dan Ortoklas (suhu tinggi).
- Sulfat, hadir pada di seluruh kondisi pH dan suhu pada sistem hidrotermal. Mineral-mineral sulfat yang hadir berupa Alunit (pH 3 – 4), Anhidrit (pH lebih tinggi, temperatur >100° – 150°C), dan Gypsum (kondisi lingkungan lebih dingin). Jarosit terbentuk oleh proses pelapukan sulfida.

2.4. Endapan Hidrotermal

Endapan hidrotermal adalah endapan yang terbentuk pada sistem hidrotermal. Sistem hidrotermal dapat didefinisikan sebagai sistem terjadinya sirkulasi fluida panas (50° sampai >500°C), secara lateral dan vertikal pada temperatur dan tekanan yang bervariasi, di bawah permukaan bumi (Pirajno, 1992). Sistem ini mengandung dua komponen utama, yaitu sumber panas dan sumber fluida. Sistem hidrotermal yang dipicu oleh adanya intrusi jauh di bawah permukaan menjadi proses utama yang

menyebabkan adanya pergerakan fluida ke dekat permukaan yang menghasilkan alterasi hidrotermal dan mineralisasi.

2.5. Mineralisasi

Mineralisasi adalah suatu proses introduksi atau masuknya mineral ke dalam batuan yang kemudian membentuk mineral bijih dan mineral penyertanya (gangue) sehingga terbentuk endapan mineral (Gary dkk., 1972). Endapan mineral adalah akumulasi atau konsentrasi dari satu atau beberapa material yang berguna, baik berupa logam maupun non logam, yang terdapat di dalam kerak bumi bagian luar (Bateman dan Jansen, 1981).

Hal-hal pokok yang mempengaruhi pembentukan mineral hasil dari proses mineralisasi (Bateman dan Jansen, 1981), yaitu: terdapatnya larutan hidrotermal sebagai pembawa mineral dan celah batuan sebagai jalan bagi lewatnya larutan hidrotermal. Selain itu, faktor lain adalah terdapat tempat bagi pengendapan mineral, terjadinya reaksi kimia yang dapat menyebabkan pengendapan mineral, dan konsentrasi larutan yang cukup tinggi bagi terendapkannya kandungan mineral.

2.6. Endapan Epitermal

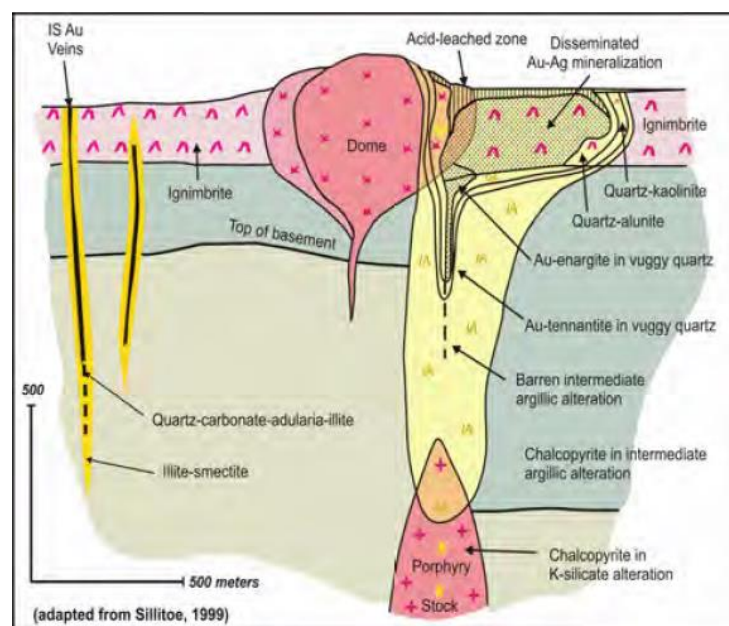
Endapan epitermal adalah hasil dari sistem hidrotermal yang berskala besar dari lingkungan vulkanik. Suatu sumber air tanah dalam, atau air meteorik, metal dan penurunan sulfur, dan zona - zona rekahan yang regas di kerak bumi bagian atas pada suatu sumber panas magmatik merupakan unsur - unsur yang paling penting, karena unsur - unsur ini tersedia sepanjang sejarah kerak bumi. Pencampuran material-material ini menyebabkan terbentuknya endapan-endapan emas epitermal. Endapan emas epitermal dilingkungan batuan vulkanik adalah hampir selalu berasosiasi dengan batuan vulkanik *calc-alkaline* dan batuan intrusi, beberapa memperlihatkan suatu hubungan yang erat dengan batuan vulkanik alkali.

Epitermal mengacu kepada endapan yang terbentuk pada temperatur rendah dan kedalaman yang dangkal. Istilah epitermal diperoleh dari pengamatan yang dilakukan oleh Lindgren (1933 dalam White dan Hedenquist, 2000) terhadap mineralogi dari bijih dan tipe-tipe alterasi di batuan, dan tekstur dari mineral-mineral bijih yang terbentuk serta alterasi bawaannya. Dari pengamatan tersebut diperoleh interpretasi mengenai suhu pembentukan endapan dan kedalaman pembentukannya.

2.6.1. Epitermal Sulfidasi Tinggi

Secara umum, endapan epitermal sulfidasi tinggi terbentuk pada busur andesitik-dasitik kalk-alkali yang dicirikan dengan kondisi tekanan hampir netral atau sedikit tarikan, beberapa endapan utama juga terbentuk pada busur kompresi yang dicirikan dengan penekanan pada aktifitas vulkanik. Endapan epitermal sulfidasi tinggi terbentuk oleh fluida yang bersifat asam (pH 0 – 2) pada suhu sekitar 200 – 300°C dan pada kedalaman yang dangkal.

Endapan epitermal sulfidasi tinggi memiliki tekstur khusus seperti kuarsa vuggy, yang terbentuk dari pencucian asam dimana menghasilkan rongga dan silika, kemudian terjadi rekristalisasi kuarsa. Urat sulfida masif hingga banded yang mengandung pirit dan enargit dapat juga memotong tubuh kuarsa vuggy. Mineral yang umum dijumpai pada endapan ini adalah kuarsa, kaolinit, alunit, dan barit (Gambar 2.3).



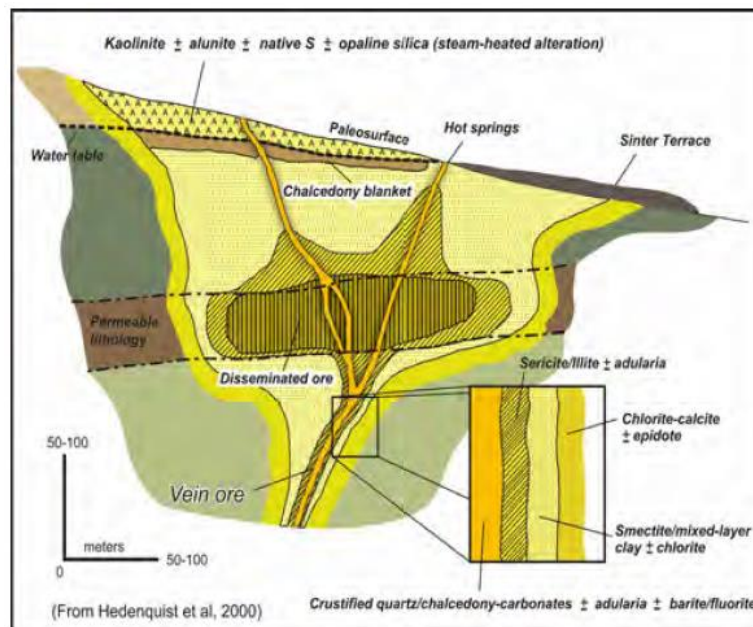
Gambar 2. 3. Model Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi beserta mineral-mineral penciri di setiap zonanya (diadaptasi dari Sillitoe, 1999)

2.6.2. Epitermal Sulfidasi Rendah

Endapan epitermal sulfidasi rendah secara umum berasosiasi dengan rangkaian vulkanik bimodal (basalt-riolit) yang merupakan hasil dari setting tektonik ekstensional, termasuk *intra-*, *near-*, dan *back-arc*, begitu pula dengan *post collisional*

rifts. Beberapa endapan sulfidasi rendah menyertai magmatisme alkali hasil ekstensi, dimana berbeda dengan rangkaian bimodal, yang mampu menghasilkan endapan porfiri Cu. Busur ekstensi dicirikan dengan vulkanisme andesitik-dasitik aktif. Endapan epitermal sulfidasi rendah terbentuk oleh fluida yang bersifat netral yang mengisi celah-celah atau rekahan-rekahan pada batuan.

Endapan epitermal sulfidasi rendah memiliki beberapa tekstur yang membedakan dengan epitermal sulfidasi tinggi, yaitu banded, kuarsa crustiform dan urat kalsedon, serta umumnya dijumpai kalsit bertekstur lattice bladed yang terbentuk akibat proses boiling. Mineral yang umum dijumpai pada epitermal sulfidasi rendah, yaitu kuarsa, kalsedon, kalsit, adularia, dan illite.



Gambar 2. 4. Model Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah beserta mineral-mineral penciri di setiap zonanya (modifikasi Hedenquist dkk, 2000)

2.7. *Paleosurface* Epitermal

Sillitoe (2015) menjelaskan *paleosurface* epitermal merupakan hasil dari manifestasi sistem hidrotermal aktif masa lampau. Prinsip dari bagian-bagian *paleosurface* endapan epitermal dikelompokkan berdasarkan konteks vulkanik dan geomorfologinya secara umum. Bagian-bagian *paleosurface* membentuk bentuklahan hidrotermal dan berasosiasi dengan zona alterasi hidrotermal yang terbentuk oleh *paleosurface* dan permukaan airtanah lampau yang berada di bawahnya. Produk-

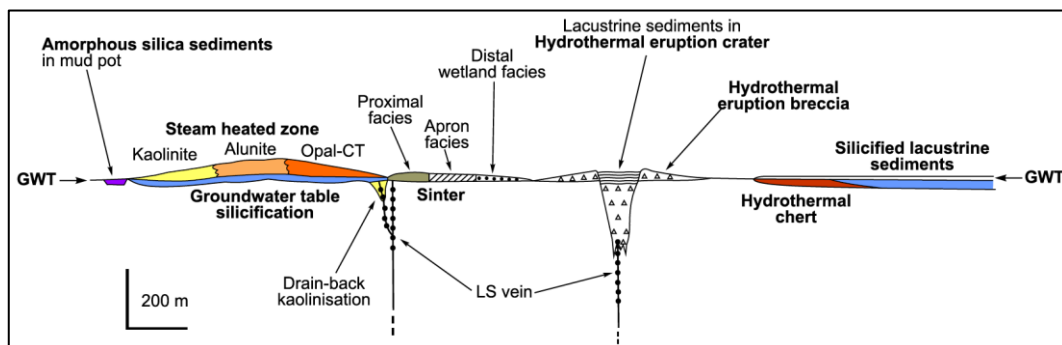
produk paleosurface epitermal, antara lain zona *steam-heated*, silisifikasi muka airtanah, kawah dan breksi hidrotermal, sinter mataair panas, travertine mataair panas, rijang hidrotermal, dan sedimen lakustrin tersilisifikasi (Tabel 2.1).

Tabel 2. 1. Karakteristik produk *paleosurface* epitermal (Sillitoe, 2015)

Paleosurface feature	Associated epithermal deposit type	Proximity to hydrothermal upflow zone	Hydrothermal fluid responsible	Main component mineral(s)
Steam-heated zones	HS, IS, LS	Proximal but widespread	H ₂ S-bearing steam condensate	Opal/chalcedony, alunite, kaolinite, smectite
Groundwater table silicification	HS, IS, LS	Proximal but widespread	H ₂ S-bearing steam condensate	Opal/chalcedony
Lacustrine amorphous silica sediments	HS, IS, LS	Commonly proximal	H ₂ S-bearing steam and SO ₂ - and HCl-bearing magmatic condensates	Opal, cristobalite
Hydrothermal eruption craters and breccias	HS, IS, LS	Commonly proximal	Neutral-pH chloride water	Illite, smectite
Hot spring sinter	IS, LS	Commonly proximal	Neutral-pH chloride water	Opal/chalcedony
Hot spring travertine	IS, LS	Distal	CO ₂ -rich water	Calcite, aragonite
Hydrothermal chert	IS, LS	Proximal-to-distal	Neutral-pH chloride water	Opal/chalcedony
Silicified lacustrine sediments	IS, LS	Proximal-to-distal	Neutral-pH chloride water	Opal/chalcedony

2.7.1. Zona *Steam-heated*

Pada zona *steam-heated*, uap pembawa H₂S reaktif terbentuk pada zona *vadose* di atas muka airtanah menyebabkan terbentuknya alterasi argilik lanjut, serta terbentuknya lubang-lubang dekat permukaan pada material vulkanik yang kurang terkonsolidasi. Pada suhu yang rendah (<~120°C), himpunan alterasi argilik lanjut berupa silika opal, alunite, dan/atau kaolinit, tergantung pada pH larutannya. Silika opal terbentuk pada kondisi pH asam (2 – 3), sedangkan kaolinit dan smektit terbentuk pada kondisi pH yang lebih tinggi. Diseminasi mineral pirit secara minor dapat hadir pada zona proksimal *steam-heated*, tetapi cenderung terjadinya oksidasi ketika pusat emisi uap bergerak (Gambar 2.5).

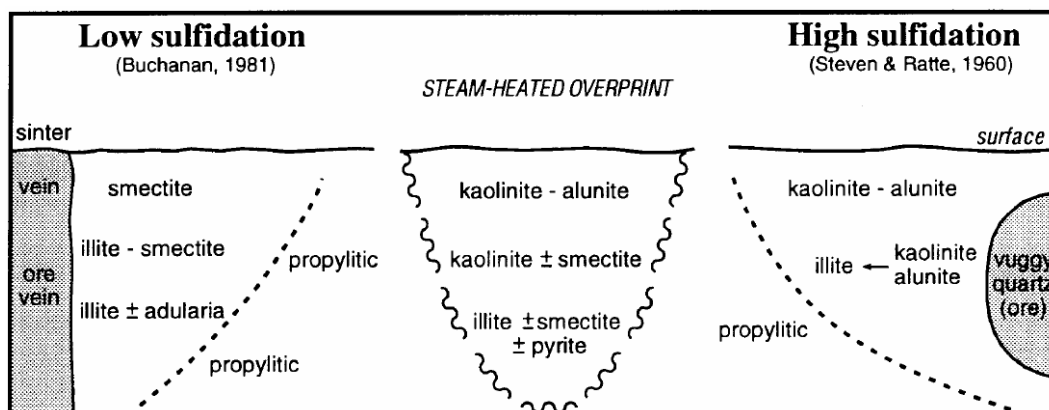


Gambar 2. 5. Model produk *paleosurface* epitermal (Sillitoe, 2015)

Karena fluida yang mendidih bergerak ke atas dan pelepasan uap pembawa H₂S merupakan ciri dari semua tipe sistem epitermal, endapan sulfidasi tinggi, sedang,

maupun rendah dapat ditudungi oleh zona *steam-heated* ini (Sillitoe 1993; Hedenquist dkk. 2000 dalam Sillitoe 2015). Lapisan ini pada dasarnya tidak dapat dibedakan satu sama lain karena larutan asam, serta hasil mineral ubahan yang sama di semua tipe endapan sistem epitermal (Gambar 2.6). Zona *steam-heated* di atas kebanyakan endapan sulfidasi tinggi dan beberapa di sulfidasi menengah cenderung lebih tebal dari endapan sulfidasi tinggi, karena dipengaruhi oleh topografi yang menyebabkan perbedaan ketinggian muka airtanahnya. Bahwasanya, endapan sulfidasi rendah dapat dicirikan dengan lapisan-lapisan tipis alterasi *steam-heated* atau bahkan tidak ada. Hal tersebut terjadi karena zona *steam-heated* dipengaruhi oleh ketinggian muka airtanah, namun di beberapa tempat dapat pula terjadi lebih tebal dimana daerah tersebut beriklim kering. Kekeringan juga dapat menurunkan *recharge* airtanah dan mengakibatkan pengenceran, dengan demikian dapat membangun kondensat uap.

Alterasi kaolinit secara umum diamati sebagai zona akar dari lapisan *steam-heated*, melampar sangat luas tetapi terbatas secara vertikal atau di sepanjang urat sulfidasi menengah dan rendah. Kaolinit juga dapat mengisi rongga sebagai urat. Meskipun kaolinisasi dapat terjadi pada turunnya muka airtanah, juga karena dikontrol oleh permeabilitas, umumnya penyusutan air panas disebabkan oleh struktur yang kemungkinan saat sistem epitermal melemah.



Gambar 2. 6. Model alterasi epitermal pada zona *steam-heated*, dimana mineral-mineral alterasi yang dipengaruhi oleh *steam* tidak terdapat perbedaan baik di endapan epitermal sulfidasi tinggi maupun rendah (White dan Hedenquist, 1995)

2.7.2. Silisifikasi Muka Airtanah

Zona silisifikasi ini memiliki ketebalan hingga beberapa puluh meter dan normalnya terbentuk hampir horizontal. Silika pada mulanya terpresipitasi sebagai

rekristalisasi opal, namun berubah menjadi kalsedon sebagai hasil rekristalisasi. Kemunculan limonite sangat umum dijumpai akibat proses oksidasi dari pirit ± markasit. Kebanyakan silika terpresipitasi yang terdapat di muka airtanah larut pada zona vadose oleh kondensat uap. Horizon silisifikasi umumnya berupa breksi hidrotermal, dengan klastika-klastika yang disemen oleh silika opal ataupun kalsedon. Breksiasi merupakan unsur untuk menutup horizon silisifikasi yang impermeabel dan nantinya membangun tekanan dan menghancurkan horizon tersebut untuk membentuk erupsi uap dangkal, dimana dapat juga menyebabkan breksiasi lapisan *steam-heated* di atasnya.

2.7.3. Kawah Erupsi dan Breksi Hidrotermal

Kawah erupsi hidrotermal dapat dikenali dengan mudah oleh kehadiran *mudstone* hasil endapan danau dan/atau breksi berlapis kasar di tepian yang mengelilinginya. Breksi ini umumnya polimik, terpilah buruk, menyudut hingga menyudut tanggung, dan didukung matriks; dengan klastika berupa produk-produk hidrotermal permukaan maupun bawah permukaan, serta jarang dijumpai komponen magmatik *juvenile*. Kawah tersebut dapat berukuran beberapa hingga ratusan meter.

Erupsi hidrotermal umumnya terjadi oleh peningkatan tekanan fluida di bawah permukaan secara cepat, berpindah dari kedalaman melalui gas yang tidak mudah terkondensasi (Hedenquist dan Henley 1985 dalam Sillitoe 2015), terkadang di bawah *barrier* impermeabel (Fournier 1983, 1985; Nelson dan Giles 1985 dalam Sillitoe 2015), namun umumnya tanpa adanya beberapa halangan (Browne dan Lawless 2001). Meskipun demikian, pemicu eksternal seperti pensesaran, penyusutan danau, aktivitas seismic, dan/atau intrusi magma dapat berperan penting dalam hal ini.

2.7.4. Sinter Mataair Panas

Sinter silika terbentuk akibat keluarnya fluida yang bersifat panas, dengan pH mendekati netral, dan jenuh akan silika, hal ini berlaku jika muka airtanah memotong permukaan. Sinter juga dapat berbentuk gundukan-gundukan di sekitar geyser yang dapat dikenali seperti cerobong silika. Sinter dan alterasi *steam-heated* dapat terbentuk berdekatan dan dapat dianggap sebagai sepadan secara lateral. Silika sinter umumnya dijumpai pada endapan epitermal sulfidasi rendah dan sulfidasi menengah, namun

tidak dijumpai pada endapan epitermal sulfidasi tinggi karena komposisi fluida yang bersifat asam.

2.7.5. Travertine Mataair Panas

Travertine terbentuk karena hilangnya gas CO₂ dimana air yang relatif bersuhu rendah dan kaya akan CO₂ muncul ke permukaan, hal tersebut memiliki kesamaan dengan munculnya sinter. Travertine umumnya mengisi struktur-struktur hasil ekstensional. Travertine tidak ada hubungan spasial khusus dengan endapan bijih epitermal, namun dapat muncul hingga sejauh beberapa kilometer dimana menjadi lokasi keluarnya fluida yang relatif bersuhu dingin dan kaya akan CO₂.

2.7.6. Rijang Hidrotermal

Rijang dapat terbentuk dimana fluida hidrotermal mendingin ketika keluar pada dasar danau. Cerobong silika berukuran kecil baik ada maupun tidak adanya horizon rijang *syngenetic*, juga dapat terbentuk di atas celah mataair panas. Rijang hidrotermal yang berasal dari endapan gel silika memiliki kemurnian silika yang tinggi.

2.7.7. Sedimen Lakustrin Tersilisifikasi

Pada lingkungan pemekaran yang memungkinkan terbentuknya endapan epitermal sulfidasi rendah, silisifikasi dapat terjadi di bawah air, proses singenetik hingga diagenetik dapat menyertai sedimentasi endapan danau. Hal tersebut menghasilkan endapan-endapan danau berubah menjadi silika opal baik secara menyeluruh maupun sebagian, bahkan sesekali mengalami rekristalisasi menjadi kalsedon. Endapan ini umumnya memiliki struktur laminasi dan material-material biogenik yang terkandung terawetkan dengan baik.

2.8. Struktur Geologi

Struktur geologi adalah ilmu yang mempelajari arsitektur, struktur kerak bumi serta gejala-gejala geologi yang menyebabkan perubahan bentuk pada batuan. Bentuk struktur batuan dapat dibedakan menjadi struktur primer dan struktur sekunder. Pada penelitian ini, pembahasan geologi struktur fokus pada struktur sekunder hasil dari deformasi berupa kekar dan sesar.

a. Kekar

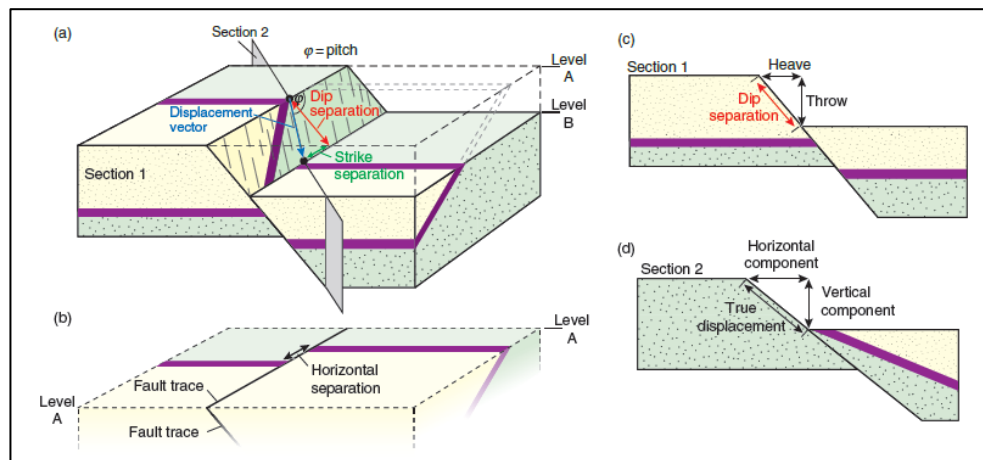
Kekar adalah rekahan pada batuan yang sedikit atau tidak mengalami pergeseran yang berarti (Davis, 1996). Berdasarkan gaya pembentuknya, kekar dapat dibagi menjadi dua, yaitu kekar gerus atau “shear fractures” yang dibentuk oleh gaya tekanan dan kekar tarik atau “tension fractures” yang dibentuk oleh gaya tarikan (Hatcher, 1985). Masing-masing kekar memiliki karakteristik tersendiri, kekar gerus memiliki ciri-ciri rapat, lurus, memotong semua lapisan batuan, biasanya berpasangan dan jika terisi mineral, kristalnya tidak tumbuh dengan baik. Sedangkan kekar tarik memiliki ciri-ciri tidak rapat, batas retakan relatif tidak rata, tidak berpasangan dan terisi kristal dengan geometri yang baik.

b. Sesar

Sesar merupakan suatu permukaan atau zona kecil yang mengalami perpindahan dan terlihat adanya pergeseran di sepanjang zona tersebut (Fossen, 2010). Sesar cenderung akan membentuk zona kompleks deformasi yang memiliki banyak bidang permukaan yang bergerak, rekahan dan adanya indikasi deformasi. Secara umum, sesar memiliki geometri sebagai berikut (Gambar 2.7):

1. Bidang sesar (*fault plane*) adalah suatu bidang sepanjang rekahan dalam batuan yang tergeserkan.
2. Jurus sesar (*strike*) adalah arah dari suatu garis horizontal yang merupakan perpotongan antara bidang sesar dengan bidang khayal horizontal.
3. Kemiringan sesar (*dip*) adalah sudut antara bidang sesar dengan bidang khayal horizontal dan diukur tegak lurus jurus sesar.
4. *Hanging wall* adalah blok yang terletak diatas bidang sesar apabila bidang sesar tidak vertikal.
5. *Foot wall* adalah blok yang terletak dibawah bidang sesar.
6. *Hade* adalah sudut antara garis vertikal dengan bidang sesar dan merupakan penyiku dari *dip* sesar.
7. *Heave* adalah komponen horizontal dari *slip/separation*, diukur pada bidang vertikal yang tegak lurus jurus sesar.
8. *Throw* adalah komponen vertikal dari *slip/separation*, diukur pada bidang vertikal yang tegak lurus jurus sesar.

9. *Slickensides* yaitu permukaan sesar yang memperlihatkan mineral-mineral *fibrous* yang sejajar terhadap arah pergerakan.



Gambar 2. 7. Anatomi dan unsur-unsur pergerakan sesar dari berbagai sisi. Blok 3D sesar turun (a), hanging wall sesar yang diproyeksikan ke Level A (b), sesar turun pada tampak samping (c), dan irisan (section 2) blok 3D menunjukkan perpindahan sebenarnya (d) (Fossen, 2010)

c. Struktur Geologi pada Mineralisasi

Proses mineralisasi akan berkaitan dengan adanya hubungan spasial struktur mayor karena pengendapan mineral bijih dapat terjadi pada bukaan yang dihasilkan oleh struktur geologi yang terjadi pada suatu wilayah. Secara regional, suatu sistem struktur di zona *magmatic arcs* akan terbentuk adanya intrusi-intrusi yang mengisi bukaan-bukaan yang ada, sehingga pada daerah struktur mayor akan terjadi beberapa aktivitas yang berhubungan dengan cebakan mineral meliputi (Corbet dan Leach, 1997): (1) *Pre-mineralization* yang mengontrol pada daerah cekungan sedimentasi di batuan induknya. (2) *Pre-mineralization* intrusi atau breksi. (3) *Syn-mineralization* pada lokasi sistem cebakan. (4) *Post-mineralization* yang merupakan deformasi dari cebakan mineral.

Corbet dan Leach, 1997, membagi sistem bukaan pada tatanan tektonik dan level erosi pada sistem hidrotermal sebagai berikut:

- Splays* atau *horsetail* yang berkembang di sepanjang struktur sesar relatif. Zona ini merupakan zona utama terjadinya intrusi.
- Tension fracture*, terbentuk sebagai bukaan pada batuan induk yang terletak di antara sesar mendatar dan umumnya memiliki orientasi yang sesuai dengan

gaya utama. Rekahan ini memiliki karakteristik yang panjangnya berakhir sepanjang arah sesar.

- c. *Jogs*, terbentuk sebagai *bends* yang meliputi sepanjang struktur dan dipisahkan dengan kekar tarik, cebakan dapat terjadi pada *jog*.
- d. *Hanging wall splits*, terbentuk pada kemiringan zona sesar terutama pada sesar turun.
- e. *Pull-apart basin*, terbentuk sebagai paralelogram yang terletak diantara 2 jalur sesar.
- f. *Domes*, terbentuk pada batuan dasar yang terisi oleh larutan hidrotermal pada suatu sistem urat mineralisasi.
- g. *Ore shoots*, umumnya merupakan perkembangan dari perubahan ukuran suatu urat.
- h. *Sheeted fracture*, terbentuk pada lingkungan yang berhubungan dengan intrusi atau pun breksi.

BAB III

GEOLOGI REGIONAL DAERAH TELITIAN

3.1. Fisiografi Regional Sulawesi Utara

Lengan utara pulau Sulawesi memiliki tepian yang berliku-liku. Bagian ujung timur, dengan arah umum NE-SW, merupakan bagian vulkanik Minahasa. bagian ini bergabung dengan gunungapi Tinggian Sangihe yang menghubungkan Sulawesi dengan Mindanao. terangkatnya Tinggian Sangihe bawah laut ke Minahasa kemungkinan disertai dengan sesar-sesar mendatar, antara lain sesar di sepanjang pesisir timur laut, sesar dari teluk Manado hingga Kema (disertai mataair panas di Airmadidi), dan sesar dari Teluk Amurang hingga Belang. Sesar berarah NW-SE kemudian membentuk batas antara vulkanik muda Minahasa dengan Gorontalo. Arah umum yang terletak di antara sesar ini dengan Sungai Ongkag Dumora membelok dari NE-SW ke E-W.

Bagian tengah dari lengan utara pulau sulawesi memiliki arah timur-barat. vulkanisme di daerah ini tidak ditemukan dimanapun. bagian ini disebut juga bagian Gorontalo, dimana dilalui oleh depresi median. depresi ini dibentuk oleh lembah Sungai Panguat, Sungai Randangan, Sungai pagujaman, Danau Limboto, Sungai Bone, dan Sungai Ongkag Dumoga. Depresi ini disebut dengan Zona Limboto. Zona Limboto juga dapat ditelusuri hingga Minahasa, dimana terdapat Danau Tondano di barat kaki Tinggian Lembean.

3.2. Stratigrafi Regional

Secara regional, geologi daerah Kabupaten Minahasa Utara disusun oleh satuan-satuan batuan dengan urutan stratigrafi dari yang berumur tua ke muda menurut Effendi dan Bawono (1997), sebagai berikut:

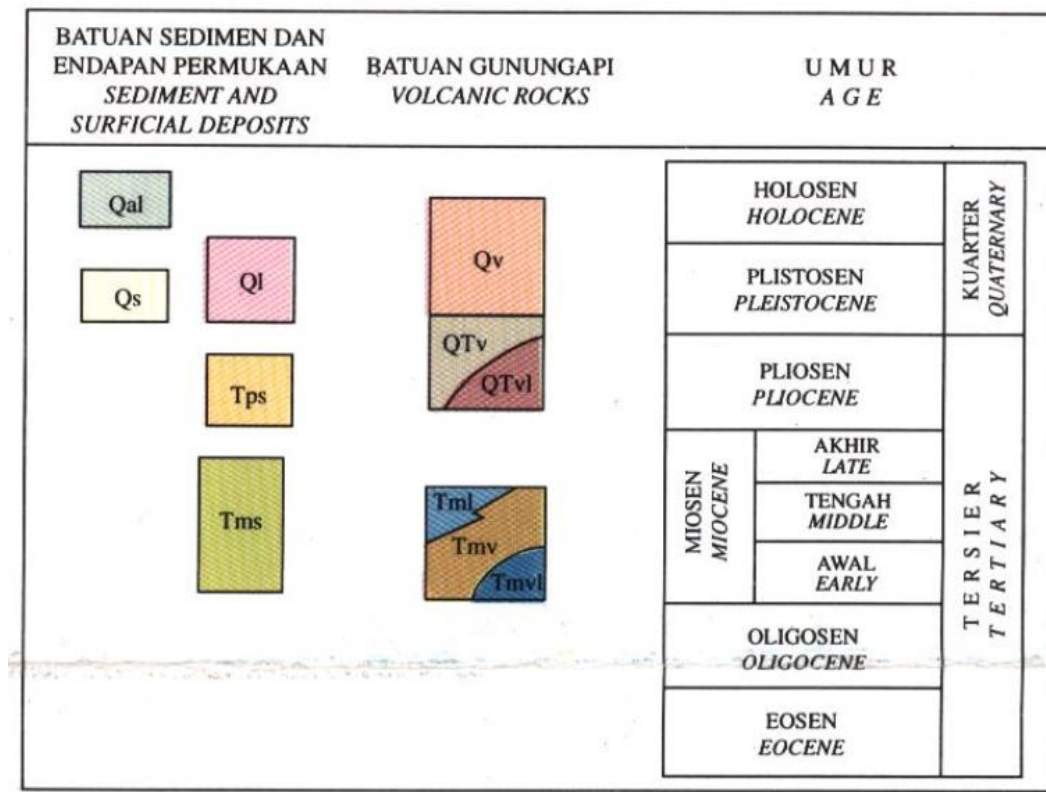
- **Batuan Sedimen (Tms)** terdiri atas batupasir kasar, greywacke, batugamping napalan dan batugamping. Batupasirnya tersusun oleh butiran andesit dan setempat bersifat gampingan. Koperberg melaporkan adanya foraminifera yaitu *Milliolina* dan *Textularia* di dalam satuan ini. Singkapan lapisan batupasir napalan dan batupasir kelabu di Tanjung Flesko miring ke arah utara sekitar

15° sampai 20°. Satuan ini dikorelasikan dengan batupasir tufaan yang berumur Miosen Awal hingga Miosen Akhir di dalam Lembar Kotamobagu.

- **Batuan Gunungapi (Tmv, Tmvl)** terdiri dari breksi, lava dan tufa. Aliran lava pada umumnya berkomposisi andesit sampai basal. Adanya lava dasit (*Tmvl*) di hulu sungai daerah Kotabunan telah dilaporkan oleh Koperberg, 1928. Breksi berbutir sangat kasar, berkomposisi andesit, sebagian bersifat konglomerat, mengandung sisipan tufa, batupasir, batulempung dan lensa batugamping. Fosil foraminifera kecil ditemukan dalam sisipan lempung napalan yaitu; *Globorotalia periphereacuta*, *Globorotalia mayeri* dan *Globorotalia praemenardii* yang menunjukkan umur Miosen Tengah. Koperberg melaporkan adanya retas yang bersifat andesit dalam satuan ini. Di daerah Molobok dan Nuangan sepanjang pantai tenggara diantara batuan gunungapi itu ada yang terkersikkan dan mengandung barik – barik kuarsa halus berwarna coklat kemerahan. Mineralisasi termasuk emas dan perak terdapat dalam urat kuarsa di sungai dekat Kampung Paslaten. Di pulau Lembeh satuan ini tersusun dari aliran lava dan breksi yang berkomposisi andesit; di Kampung Papusungan telah termineralisasikan dan mengandung mineral pirit. Pulau Lembeh dengan bentuknya yang hampir setengah lingkaran diperkirakan oleh Verbeek sebagai bagian dari tebing kawah tua.
- **Batugamping Ratatotok (Tml)** terdiri atas batugamping terumbu, batugamping pasiran dan batugamping lempungan. Satuan ini berupa lensa di dalam batuan gunungapi *Tmv*. Fosil yang dapat dikenali termasuk *Miogypsina thecidaeformis* (RUTTEN), *Lepidocyclina sp.*, dan *Textularia sp.*, menunjukkan umur antara Miosen Awal dan Miosen Tengah (Kadar, D.G., komunikasi tertulis, 1974). Menurut Koperberg batugamping ini berumur Miosen Awal.
- **Breksi dan Batupasir (Tps)** terutama breksi – konglomerat kasar berselingan dengan batupasir halus hingga kasar (greywacke), batulanau dan lempung berwarna kecoklatan. Breksi berkomposisi andesit piroksen terdapat di Pulau Naeng Besar, Pulau Naeng Kecil dan Pulau Talisei (Koperberg, 1982). Di pulau Bangka terdapat batuan klastika yang sangat lapuk yang oleh Koperberg disebut batupasir besi. Menurut Koperberg batuan sedimen ini berumur Pliosen.

- **Tufa Tondano (Qtv, QtvI)** terdiri atas klastika kasar gunung api yang terutama berkomposisi andesit, tersusun dari komponen menyudut hingga menyudut tanggung, dicirikan oleh banyak pecahan batupung; batupung lapilli, breksi, ignimbrite sangat padat, berstruktur aliran. Satuan ini terdapat disekitar danau Tondano di sebelah utara daerah Minahasa, membentuk punggung yang menggelombang rendah. Aliran lava berkomposisi andesit trahit terdapat di daerah gunung Tanuwantik (QtvI). Tufa bersifat trahit yang sangat lapuk, berwarna putih hingga kelabu kekuningan, terdapat di dekat kampung Popontelan dan di sungai Sinengkeian. Di daerah pantai antara Paslaten dan Sondaken satuan ini juga membentuk punggung menggelombang rendah. Endapan piroklastik ini diperkirakan berasal dari dan terjadi sebagai hasil letusan hebat pada waktu pembentukan kaldera Tondano.
- **Batuan Gunungapi Muda (Qv)** terdiri atas Lava, bomb, lapilli dan abu. Membentuk gunungapi strato muda antara lain Gunung Soputan, Gunung Mahawu, Gunung Lokon, Gunung Klabat dan Gunung Tongkoko. Lava yang dihasilkan Gunung Soputan dan Gunung Lokon terutama berkomposisi basal sedangkan Gunung Mahawu dan Gunung Tongkoko berkomposisi andesit. Di kampung Tataaran dan kampung Kiawa terdapat aliran Obsidian yang mungkin masing – masing berasal dari Gunung Tomposu dan Gunung Lengkoan.
- **Batugamping Terumbu Koral (QI)** satuan ini kebanyakan terdapat di antara pasang naik dan pasang surut. Di barat kampong Amurang dan di Pulau Siladen batuan ini sedikit terangkat (Koperberg, 1928). Batuan Gunung Api (Tmv), terdiri dari breksi, lava dan tufa, lava bersifat andesit –basal, breksi berbutir sangat kasar, berkomposisi andesit, sebagian bersifat konglomerat, mengandung sisipan tufa, batupasir, batulempung dan lensa batugamping, di beberapa tempat terdapat retas andesit, berumur Miosen Tengah.
- **Endapan Danau dan Sungai (Qs)** terdiri atas pasir, lanau, konglomerat dan lempung napalan. Perselingan lapisan pasir lepas dan lanau, lapisan berangsur, setempat silang silur. Konglomerat tersusun atas batuan kasar menyudut tanggung. Lempung napalan berwarna hitam mengandung moluska di daerah Kayuragi. Satuan ini membentuk undak dengan permukaan menggelombang.

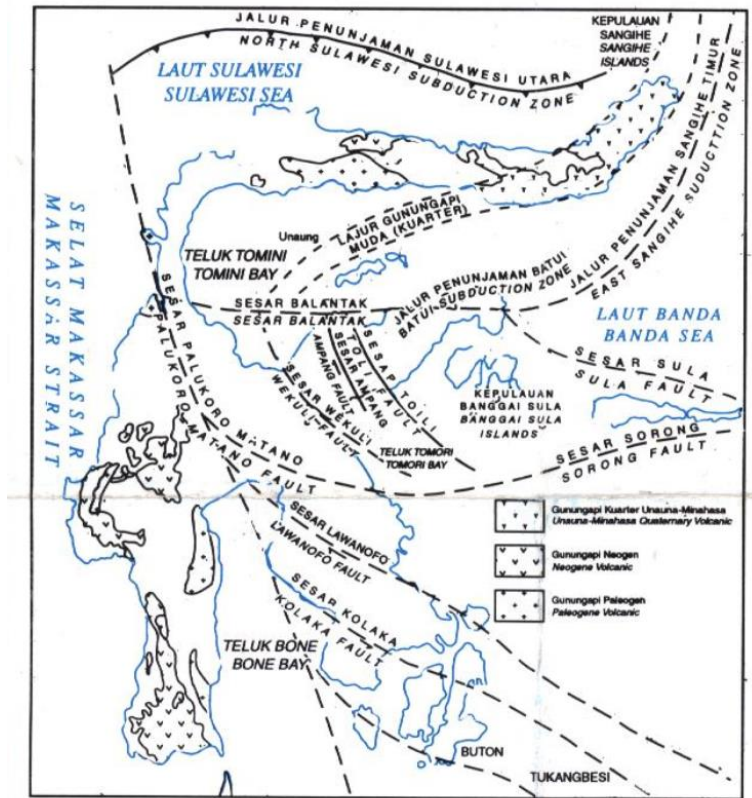
- **Aluvium (Qal)** terdiri atas bongkah, kerakal, kerikil, pasir dan lumpur.



Gambar 3. 1. Legenda Stratigrafi Regional (Effendi dan Bawono, 1997)

3.3. Struktur Geologi dan Tektonik Regional

Struktur geologi yang berkembang pada lembar Manado berupa sesar. Sesar normal pada lembar ini dominan berarah barat laut – tenggara dan sebagian kecil mempunyai arah timur laut – baratdaya. Daerah pemetaan terletak dibagian timur dari lengan utara Sulawesi yang merupakan busur gunung api yang terbentuk karena adanya tunjaman ganda, yaitu lajur tunjaman Sulawesi Utara di sebelah utara lengan utara Sulawesi dan lajur tunjaman Sangihe Timur di sebelah timur dan selatan lengan utara (Simandjuntak, 1986). Penunjaman tersebut mengakibatkan terjadinya kegiatan magmatisme dan kegunungapian yang menghasilkan batuan plutonik dan gunung api yang tersebar luas. Tunjaman Sulawesi Utara diduga aktif sejak awal Tersier dan menghasilkan busur gunungapi Tersier yang terbentang dari sekitar Toli – Toli sampai dekat Manado. Sedang tunjaman Sangihe timur diduga aktif sejak awal Kuartar dan menghasilkan lajur gunungapi Kuartar di bagian timur lengan utara Sulawesi dan menerus ke arah barat daya hingga daerah Gunung Una – una.



Gambar 3. 2. Peta Tataan Tektonik Sulawesi (Effendi dan Bawono, 1997)

BAB IV

GEOLOGI DAERAH TELITIAN

4.1. Geomorfologi Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi penelitian terdapat 3 bentukan asal. Pembagian bentuk asal ini didasarkan pada aspek-aspek geomorfologi dengan mengamati morfologi, jenis batuan, dan proses yang membentuk morfologi tersebut. Bentuk asal yang didapatkan, yaitu bentuk asal vulkanik, bentuk asal struktural, dan bentuk asal fluvial. Bentuk asal tersebut kemudian dibagi menjadi 5 bentuklahan, yaitu bentuklahan perbukitan vulkanik (V1), lereng vulkanik (V2), perbukitan struktural (S1), lembah struktural (S2), dan tubuh sungai (F1).

Tabel 4. 1. Tabel Pemerian Geomorfologi

BENTUK ASAL			VULKANIK		STRUKTURAL		FLUVIAL	
BENTUK LAHAN			PERBUKITAN VULKANIK	LERENG VULKANIK	PERBUKITAN STRUKTURAL	LEMBAH STRUKTURAL	TUBUH SUNGAI	
SIMBOL			V1	V2	S1	S2	F1	
ASPEK GEOMORFOLOGI	MORFOLOGI	MORFOGRAFI		Perbukitan	Lereng	Perbukitan	Lembah	Lembah
		MORFOMETRI	KELERENGAN	Curam - sangat curam	Curam	Curam - sangat curam	Curam - miring	landai
			LUAS	45% daerah telitian	10% daerah telitian	27% daerah telitian	16% daerah telitian	2% daerah telitian
			POLA PENGALIRAN	Subdendritik	Subdendritik	Subdendritik	Subdendritik	Subdendritik
			BENTUK LEMBAH	U-V	U-V	U-V	U-V	U
	MORFOSTRUKTUR AKTIF		Vulkanik, pengangkatan dan pensesaran	Vulkanik, pengangkatan dan pensesaran	Pengangkatan dan pensesaran	Pengangkatan dan pensesaran	-	
	MORFOSTRUKTUR PASIF		Batuan dengan resistensi tinggi dan alterasi	Batuan dengan resistensi sedang	Batuan dengan resistensi sedang - tinggi	Batuan dengan resistensi sedang	Batuan dengan resistensi rendah - sedang	
	MORFODINAMIK		Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	Erosi, pelapukan, dan pengendapan	

4.1.1. Bentuklahan Perbukitan Vulkanik (V1)

Bentuklahan perbukitan vulkanik memiliki morfologi berupa perbukitan dengan kelerengan curam – sangat curam, pola pengaliran berupa subdendritik dengan bentuk lembah U-V. Bentuklahan ini terbentuk akibat proses vulkanik (gunungapi) dan proses

endogen lain. Batuan penyusun bentuklahan ini adalah batuan dengan resistensi tinggi yang didominasi oleh lava serta batuan teralterasi. Bentuklahan perbukitan vulkanik memiliki luasan 45% dari total luasan lokasi penelitian.



Gambar 4. 1. Foto bentuklahan perbukitan vulkanik (V1)

4.1.2. Bentuklahan Lereng Vulkanik (V2)

Bentuklahan lereng vulkanik memiliki morfologi berupa lereng dengan kelerengan curam, pola pengaliran berupa subdendritik dengan bentuk lembah U-V. Bentuklahan ini terbentuk akibat proses vulkanik (gunungapi) dan proses endogen lain. Batuan penyusun bentuklahan ini adalah batuan dengan resistensi sedang yang disusun oleh batuan piroklastik berupa tuf. Bentuklahan lereng vulkanik memiliki luasan 10% dari total luasan lokasi penelitian.



Gambar 4. 2. Foto bentuklahan lereng vulkanik (V2)

4.1.3. Bentuklahan Perbukitan Struktural (S1)

Bentuklahan perbukitan struktural memiliki morfologi berupa perbukitan dengan kelerengan curam – miring, pola pengaliran berupa subdendritik dengan

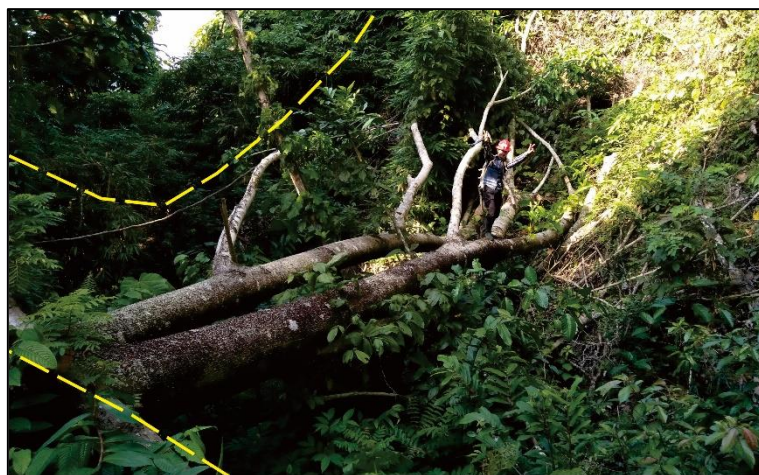
bentuk lembah U-V. Bentuklahan ini terbentuk akibat proses endogen, berupa pengangkatan dan pensesaran. Batuan penyusun bentuklahan ini adalah batuan dengan resistensi sedang yang disusun oleh tuf. Bentuklahan perbukitan struktural memiliki luasan 27% dari total luasan lokasi penelitian.



Gambar 4. 3. Foto bentuklahan perbukitan struktural (S1)

4.1.4. Bentuklahan Lembah Struktural (S2)

Bentuklahan lembah struktural memiliki morfologi berupa lembah dengan kelerengan curam – sangat curam, pola pengaliran berupa subdendritik dengan bentuk lembah U-V. Bentuklahan ini terbentuk akibat proses endogen, berupa pengangkatan dan pensesaran. Batuan penyusun bentuklahan ini adalah batuan dengan resistensi sedang – tinggi yang disusun oleh tuf dan breksi. Bentuklahan perbukitan struktural memiliki luasan 16% dari total luasan lokasi penelitian.



Gambar 4. 4. Foto bentuklahan lembah struktural (S2)

4.1.5. Bentuklahan Tubuh Sungai (F1)

Bentuklahan tubuh sungai memiliki morfologi berupa lembah dengan kelerengan landai, pola pengaliran berupa subdendritik dengan bentuk lembah U. Bentuklahan ini terbentuk akibat proses fluviatil. Batuan penyusun bentuklahan ini adalah batuan dengan resistensi rendah - sedang yang disusun oleh material lepas. Bentuklahan tubuh sungai memiliki luasan 2% dari total luasan lokasi penelitian.



Gambar 4. 5. Foto bentuklahan tubuh sungai (F1)

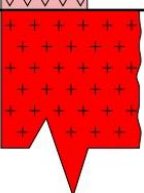
4.2. Stratigrafi Lokasi Penelitian

Berdasarkan pengamatan dan pengambilan data di lapangan yang kemudian dilakukan analisis laboratorium, pada lokasi penelitian didapatkan 3 satuan batuan. Pembagian satuan batuan didasarkan pada aspek fisika dan kimia dari batuan-batuan dengan mengamati kenampakan struktur, tekstur, dan komposisi mineralnya. Satuan batuan yang didapatkan di lokasi pengamatan dari tua – muda (Tabel 4.2), yaitu Satuan Lava-andesit Paslaten (Miosen Tengah), Satuan Tuf Paslaten (Miosen Tengah), Satuan Breksi Paslaten (Pliosen), dan Satuan Endapan Aluvial (Holosen)

4.2.1. Satuan Lava-andesit Paslaten (Tmv)

4.2.1.1. Dasar Penamaan

Dasar penamaan satuan ini didasarkan dari data lapangan yang diperoleh, yaitu litologi berupa andesit dengan struktur berupa *sheeting joint* maupun *autobreccia* yang merupakan salah satu ciri dari lava.

UMUR GEOLOGI		SATUAN BATUAN	SIMBOL LITOLOGI	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
ZAMAN	KALA			
Kuater	Holosen	Endapan Aluvial		Darat
Tersier	Pliosen	Satuan Breksi Paslaten		Darat
	Miosen Tengah	Satuan Tuf Paslaten		Darat
		Satuan Lava-andesit Paslaten		Darat

Gambar 4. 6. Kolom Stratigrafi Daerah Telitian

4.2.1.2. Ciri Litologi

Satuan Lava-andesit Paslaten dicirikan dengan kehadiran batuan beku intermediet vulkanik berupa andesit (Gambar 4.7).



Gambar 4. 7. Foto singkapan lava andesit dengan struktur *sheeting joint* (A) dan *autobreccia* (B)

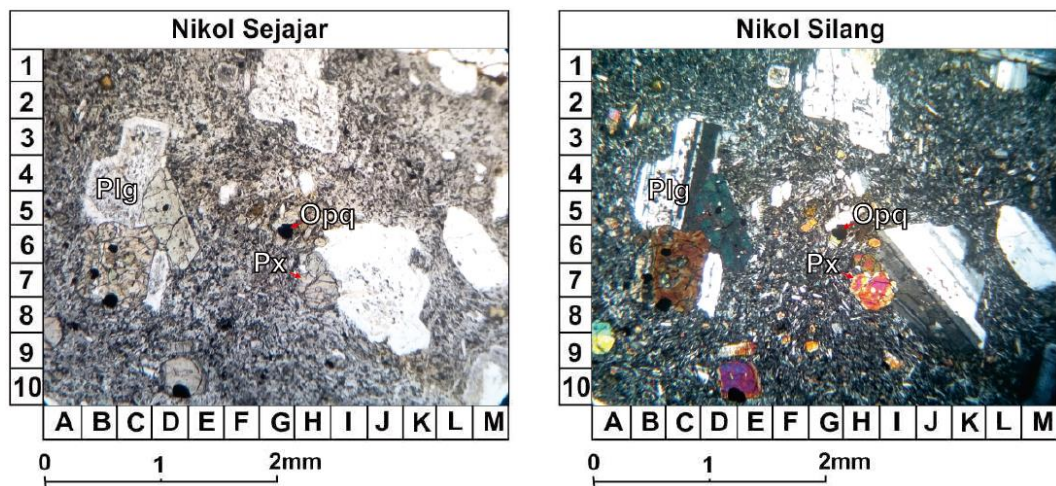
Andesit

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan pada lokasi pengamatan 92 (Gambar 4.8) diperoleh deskripsi sebagai berikut: warna segar: abu-abu, warna lapuk: abu-abu kemerahan, tekstur: hipokristalin, fanerik halus – sedang (1 – 5 mm), subhedral – euhedral, inequigranular vitroverik, komposisi mineral: plagioklas, hornblende, piroksen, kuarsa, struktur: *sheeting joint*.

Berdasarkan pengamatan petrografi sampel pada lokasi pengamatan 92 (Gambar 4.9) diperoleh persentase komposisi mineral terdiri dari: plagioklas feldspar (50%), piroksen (10%), mineral opak (10%), masa dasar gelas (30%), dalam analisis petrografi bernama Andesit (berdasarkan klasifikasi IUGS, 1991).



Gambar 4. 8. Foto singkapan litologi Lava Andesit dengan struktur *sheeting joint* pada LP 92 (A) dan foto jarak dekat (B) dengan lokasi pengambilan sampel petrografi ditandai dengan kotak berwarna merah



Gambar 4. 9. Foto sayatan petrografi Andesit (LP 92) menunjukkan kenampakan tekstur pilotaksitik atau tekstur aliran dari lava (Williams, dkk., 1982)

4.2.1.3. Persebaran

Distribusi (sebaran) dari satuan ini sekitar 35% dari luasan dan berada di bagian Timur dan melampar Utara – Selatan pada daerah telitian. Satuan ini dibatasi oleh Satuan Tuf Paslaten yang mengelilingi.

4.2.1.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan

Satuan Lava-andesit Paslaten memiliki umur yang diperoleh dari hasil penelitian Effendi dan Bawono (1997) dengan metode analisis fosil pada sisipan lempung napalan, yaitu Miosen Tengah. Satuan Lava-andesit Paslaten terbentuk pada lingkungan darat.

4.2.1.5. Hubungan dengan Satuan Lain

Satuan ini berada di bawah Satuan Tuf Paslaten secara selaras yang berumur lebih muda dan tidak dijumpai satuan yang lebih tua dari satuan ini di daerah telitian.

4.2.2. Satuan Tuf Paslaten (Tmv)

4.2.2.1. Dasar Penamaan

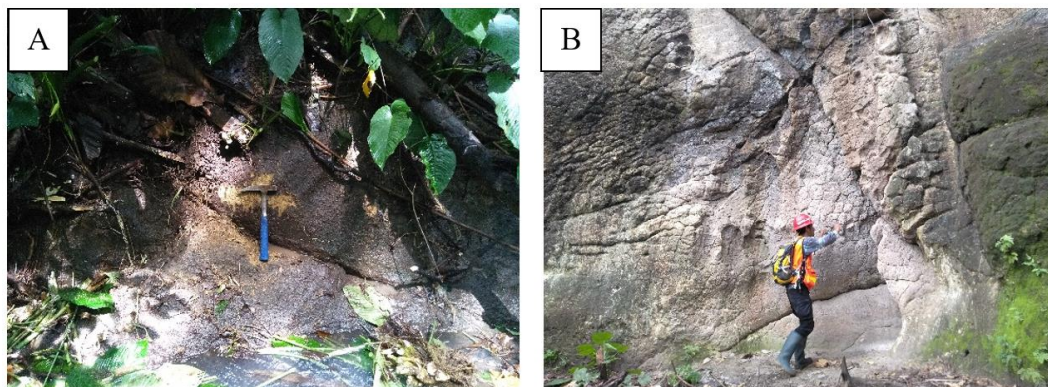
Penamaan satuan ini didasarkan dari data lapangan, yaitu berupa litologi tuf yang dominan disertai dengan sisipan batulempung hitam dan batupasir.

4.2.2.2. Ciri Litologi

Satuan tuf Paslaten dicirikan dengan litologi berupa batuan piroklastik berupa tuf, dan batuan sedimen silisiklastik berupa batulempung hitam, dan batupasir.

Tuf

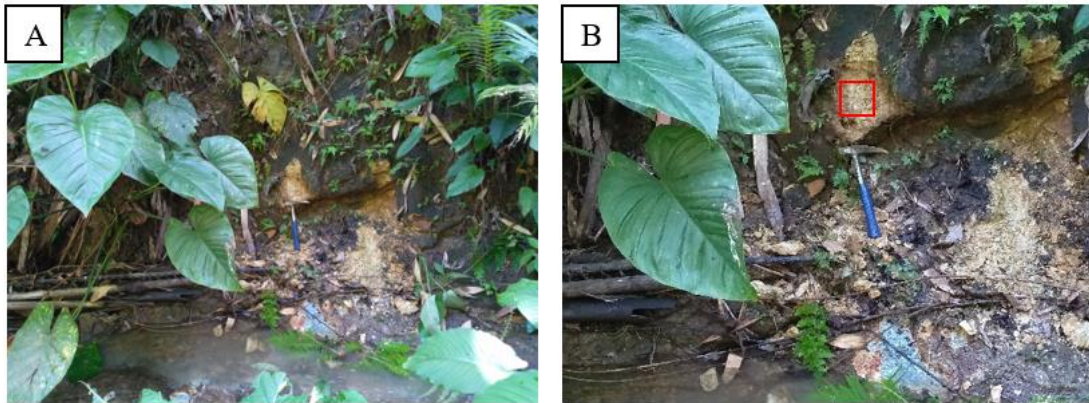
Tuf, warna: coklat muda – krem, memiliki tekstur: abu kasar (0,063 – 2 mm), membundar tanggung, sortasi buruk, didukung butiran, komposisi: mineral felsik: plagioklas, kuarsa; mineral ferromagnesian: hornblende; material tambahan: abu vulkanik, batupung, litik andesit, berstruktur masif.



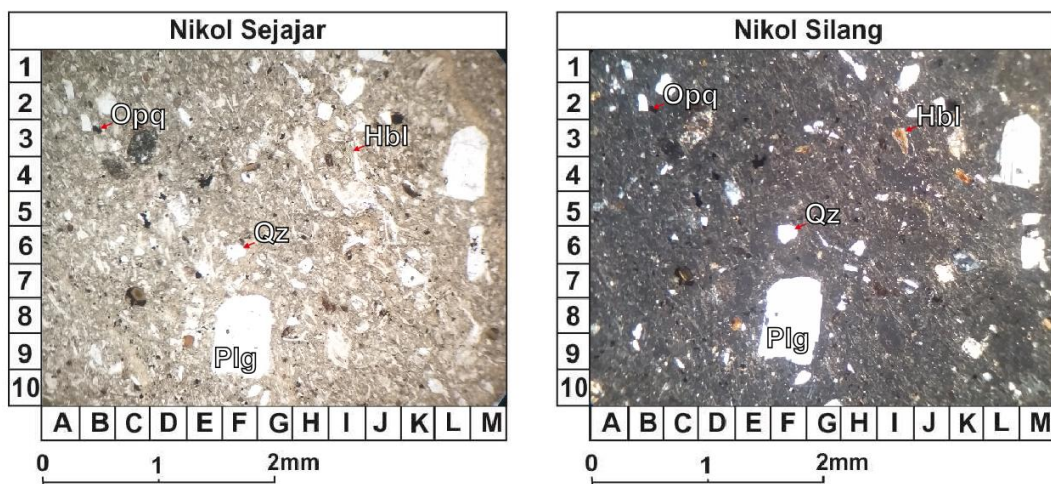
Gambar 4. 10. Foto singkapan Tuf pada LP 127 (A) dan LP 78 (B)

Berdasarkan pengamatan petrografi sampel pada lokasi pengamatan 89 (Gambar 4.11) diperoleh persentase komposisi mineral terdiri dari: plagioklas feldspar (45%),

kuarsa (5%), hornblende (5%), mineral opak (4%), dan terdapat mineral lempung (41%) yang merupakan mineral ubahan dari feldspar, dalam analisis petrografi bernama Kristal tuf (berdasarkan klasifikasi Pettijohn, 1975).



Gambar 4. 11. Foto singkapan litologi Tuf pada LP 89 (A) dan lokasi pengambilan sampel petrografi ditandai dengan kotak berwarna merah (B)



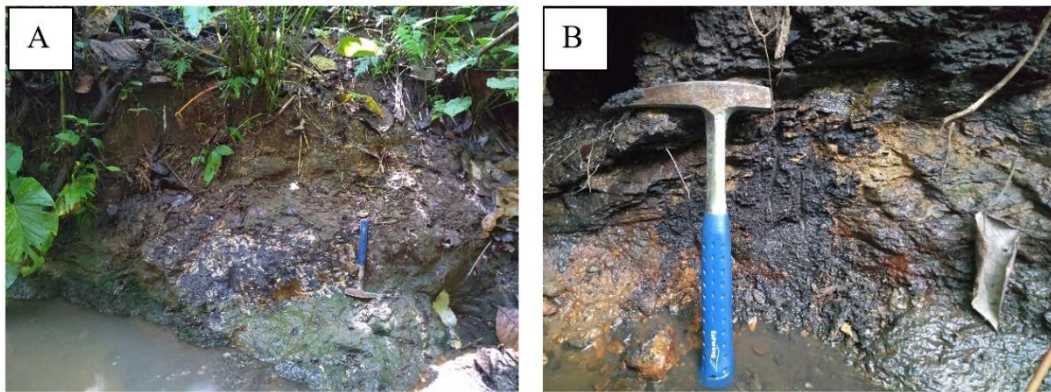
Gambar 4. 12. Foto sayatan petrografi Tuf (LP 89) menunjukkan kenampakan berupa plagioklas, kuarsa, hornblende, mineral opak, dan mineral ubahan berupa lempung

Batulempung Hitam

Batulempung hitam, warna: hitam, memiliki tekstur: lempung ($< 0,004$ mm), komposisi: material berukuran lempung dengan semen silika, struktur: laminasi.

Batupasir

Batupasir, warna: abu-abu kemerahan, memiliki tekstur: pasir sedang (0,25 – 0,5 mm), menyudut tanggung, sortasi baik, didukung butiran, dengan komposisi: fragmen: plagioklas, hornblende, matriks: pasir, semen: silika, struktur: masif.



Gambar 4. 13. Foto singkapan batulempung hitam LP 83 (A) dan LP 82 (B)



Gambar 4. 14. Foto singkapan batupasir LP 141 (A) dan LP 142 (B)

4.2.2.3. Persebaran

Sebaran dari satuan ini bekisar 58% dari luasan dan tersebar di hampir seluruh bagian daerah telitian. Satuan ini berbatasan dengan Satuan Lava-andesit Paslaten di sebelah timur dan Satuan Breksi Paslaten di sebelah barat.

4.2.2.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan

Satuan Tuf Paslaten memiliki umur yang diperoleh dari hasil penelitian Effendi dan Bawono (1997) dengan metode analisis fosil pada sisipan lempung napalan, yaitu Miosen Tengah. Satuan Tuf Paslaten terbentuk pada lingkungan darat, karena pada litologi batulempung tidak dijumpai fosil mikro.

4.2.2.5. Hubungan dengan Satuan Lain

Satuan ini berada berada di bawah Satuan Breksi Paslaten yang berumur lebih muda secara tidak selaras.

4.2.3. Satuan Breksi Paslaten (Tps)

4.2.3.1. Dasar Penamaan

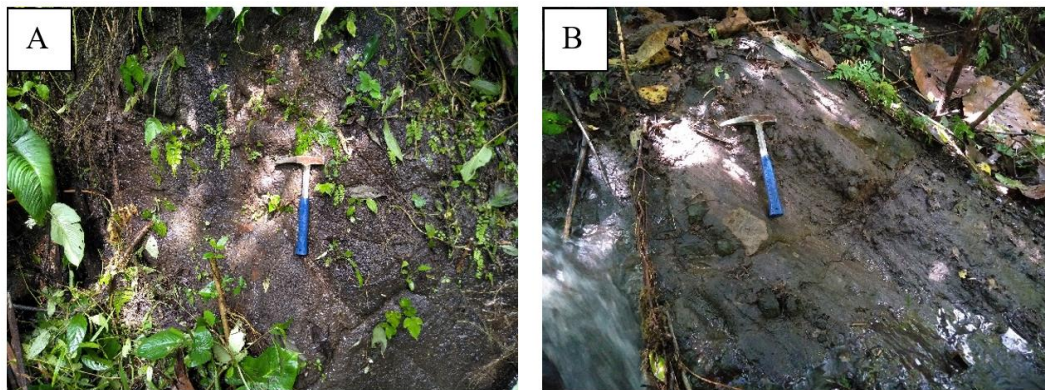
Satuan ini dinamakan berdasarkan litologi yang terdapat di lokasi pengamatan, yaitu breksi yang secara dominan dan batulempung sebagai sisipan.

4.2.3.2. Ciri Litologi

Satuan ini dicirikan dengan litologi berupa batuan sedimen silisiklastik berupa breksi dan batulempung.

Breksi

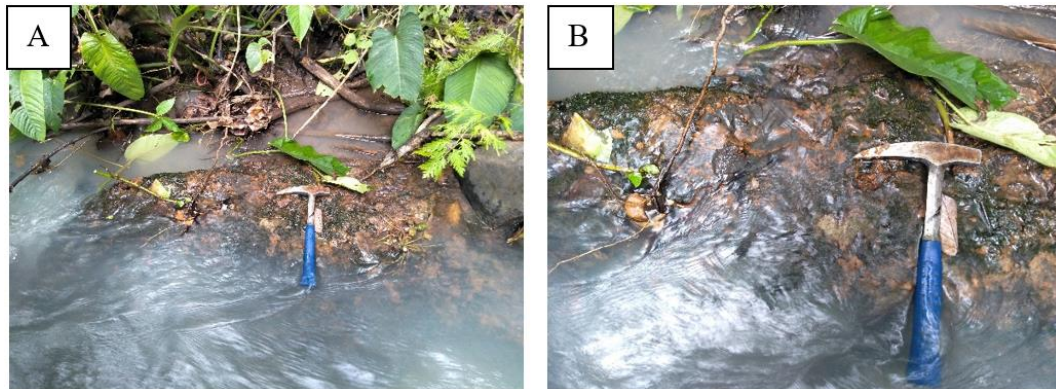
Breksi, berwarna segar abu-abu kehitaman dan lapuk coklat kemerahan, memiliki ukuran butir kerikil – kerakal (2 – 4 mm), menyudut tanggung, terpilah buruk, kemas terbuka, disusun oleh fragmen: andesit; matriks: pasir; semen: silika, berstruktur masif.



Gambar 4. 15. Foto singkapan breksi LP 111 (A) dan LP 113 (B)

Batulempung

Batulempung, berwarna segar hitam dan lapuk coklat, memiliki ukuran butir lempung ($< 0,004$ mm), disusun oleh material berukuran lempung, berstruktur masif.



Gambar 4. 16. Foto singkapan batulempung LP 115

4.2.3.3. Persebaran

Luasan dari satuan ini bekisar 5% dari luasan dan tersebar di barat laut. Satuan ini berbatasan dengan Satuan Tuf Paslaten di sebelah tenggara.

4.2.3.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan

Satuan Breksi Paslaten umur yang diperoleh dari hasil penelitian Koperberg (1928) dalam Effendi dan Bawono (1997) adalah Pliosen. Satuan Breksi Paslaten terbentuk pada lingkungan darat (Effendi dan Bawono, 1997).

4.2.3.5. Hubungan dengan Satuan Lain

Satuan ini memiliki hubungan tidak selaras dengan lapisan yang lebih tua di bawahnya, yaitu Satuan Tuf Paslaten.

4.2.4. Satuan Endapan Aluvial (Qa)

4.2.3.1. Dasar Penamaan

Satuan ini dinamakan berdasarkan endapan yang terdapat di lokasi pengamatan berupa material lepas berukuran bongkah, kerakal, dan pasir.

4.2.3.2. Ciri Endapan

Satuan ini dicirikan dengan material lepas berukuran bongkah, kerakal, dan pasir yang belum mengalami litifikasi yang merupakan hasil endapan sungai.



Gambar 4. 17. Foto Endapan Aluvial berupa material berukuran bongkah, kerakal, dan pasir

4.2.3.3. Persebaran

Luasan dari satuan ini bekisar 2% dari luasan dan tersebar di sepanjang Sungai Likupang. Satuan ini berbatasan dengan Satuan Tuf Paslaten di sekitarnya.

4.2.3.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan

Satuan Endapan Aluvial memiliki umur yang diperoleh dari hasil penelitian Effendi dan Bawono (1997) adalah Holosen. Satuan Endapan Aluvial terbentuk pada lingkungan darat (Effendi dan Bawono, 1997).

4.2.3.5. Hubungan dengan Satuan Lain

Satuan ini memiliki hubungan tidak selaras dengan lapisan yang lebih tua di bawahnya, yaitu Satuan Breksi Paslaten.

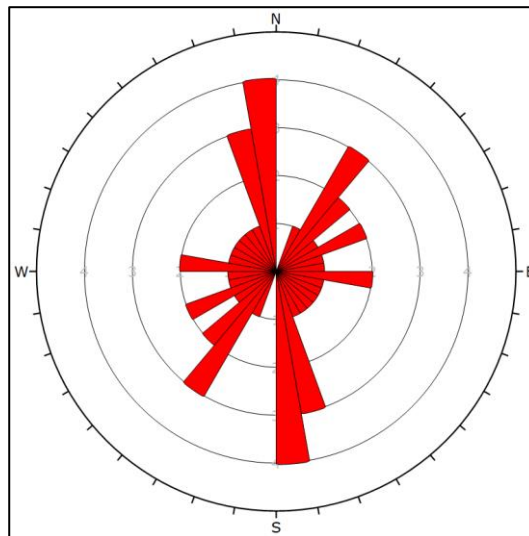
4.3. Struktur Geologi

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengambilan data di lapangan. Struktur geologi yang terdapat di lokasi penelitian, antara lain: bidang perlapisan, kekar gerus, kekar tarik, sesar mendatar, dan kekar terisi mineral (urat). Pengambilan data di lapangan dengan menggunakan kompas untuk mengukur kedudukan masing-masing struktur geologi. Analisis stereonet hasil pengukuran dilakukan untuk mengetahui arah-arrah tegasan dan penamaan sesar.

4.3.1. Kekar

Kekar gerus (shear joint) yang dijumpai di lapangan merupakan kekar-kekar hasil proses tektonik. Hasil analisis arah umum kekar yang dijumpai di lapangan

menunjukkan arah tegasan utama berasal dari arah relatif Utara-Selatan (Gambar 4.18).



Gambar 4. 18. Diagram mawar *shear joint*

4.3.2. Sesar

Bukti-bukti struktur geologi berupa sesar di lapangan ditunjukkan dengan: kekar-kekar hasil pensesaran (*shear fracture* dan *gash fracture*) disertai dengan breksiasi, kelurusan sungai, dan gores garis pada bidang sesar. Sesar yang dijumpai memotong Satuan lava-andesit Paslaten yang terubah. Hasil analisis menunjukkan bahwa sesar yang terdapat di lokasi penelitian adalah sesar mendatar.

Sesar Mendatar Kanan NE-SW

Bukti sesar di lapangan ditunjukkan dengan adanya *shear fracture* dan *gash fracture* disertai dengan kelurusan sungai yang berarah relatif NE-SW. Hasil analisis stereografis (Gambar 4.19) diketahui bahwa nama sesar ini adalah *Reverse right slip fault* (Rickard, 1972).

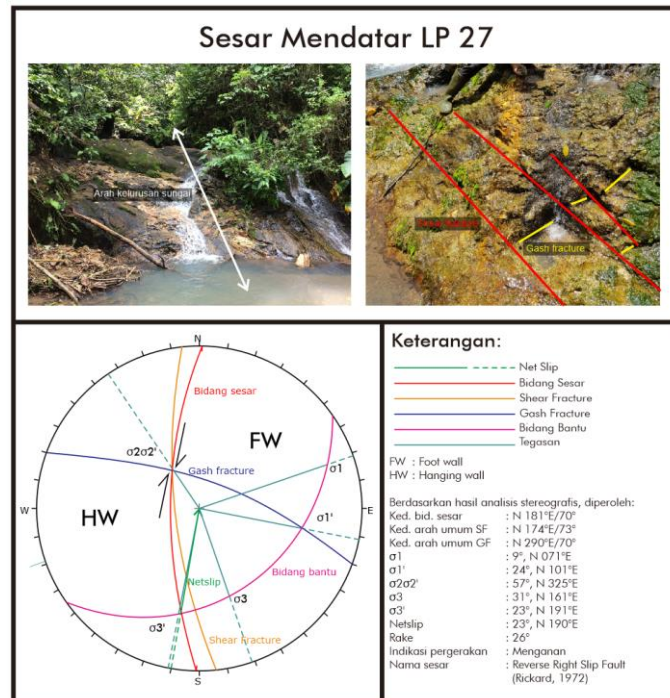
Sesar Mendatar Kiri E-W

Bukti sesar di lapangan ditunjukkan dengan adanya gores garis dengan arah bidang sesar N 095°E (E-W). Hasil analisis stereografis (Gambar 4.20) diketahui bahwa nama sesar ini adalah *Left slip fault* (Rickard, 1972).

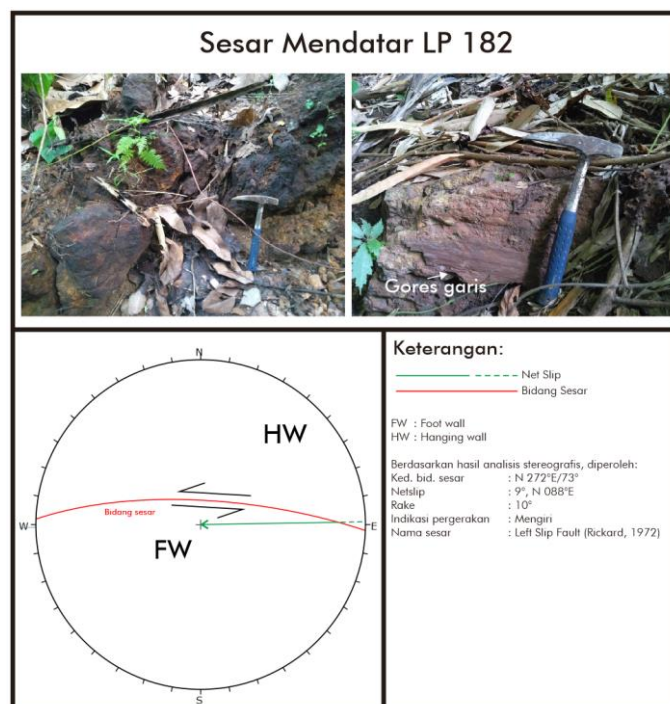
Sesar Mendatar Kanan NW-SE

Bukti sesar di lapangan ditunjukkan dengan adanya *shear fracture* dan *gash fracture* disertai dengan breksiasi yang berarah N 315°E (NW-SE). Hasil analisis

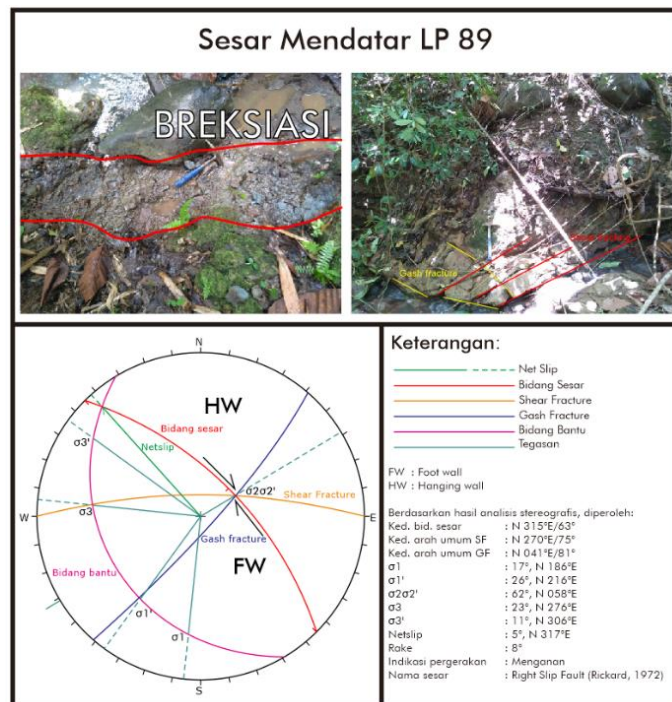
stereografis (Gambar 4.21) diketahui bahwa nama sesar ini adalah *Right slip fault* (Rickard, 1972).



Gambar 4. 19. Analisis stereografis sesar LP 27



Gambar 4. 20. Analisis stereografis sesar LP 182



Gambar 4. 21. Analisis stereografis sesar LP 89

4.3.3. Interpretasi Struktur Geologi

Sesar mendatar kanan berarah NE-SW dan sesar mendatar kiri berarah E-W merupakan hasil dari struktur utama berarah NE-SW. Struktur utama ini terbentuk akibat kompresi berarah relatif Barat-Timur. Sesar berarah NE-SW merupakan sesar sintetik dari sesar utama dan sesar berarah E-W merupakan sesar antitetiknya. Struktur berupa sesar mendatar kanan berarah NW-SE merupakan struktur yang terbentuk dari kompresi berarah Utara-Selatan.

BAB V

ALTERASI DAN MINERALISASI

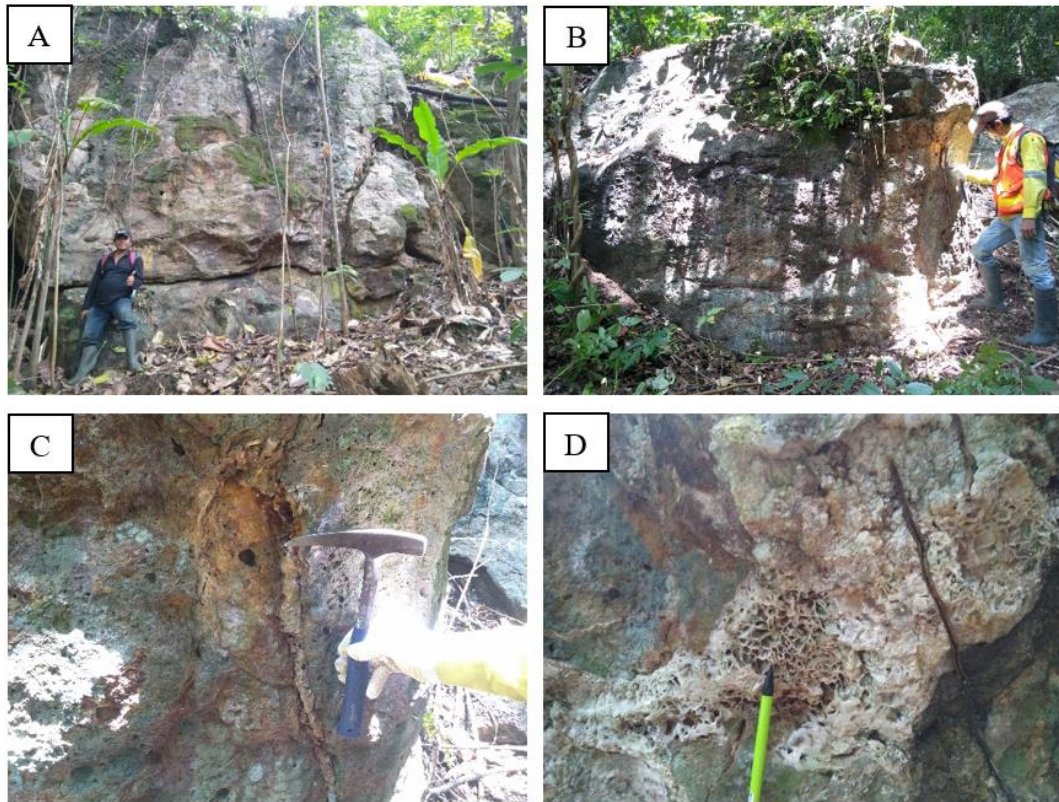
5.1. Alterasi

Data yang telah diperoleh dari hasil pemetaan, hasil analisis ASD, dan interpretasi menghasilkan peta zona alterasi di daerah telitian. Zona alterasi yang ada di daerah telitian dibagi menjadi 4 zona, yaitu: Zona Alterasi Silika+Smektit (Zona Alterasi Silisik), Zona Alterasi Alunit+Kaolinit+Smektit (Zona Alterasi Argilik Lanjut), Zona Alterasi Kaolinit+Smektit/Illit±*Dickite* (Zona Alterasi Argilik), dan Zona Alterasi Klorit+Smektit (Zona Alterasi Propilitik).

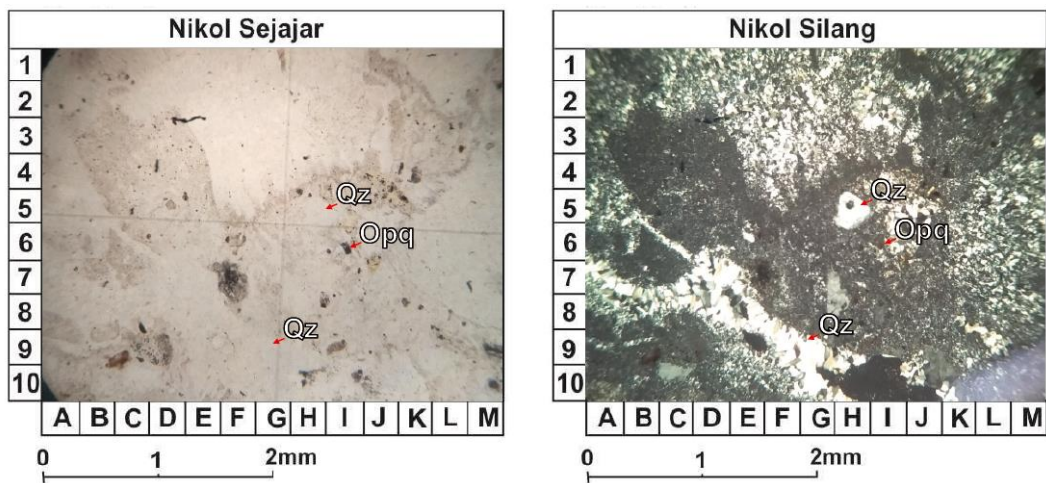
5.1.1. Alterasi Silika+Smektit (Alterasi Silisik)

Zona alterasi ini dicirikan dengan kehadiran mineral Kuarsa dan Smektit yang dapat diamati di lapangan, analisis ASD, dan analisis petrografi. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, litologi yang mengalami alterasi pada zona ini yaitu pada lava andesit. Lava andesit yang teralterasi pada zona ini memiliki ciri-ciri berwarna putih kecoklatan dengan melimpahnya kehadiran Kuarsa sekunder disertai dengan mineral lempung berjenis Smektit (Gambar 5.1). Urat kuarsa juga hadir pada zona ini dengan tekstur *comb structure* dan *vuggy*. Pada hasil analisis petrografi menunjukkan kehadiran mineral Kuarsa sekunder dengan ciri-ciri bentuk anhedral dan mengisi rongga batuan (Gambar 5.2). Hasil analisis ASD menunjukkan kehadiran mineral Monmorilonit (Smektit) (Gambar 5.3).

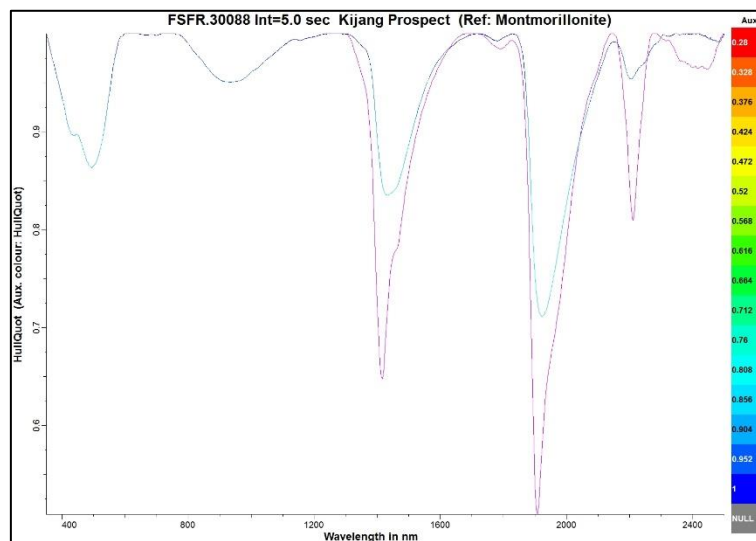
Zona Alterasi Silika+Smektit terbentuk pada suhu 20° – 200°C (Morrison, 1997) (Gambar 5.4) dan fluida dengan pH asam – hampir netral. Pada lokasi penelitian, zona ini terbentuk pada zona struktur berupa sesar dan kekar (urat). Struktur merupakan jalur keluarnya fluida hidrotermal, sehingga persebarannya mengikuti pola struktur.



Gambar 5. 1. Foto singkapan batuan alterasi Silika+Smektit pada LP 183 (A dan B) dengan urat kuarsa (C) dan *lattice bladed* (D)



Gambar 5. 2. Foto sayatan petrografi LP 183 litologi lava andesit teralterasi secara *pervasive* dengan mineral berupa kuarsa primer (H5) dan kuarsa sekunder berupa urat (G9) dengan tekstur *comb structure*



Gambar 5. 3. Grafik analisis ASD pada sampel batuan LP 183 menunjukkan kehadiran mineral Monmorilonit (Smektit)

Mineral	Temperatur (°C)											
	0				100				200			300
Kuarsa	—											
Smektit	- -											

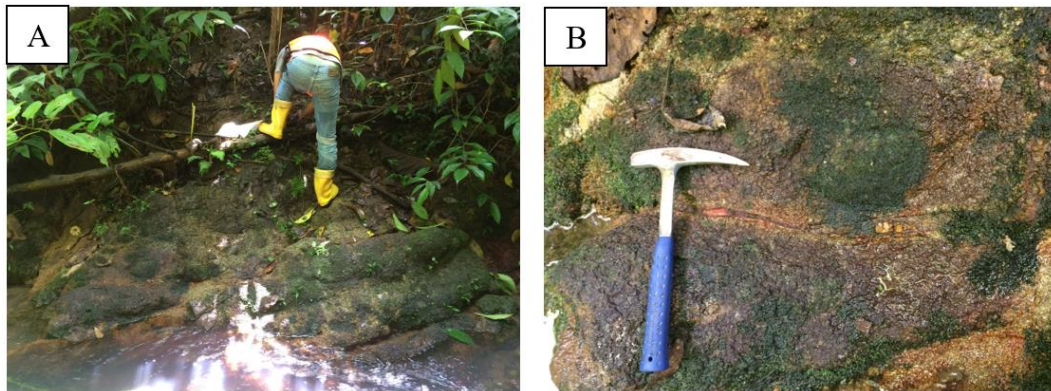
20° - 200°C

Gambar 5. 4. Kisaran suhu pembentukan mineral Kuarsa dan Smektit (Morrison, 1997)

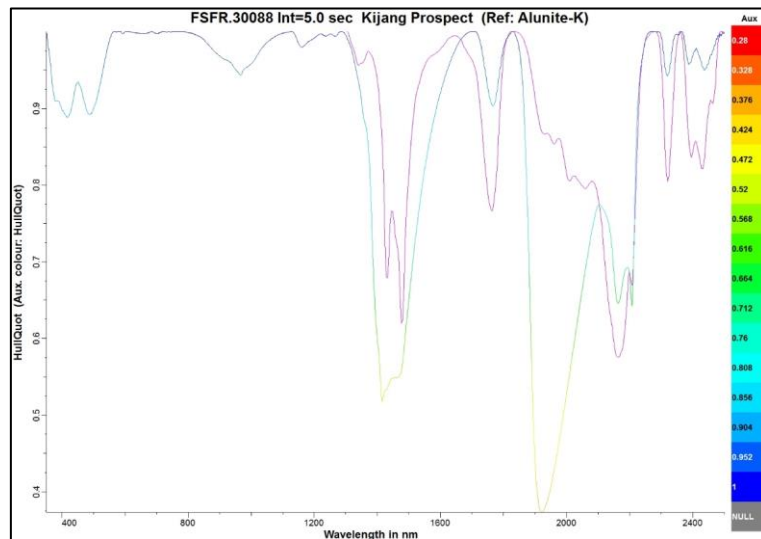
5.1.2. Alterasi Alunit+Kaolinit+Smektit (Alterasi Argilik Lanjut)

Zona alterasi ini dicirikan dengan kehadiran mineral lempung berupa Alunit, Kaolinit, dan Smektit yang dapat diamati dari hasil analisis ASD. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, litologi yang mengalami alterasi pada zona ini yaitu pada lava andesit. Lava andesit yang teralterasi pada zona ini memiliki ciri-ciri berwarna merah kecoklatan (Gambar 5.5). Hasil analisis ASD menunjukkan kehadiran mineral alunit (Gambar 5.6).

Zona alterasi Alunit+Smektit+Kaolinit terbentuk pada suhu 20° – 200°C (Morrison, 1997) dan fluida pada dengan pH asam – mendekati netral (Gmbar 5.7). Pada lokasi penelitian, zona ini terbentuk setelah zona alterasi Silika+Smektit dan pada zona lemah berupa struktur geologi. Pola zona alterasi ini mengikuti arah sesar.



Gambar 5. 5. Foto singkapan litologi lava andesit teralterasi kuat dengan himpunan mineral alunit+kaolinit+smektit (A) dengan urat oksida (B)



Gambar 5. 6. Grafik analisis ASD pada sampel batuan LP 31 menunjukkan kehadiran mineral Alunit dan Monmorilonit (smektit)

Mineral	Temperatur (°C)											
	0				100				200			300
Alunit	—											
Smektit	- -											
Kaolinit	- -											

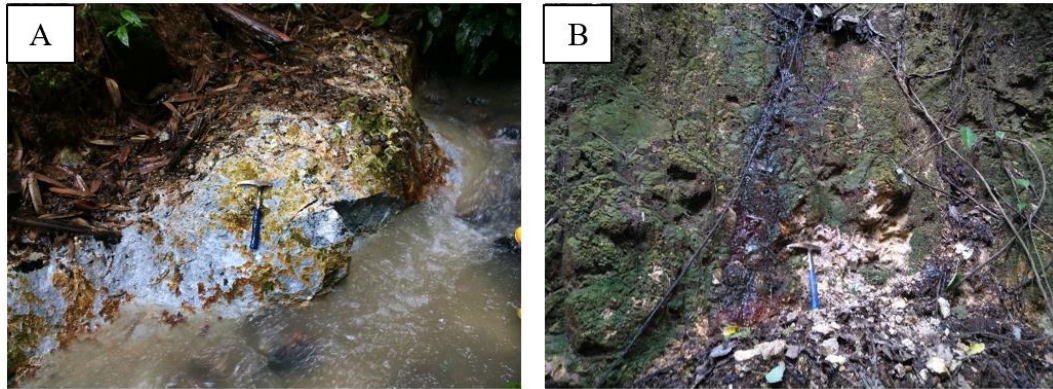
20° - 200°C

Gambar 5. 7. Kisaran suhu pembentukan mineral Alunit, Smektit, dan Kaolinit (Morrison, 1997)

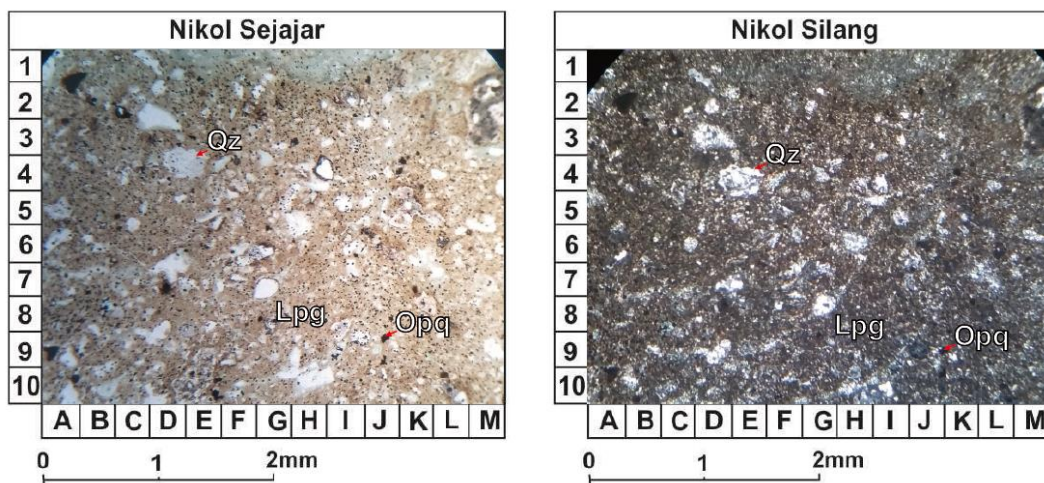
5.1.3. Alterasi Kaolinit+Smektit±*Dickite* (Alterasi Argilik)

Zona alterasi Kaolinit+Smektit±*Dickite* dicirikan dengan kehadiran mineral-mineral lempung hasil ubahan dari mineral primer. Mineral-mineral lempung tersebut, yaitu Kaolinit, Smektit, dan terkadang hadir *Dickite*. Kaolinit dan Smektit dapat

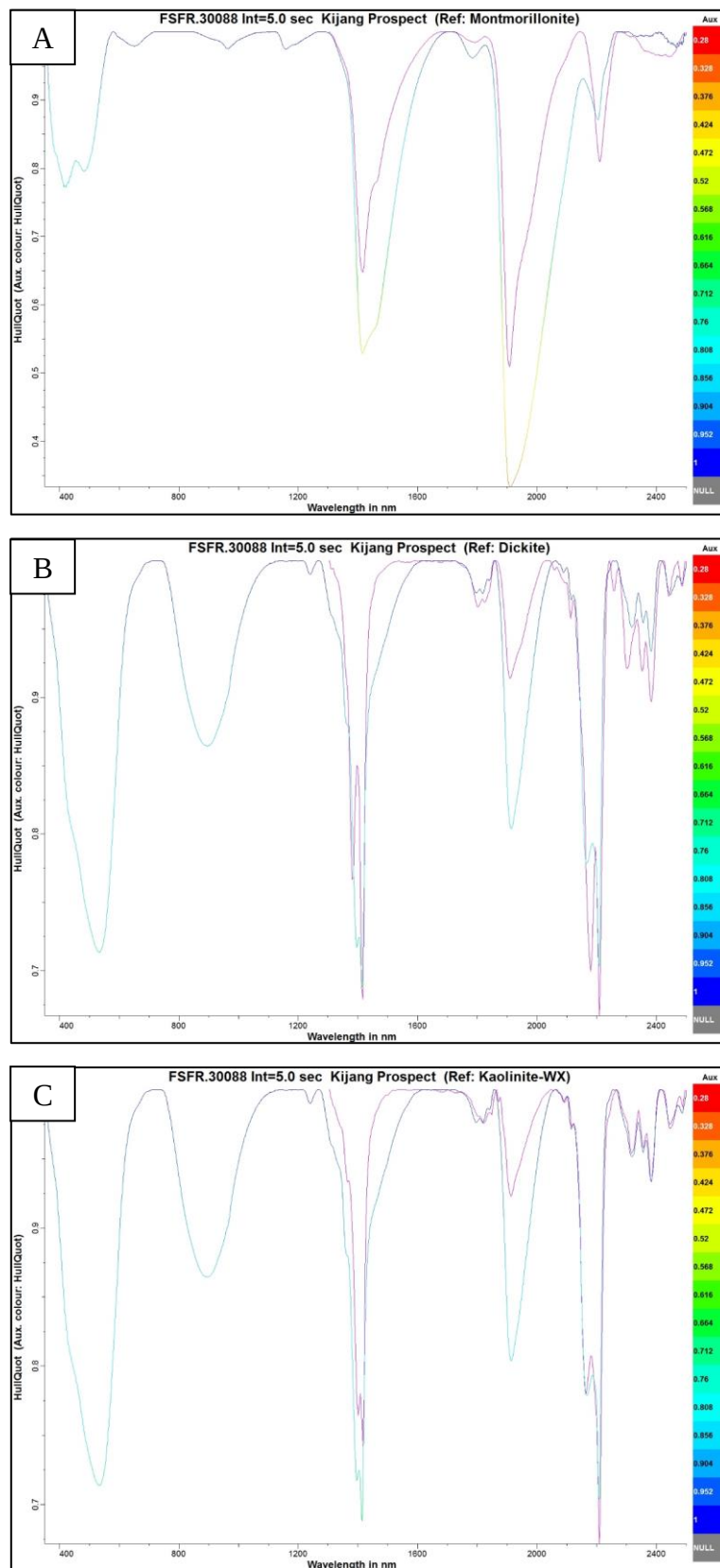
diamati di lapangan dengan ciri-ciri berwarna putih (Gambar 5.8), serta dibuktikan dengan hasil analisis ASD (Gambar 5.10). Litologi yang berubah ke zona alterasi ini adalah lava andesit baik secara *pervasive* maupun *selectively pervasive*, dan litologi tuf di beberapa tempat saja.



Gambar 5. 8. Foto singkapan litologi lava andesit teralterasi kuat dengan himpunan mineral Smektit+Kaolinit+*Dickite* pada LP 46 (A) dan LP 167 (B)

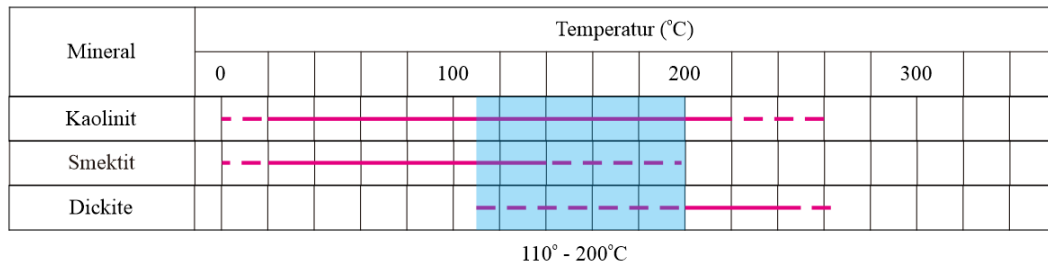


Gambar 5. 9. Foto sayatan petrografi LP 143 dengan mineral berupa mineral lempung (G8), kuarsa (E3), dan mineral opaque (J9)



Gambar 5. 10. Gambar hasil analisis ASD menunjukkan mineral ubahan berupa Monmorilonit (Smektit) (A), *Dickite* (B), dan Kaolinit (C)

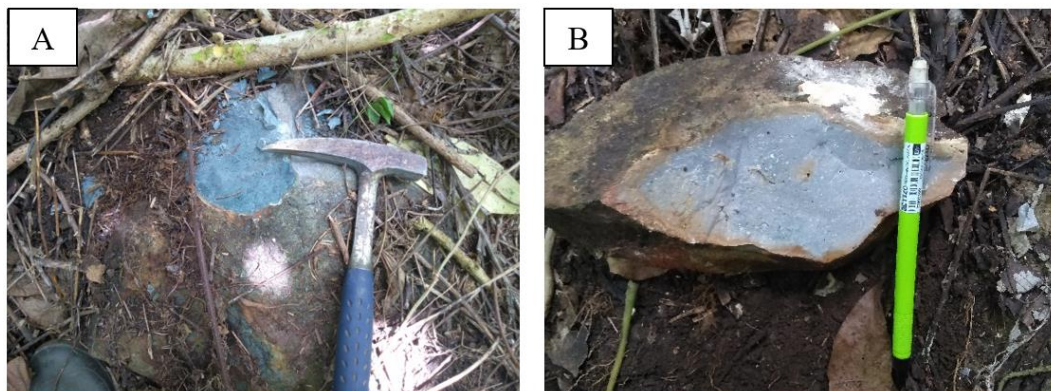
Zona alterasi ini terbentuk pada suhu 110° – 250°C (Morrison, 1997) dengan fluida hidrotermal yang memiliki pH netral (Gambar 5.11). Alterasi ini terbentuk setelah alterasi Alunit+Smektit+Kaolinit dengan pola mengikuti persebaran litologi lava andesit.



Gambar 5. 11. Kisaran suhu pembentukan mineral Smektit, Kaolinit, dan *Dickite* (Morrison, 1997)

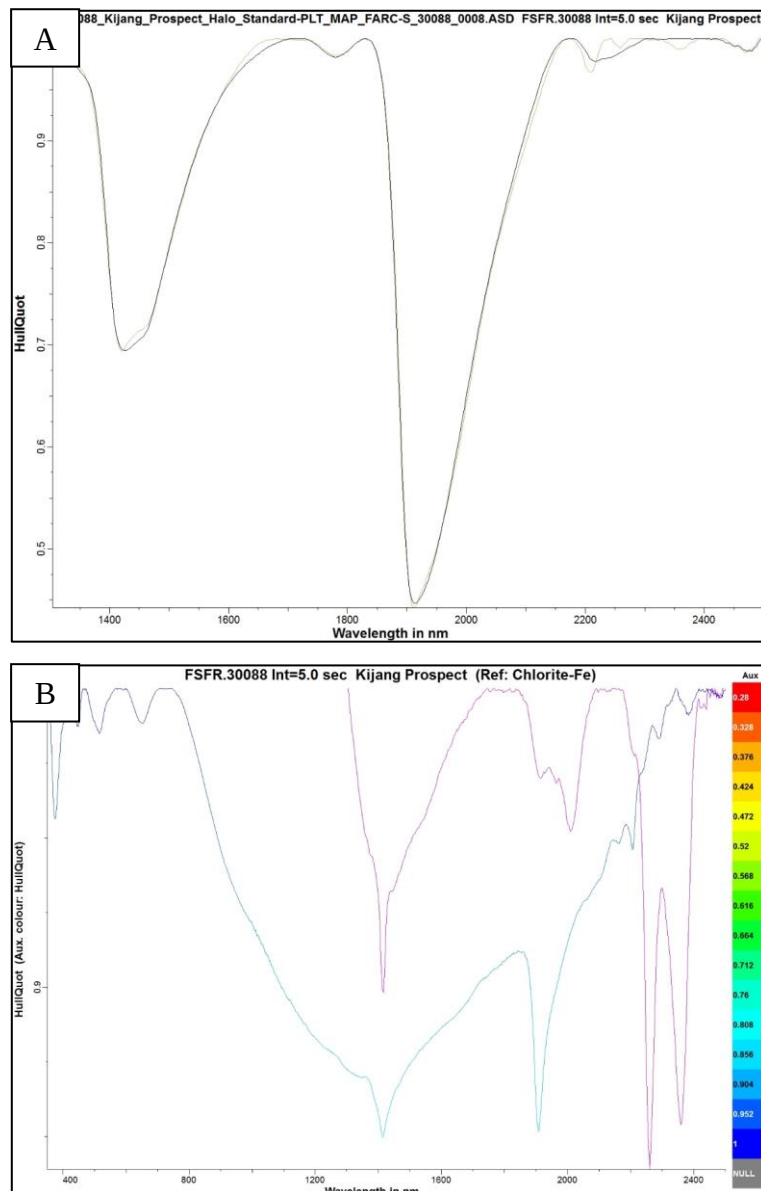
5.1.4. Alterasi Klorit+Smektit (Alterasi Propilitik)

Zona alterasi Klorit+Smektit dicirikan dengan kehadiran mineral Klorit dan Smektit. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, litologi yang mengalami alterasi adalah lava andesit. Lava andesit yang mengalami alterasi Klorit+Smektit dicirikan dengan warna kehijauan (Gambar 5.12). Hasil analisis ASD menunjukkan mineral-mineral sekunder berupa Klorit dan Monmorilonit (Smektit) (Gambar 5.13).



Gambar 5. 12. Foto singkapan litologi lava andesit teralterasi kuat dengan mineral ubahan berupa Klorit+Smektit

Zona alterasi Klorit+Smektit ini terbentuk pada suhu 120° – 200°C (Morrison, 1997), dengan fluida hidrotermal yang memiliki pH netral (Gambar 5.14). Alterasi ini terbentuk pertama kali yang kemudian terbentuk tipe alterasi lain. Pola zona ini mengikuti litologi berupa lava andesit.



Gambar 5. 13. Grafik analisis ASD pada LP 162 menunjukkan mineral Klorit+Smektit

Mineral	Temperatur (°C)											
	0				100			200			300	
Klorit-Smektit												

120° - 200°C

Gambar 5. 14. Kisaran suhu pembentukan mineral Klorit+Smektit (Morrison, 1997)

5.2. Mineralisasi

Mineralisasi di lokasi penelitian berkembang pada zona-zona struktur geologi. Mineralisasi terbentuk di beberapa urat kuarsa dan secara disseminasi pada tubuh batuan yang mengalami alterasi. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan

analisis mineralgrafi, dapat diketahui mineral-mineral bijih yang terdapat di lokasi penelitian. Mineral-mineral bijih yang dijumpai, antara lain pirit, kalkopirit dan mineral oksida berupa hematit.

Pirit (FeS_2)

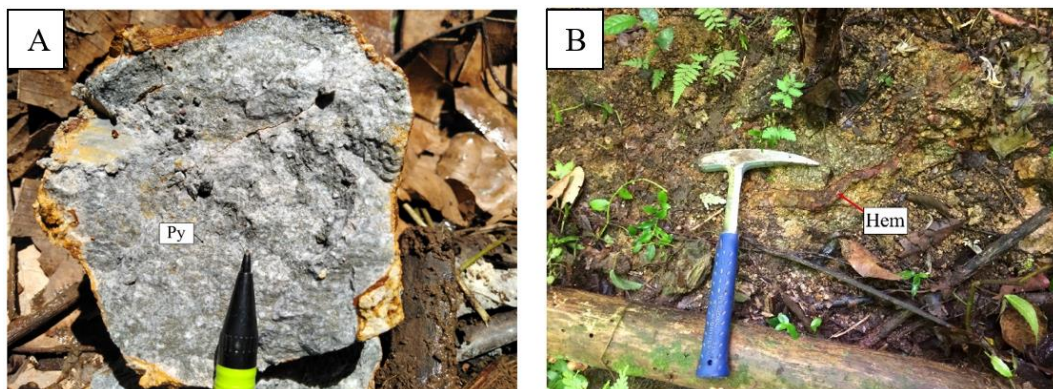
Mineral pirit hadir secara menyebar (diseminasi) di beberapa litologi teralterasi baik pada tipe alterasi argilik (Gambar 5.15 A), maupun alterasi silisik. Pirit juga sering tergantikan oleh hematit karena proses oksidasi.

Kalkopirit (CuFeS_2)

Kalkopirit merupakan mineral bijih pembawa tembaga, namun jarang dijumpai di lokasi pengamatan. Mineral ini hadir di urat kuarsa secara minor.

Hematit (Fe_2O_3)

Hematit merupakan mineral oksida yang banyak dijumpai di lokasi penelitian. Mineral ini terbentuk oleh proses oksidasi dari mineral pirit dan hadir pada litologi baik secara masif maupun sebagai urat (Gambar 5.15 B).



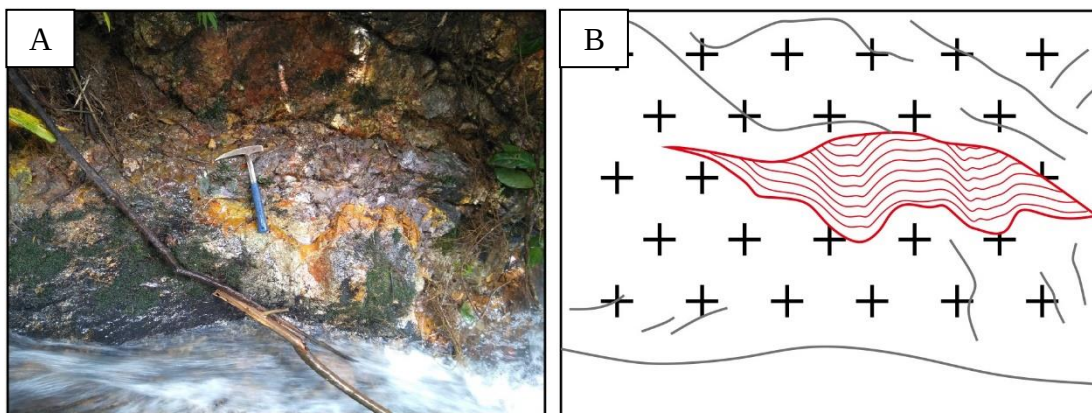
Gambar 5. 15. Foto *hand specimen* litologi teralterasi kaolinit+smektit+dickite dengan kehadiran pirit secara diseminasi (A) dan singkapan litologi teralterasi alunit+kaolinit+smektit dengan kehadiran hematit sebagai urat (B)

5.3. Sistem Urat

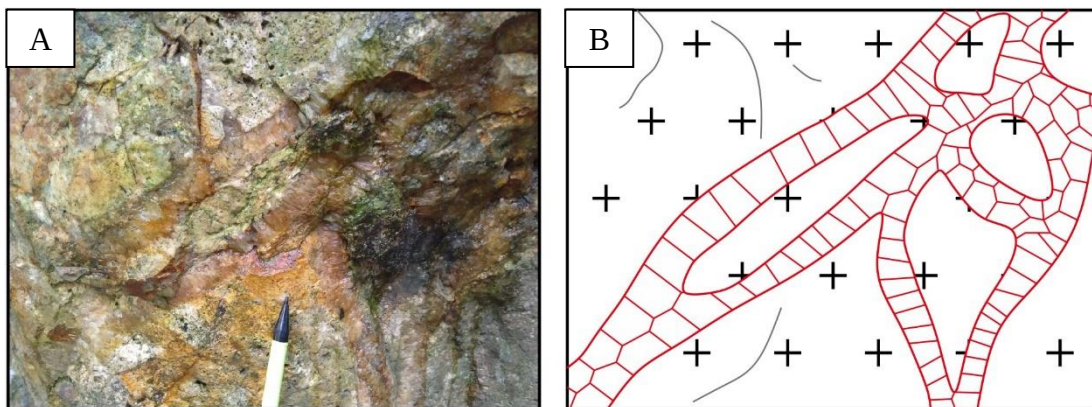
Sistem urat pada lokasi penelitian terbentuk akibat proses tektonik yang kemudian menghasilkan rekahan-rekahan dan terisi oleh fluida hidrotermal. Urat-urat yang dijumpai dapat berbentuk sistematik maupun non sistematik. Urat yang dijumpai pada lokasi pengamatan, dapat dikelompokkan berdasarkan komposisi mineral pada urat, yaitu urat kuarsa dan urat oksida. Ketebalan urat bervariasi dari 5 mm – 15 cm.

Urut Kuarsa

Pada lokasi penelitian, urat kuarsa dijumpai pada litologi lava andesit yang teralterasi kuat pada tipe alterasi silika+smektit (silisik). Urat kuarsa ini memiliki beberapa tekstur yang dijumpai di lapangan, yaitu *colloform-crustiform* dan *comb structure*. Urat bertekstur *colloform-crustiform* berwarna putih-merah-ungu dan berbentuk seperti berlapis-lapis (Gambar 5.16). Urat dengan tekstur *comb structure* berwarna putih kecoklatan dengan kuarsa yang memiliki perawakan meniang (Gambar 5.17).



Gambar 5. 16. Foto singkapan (A) dan sketsa singkapan (B) litologi lava andesit teralterasi dengan keterdapatan urat kuarsa dengan tekstur *colloform-crustiform* (digambar dengan warna merah)



Gambar 5. 17. Foto singkapan (A) dan sketsa singkapan (B) litologi lava andesit teralterasi dengan keterdapatan urat kuarsa dengan tekstur *comb structure* (digambar dengan warna merah)

Urut Oksida

Pada lokasi penelitian, urat oksida dijumpai pada litologi lava andesit yang teralterasi kuat pada tipe alterasi alunit+smektit+kaolinit (argilik lanjut). Urat ini

berwarna merah kecoklatan. Urat ini terbentuk akibat oksidasi dari mineral-mineral sulfida yang mengandung unsur Fe, misalnya pirit.

Rijang hidrotermal

Pada lokasi penelitian, dijumpai rijang hidrotermal yang membentuk urat dengan ketebalan 25 cm, dengan kedudukan N 250°E/60°. Rijang hidrotermal terbentuk karena fluida hidrotermal yang keluar melalui rekahan dan mendingin setelah mengalami kontak langsung dengan dasar danau. Keterdapatan rijang hidrotermal ini menunjukkan terbentuknya danau hasil *extensional dilatation jogs*.



Gambar 5. 18. Rijang hidrotermal sebagai urat dengan litologi sekitar berupa lava andesit yang mengalami alterasi silika+smektit

5.4. Kontrol Alterasi

Proses terjadinya alterasi dan mineralisasi dikontrol oleh litologi dan struktur geologi. Pada lokasi penelitian faktor utama pengontrol alterasi dan mineralisasi adalah struktur geologi.

5.3.1. Kontrol Struktur Geologi

Struktur geologi berupa sesar yang berarah relatif NE – SW dan relatif E – W yang berkembang di lokasi penelitian mengontrol terjadinya proses alterasi dan mineralisasi. Sesar ini merupakan zona lemah yang menjadi jalur keluarnya fluida hidrotermal. Struktur geologi lainnya yang menjadi kontrol adalah kekar. Kekar juga merupakan jalur keluarnya fluida hidrotermal. Kekar yang terisi mineral (urat) berupa

urat kuarsa merupakan bukti jalur fluida hidrotermal keluar. Urat-urat yang dijumpai di lokasi pengamatan memiliki arah relatif NE – SW hal ini menunjukkan bahwa proses alterasi dan mineralisasi dikontrol oleh proses tektonik dari arah relatif Barat – Timur.

5.3.2. Kontrol Litologi

Litologi yang mengontrol alterasi dan mineralisasi di lapangan adalah lava andesit dan tuf yang berperan sebagai *host rock*. Lava andesit merupakan *host rock* dari alterasi silika+smektit, alterasi alunit+kaolinit+smektit, alterasi kaolinit+smektit+*dickite*, dan alterasi klorit+smektit. Sedangkan, tuf merupakan *host rock* dari alterasi kaolinit+smektit+*dickite*.

Perbedaan antara lava andesit dengan tuf yang mengalami alterasi kaolinit+smektit+*dickite* adalah pada lava andesit terdapat mineral ubahan smektit, kaolinit, dan beberapa hadir *dickite*, sedangkan pada tuf mineral ubahan yang hadir adalah kaolinit saja. Hal ini diinterpretasikan bahwa pada tuf mineral-mineral yang terubah berupa mineral felsik, dan pada lava andesit mineral yang terubah berupa mineral felsik dan gelas vulkanik. Kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) merupakan mineral ubahan dari feldspar (mineral felsik), dan smektit ($((\text{Ca},\text{Na})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_4[(\text{Si},\text{Al})_8\text{O}_{20}]\text{OH}_4.n\text{H}_2\text{O}))$) merupakan mineral ubahan dari feldspar dan gelas vulkanik.

BAB VI

SEJARAH GEOLOGI

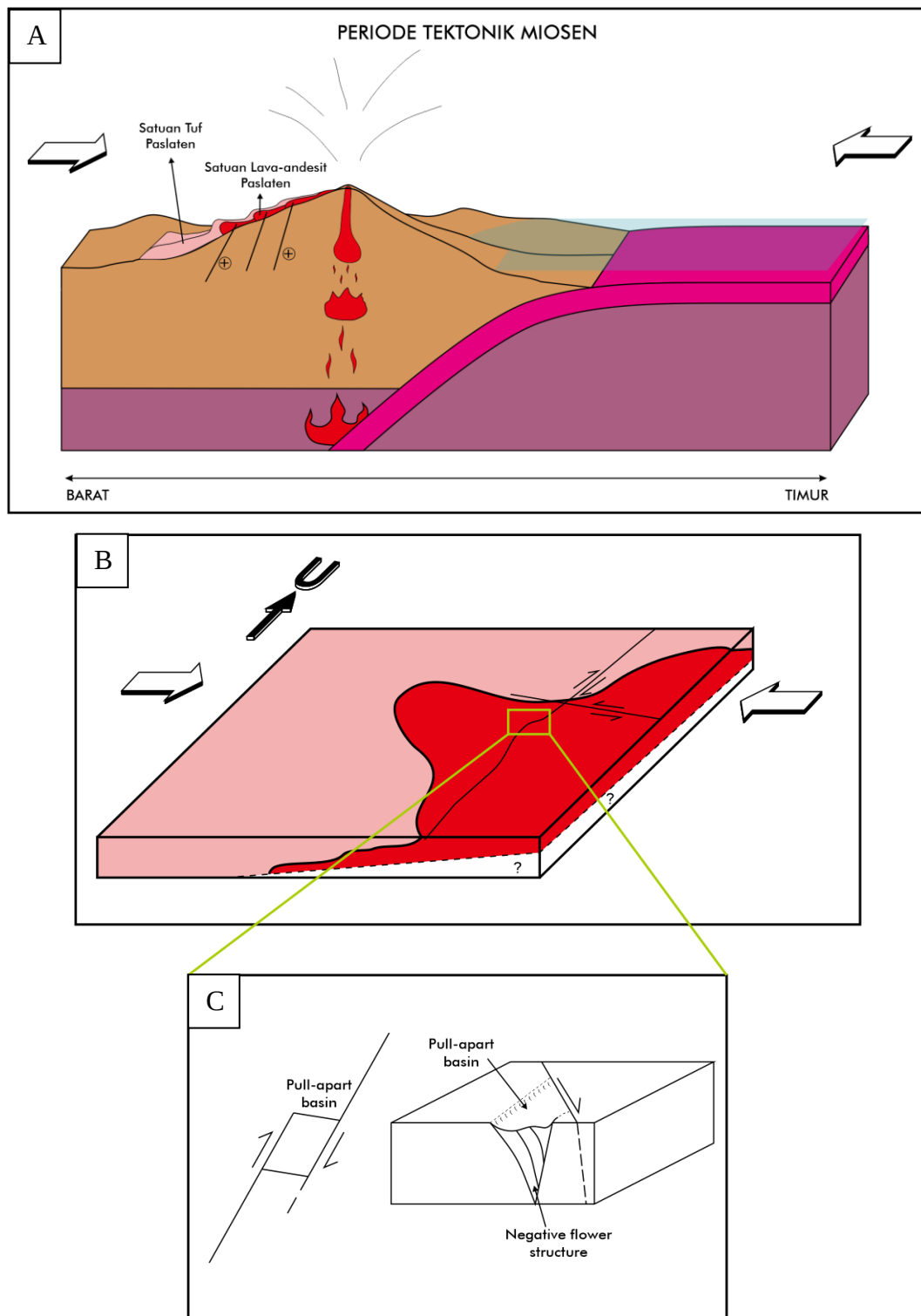
Kondisi geologi di lokasi pengamatan yang diamati saat ini merupakan hasil dari serangkaian proses geologi yang terjadi dari masa lampau hingga sekarang. Serangkaian proses geologi tersebut berupa pembentukan batuan (litogenesis), kemudian terjadi pengangkatan dan tersingkapnya batuan ke permukaan (orogenesis), dan proses pelapukan, erosi, serta penghancuran (gliptogenesis). Proses-proses tersebut terjadi secara berulang sehingga menghasilkan kenampakan geologi seperti sekarang ini.

Berdasarkan hasil analisis data lapangan dan didukung dengan data dan kajian oleh peneliti terdahulu, pada lokasi penelitian batuan yang tersingkap memiliki umur Miosen hingga Holosen. Runtutan sejarah geologi pada lokasi pengamatan dapat dijelaskan sebagai berikut:

6.1. Kala Miosen

Pembentukan batuan tersingkap yang terdapat di lokasi pengamatan diawali dengan subduksi busur Sangihe yang menunjam ke arah barat lengan utara Pulau Sulawesi pada kala Miosen Tengah (Wilson dan Moss, 1999). Subduksi ini membentuk jajaran gunungapi di lengan utara Pulau Sulawesi. Aktivitas vulkanik menghasilkan batuan-batuan gunungapi yang ada di lokasi pengamatan, Satuan Lava-andesit Paslaten terbentuk kemudian disusul oleh pembentukan Satuan Tuf Paslaten.

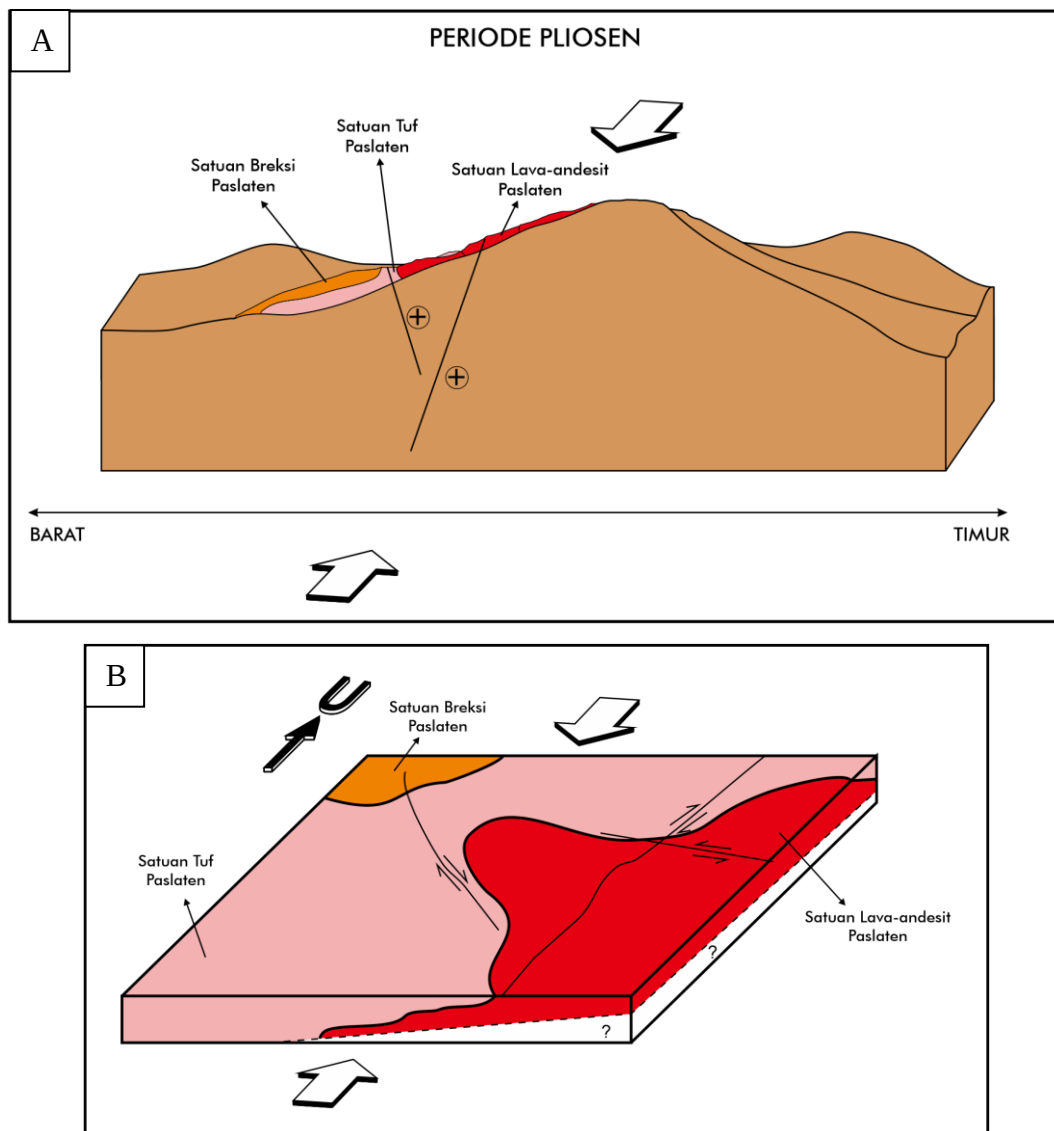
Pada kala Miosen Akhir aktivitas vulkanisme berhenti dan terjadi proses pengangkatan, erosi, dan pelapukan. Proses pengangkatan menghasilkan struktur-struktur geologi yang berarah NE-SW dan E-W. Struktur-struktur ini pula yang menjadi zona lemah keluarnya (*channel way*) fluida hidrotermal. Berdasarkan hal tersebut alterasi dan mineralisasi juga terjadi pada kala Miosen ini.



Gambar 6. 1. Model 3 dimensi sejarah geologi fase tektonik Miosen (A), *plan view* sejarah geologi (B) dan model *pull-apart basin* yang membentuk *flower structure* negatif akibat meliuknya sesar mendatar (*transtensional deluxe*) (C)

6.2. Kala Pliosen

Pada kala Pliosen terjadi pengendapan satuan breksi Paslaten dengan ciri litologi berupa breksi dengan fragmen andesit disertai dengan sisipan batulempung. Pada kala ini terjadi subduksi dari arah utara oleh Lempeng Laut Sulawesi (Wilson dan Moss, 1999) menghasilkan struktur-struktur geologi berupa sesar dan kekar yang berarah NW-SE dan NE-SW. Proses geologi masih terjadi secara berulang hingga saat ini dan menyebabkan tersingkapnya batuan-batuan tersebut ke permukaan.



Gambar 6. 2. Sejarah geologi periode Pliosen dimana tegasan utama berasal dari Utara - Selatan, blok 3D (A) menunjukkan vulkanisme yang sudah berhenti, dan *plan view* (B) menunjukkan kondisi sekarang

BAB VII

PENUTUP

7.1. Kesimpulan

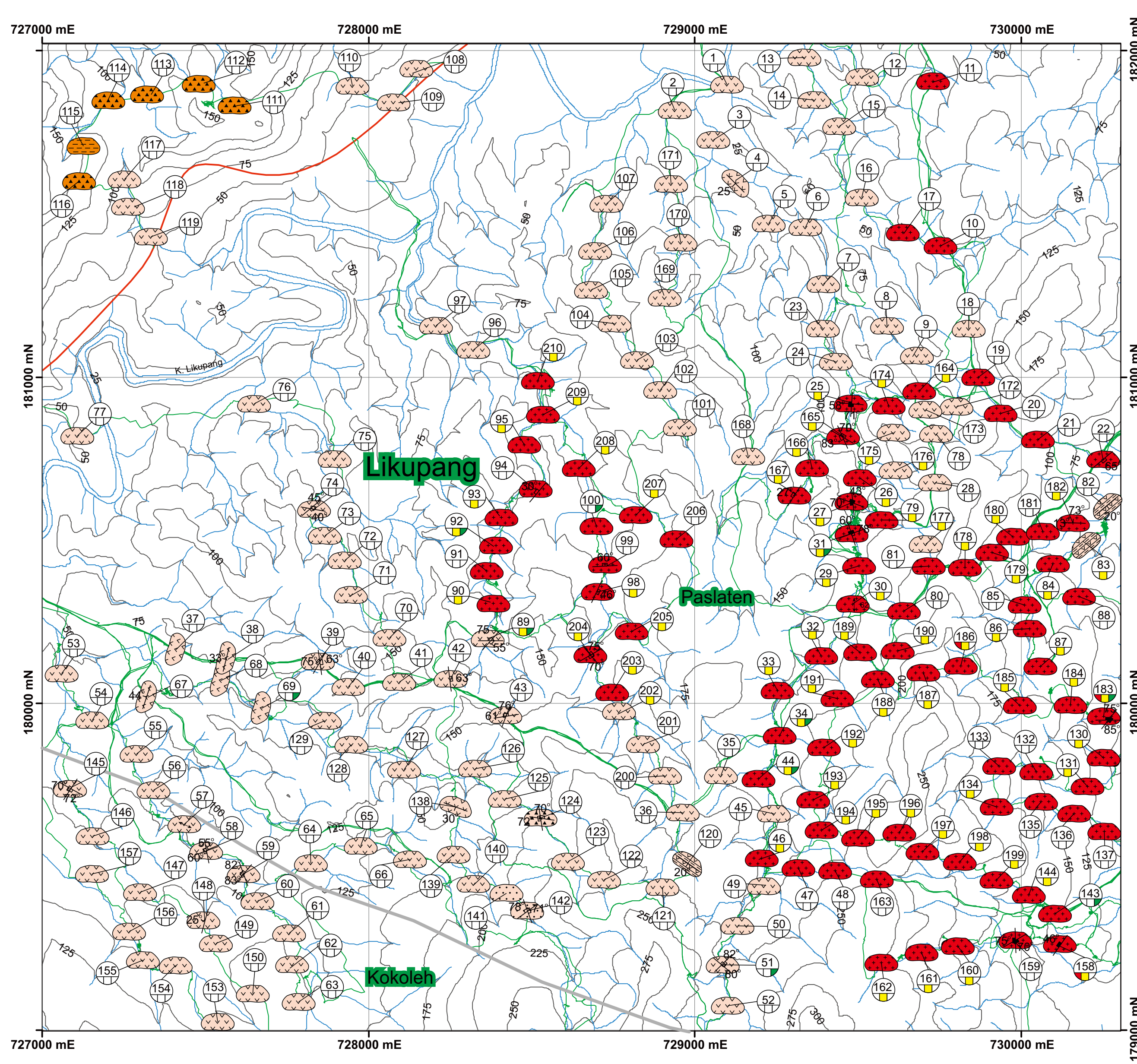
- Geomorfologi: Perbukitan Vulkanik (V1), Lereng Vulkanik (V2), Perbukitan Struktural (S1), Lembah Struktural (S2), dan Tubuh Sungai (S1).
- Stratigrafi: Satuan lava-andesit Paslaten (Miosen Tengah), Satuan tuf Paslaten (Miosen Tengah), Satuan breksi Paslaten (Pliosen), dan Satuan endapan aluvial (Holosen).
- Struktur geologi: kekar dan sesar. Kekar pada lokasi penelitian memiliki tegasan utama Utara – Selatan dengan arah umum NE-SW dan NW-SE. Sesar pada lokasi pengamatan terdiri dari beberapa sesar, yaitu: sesar mendatar kanan berarah NE-SW, sesar mendatar kiri berarah E-W, dan sesar mendatar kanan berarah NW-SE.
- Berdasarkan data di lapangan dan didukung oleh analisa ASD, alterasi dibagi menjadi 4 zona, yaitu Zona Silika+Smektit (Silisik), Zona Alunit+Kaolinit+Smektit (Argilik Lanjut), Zona Kaolinit+Smektit+*Dickite* (Argilik), dan Zona Klorit+Smektit (Propilitik)
- Mineralisasi terjadi di tubuh batuan yang mengalami alterasi dan di dalam urat. Mineralisasi yang ditemukan berupa pirit dan kalkopirit sebagai mineral primer dan hematit sebagai mineral hasil oksidasi.
- Tipe endapan pada lokasi penelitian adalah tipe Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah.

DAFTAR PUSTAKA

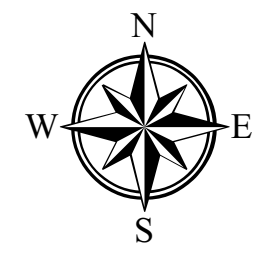
- Browne, P. R. L. & Lawless, J. V., 2001. Characteristics of Hydrothermal Eruptions, with Examples from New Zealand and Elsewhere. *Earth Science Reviews*, Volume 52, p. 299–331.
- Cooke, D. R. & Simmons, S. F., 2000. Characteristics and Genesis of Epithermal Gold Deposits. *SEG Reviews*, Volume 13, pp. 221-244.
- Corbett, G. & Leach, T., 1997. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization. *Society of Economic Geologist Special Publication*, Volume 6.
- Effendi, A. C. & Bawono, S. S., 1997. *Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara*, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Fossen, H., 2010. *Structural Geology*. New York: Cambridge University Press.
- Fournier, R. O., 1983. Active Hydrothermal Systems as Analogues of Fossil Systems. In: The Role of Heat in the Development of Energy and Mineral Resources in the Northern Basin and Range Province. *Geothermal Resources Council Special Reports*, Volume 13, pp. 263-285.
- Fournier, R. O., 1985. The Behavior of Silica in Hydrothermal Solutions. In: Berger BR, Bethke PM (eds) *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems.. Reviews in Economic Geology*, Volume 2, p. 45–61 .
- Hedenquist, J. W., Arribas Jr., A. & Gonzalez-Urien, E., 2000. Exploration for Epithermal Gold Deposits. *SEG Reviews*, Volume 13, pp. 245-277.
- Hedenquist, J. W. & Henley, R. W., 1985. Hydrothermal Eruptions in the Waiotapu Geothermal System, New Zealand; their Origin, Associated Breccias, and Relation to Precious Metal Mineralization. *Economic Geology*, Volume 80, pp. 1640-1668.
- Le Bas, M. & Streckeisen, A. L., 1991. The IUGS Systematics of Igneous Rocks. *Journal of the Geology Society*, Volume 148, pp. 825-833.

- Morrison, K., Important Hydrothermal Minerals and their Significance. 1997. 7th ed. New Zealand: Kingston Morrison Ltd..
- Nelson, C. E. & Giles, D. L., 1985. Hydrothermal Eruption Mechanisms and Hot Spring Gold Deposits. *Economic Geology*, Volume 80, p. 1633–1639.
- Pirajno, F., 2009. *Hydrothermal Processes and Minerals Systems*. Perth: Springer.
- Sillitoe, R. H., 1993. Epithermal Models: Genetic Typesm Geomaterial Controls and Shallow Features. *Geology Association Canada*, Volume 40, pp. 403-417.
- Sillitoe, R. H., 2015. Epithermal Paleosurface. *Mineralium Deposita*, 50(7), pp. 767-793.
- van Bemmelen, R. W., 1949. *The Geology of Indonesia Vol 1 A*. Den Haag: Government Printing Office.
- van Leeuwen, T. M. & Pieters, P. E., 2011. Mineral Deposits of Sulawesi. *Proceedings of the Sulawesi Mineral Resources*.
- White, N. C. & Hedenquist, J., 1995. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration. *SEG Newsletter*, Volume 23.
- Williams, H., Turner, F. J. & Gilbert, C. M., 1982. *Petrography: An Introduction to the Study of Rocks in Thin Section*. 2nd ed. New York: W. H. Freeman and Company.
- Wilson, M. E. & Moss, S. J., 1999. Cenozoic Palaeogeographic Evolution of Sulawesi and Borneo. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Volume 145, pp. 303-337.

LAMPIRAN



PETA LINTASAN DAN LOKASI PENGAMATAN
DAERAH PASLATEN DAN SEKITARNYA
KAB. MINAHASA UTARA, SULAWESI UTARA



1:10.000



Faric Ryandhika
111.141.007

Keterangan:

- | | | | |
|--|--------------------|--|--|
| | Kontur indeks | | Lintasan pemetaan |
| | Jalan raya | | Kedudukan batuan |
| | Sungai | | Kedudukan kekar tidak terisi mineral |
| | Nama administrasi | | Kedudukan kekar terisi mineral |
| | Batas administrasi | | Lokasi pengamatan dan pengambilan sampel |
| | Lava andesit | | Sampel sayatan petrografi |
| | Tuff | | Sampel ASD |
| | Breksi | | Sampel mineralografi |
| | Batupasir | | |

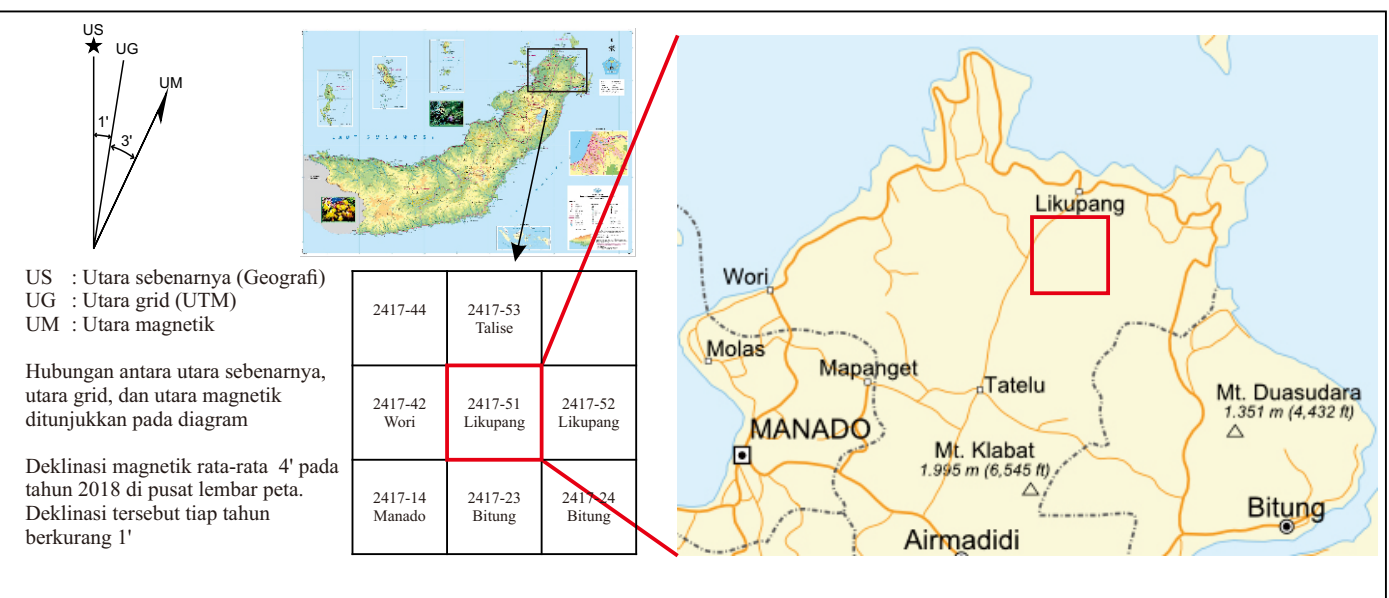
Simbol Litologi:

- | | |
|--|--------------|
| | Lava andesit |
| | Tuff |
| | Breksi |
| | Batupasir |

Warna Satuan:

- | | |
|--|------------------------------|
| | Satuan lava-andesit Paslaten |
| | Satuan tuf Paslaten |
| | Satuan breksi Paslaten |

PETA INDEKS



US : Utara sebenarnya (Geografi)
UG : Utara grid (UTM)
UM : Utara magnetik

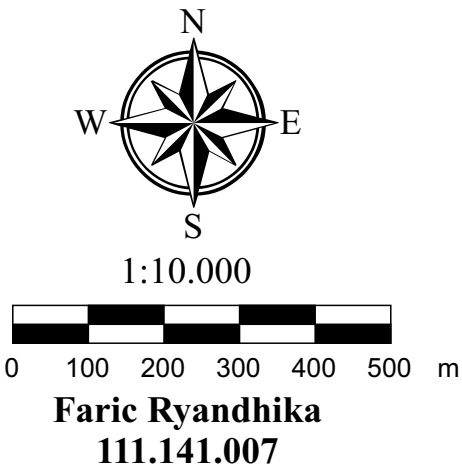
Hubungan antara utara sebenarnya, utara grid, dan utara magnetik ditunjukkan pada diagram

Deklinasi magnetik rata-rata .4' pada tahun 2018 di pusat lembar peta. Deklinasi tersebut tiap tahun berkurang 1'

2417-44 Talise	2417-53 Talise	
2417-42 Wori	2417-51 Likupang	2417-52 Likupang
2417-14 Manado	2417-23 Bitung	2417-24 Bitung



PETA GEOLOGI
DAERAH PASLATEN DAN SEKITARNYA
KAB. MINAHASA UTARA, SULAWESI UTARA



Legenda:

UMUR GEOLOGI		SATUAN BATUAN	WARNA SATUAN BATUAN
ZAMAN	KALA		
Tersier	Kuater	Endapan Aluvial (Qa)	
	Pliosen	Satuan Breksi Paslaten (Tps)	
	Miosen Tengah	Satuan Tuf Paslaten (Tmv)	
		Satuan Lava-andesit Paslaten (Tmv)	

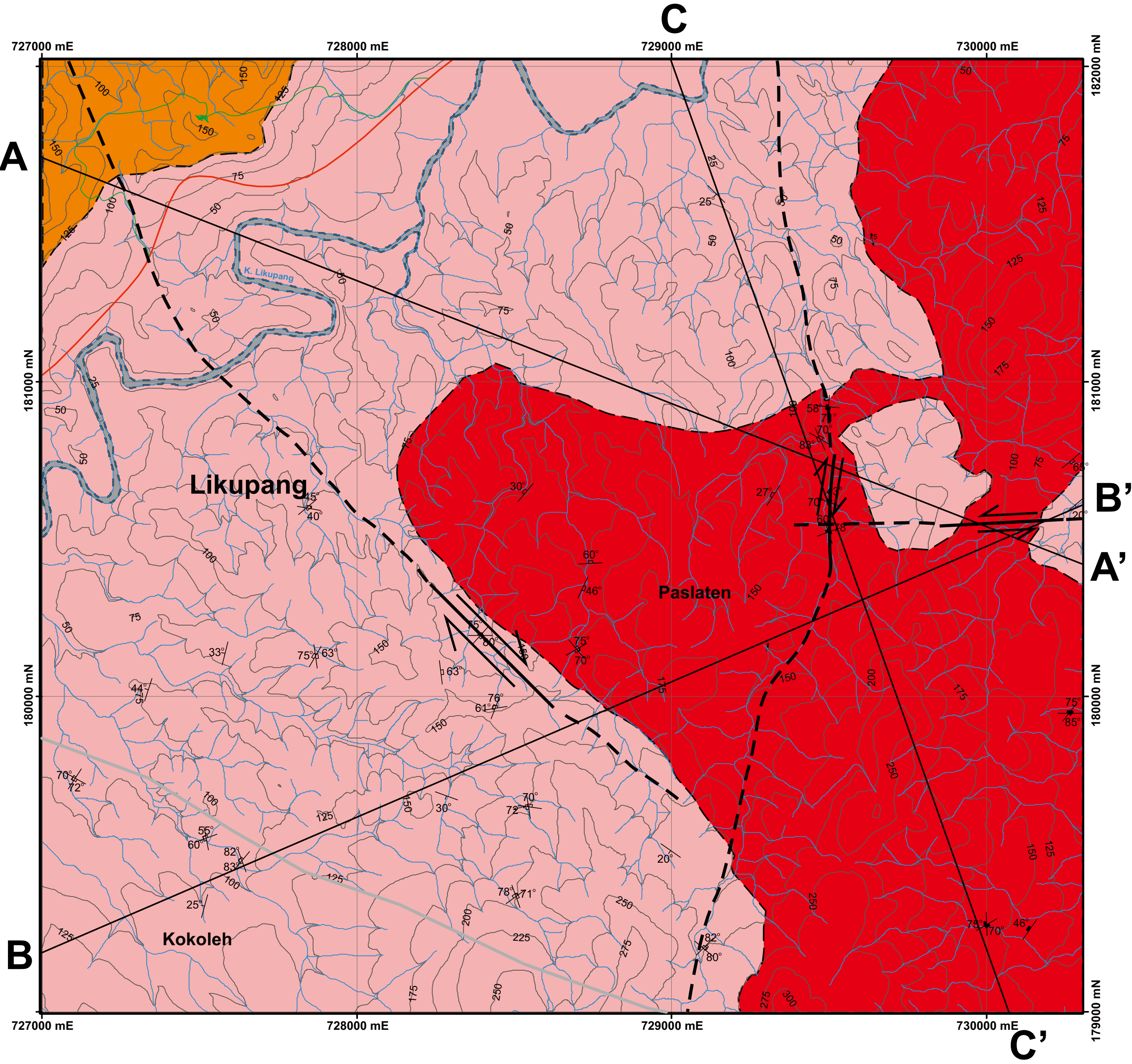
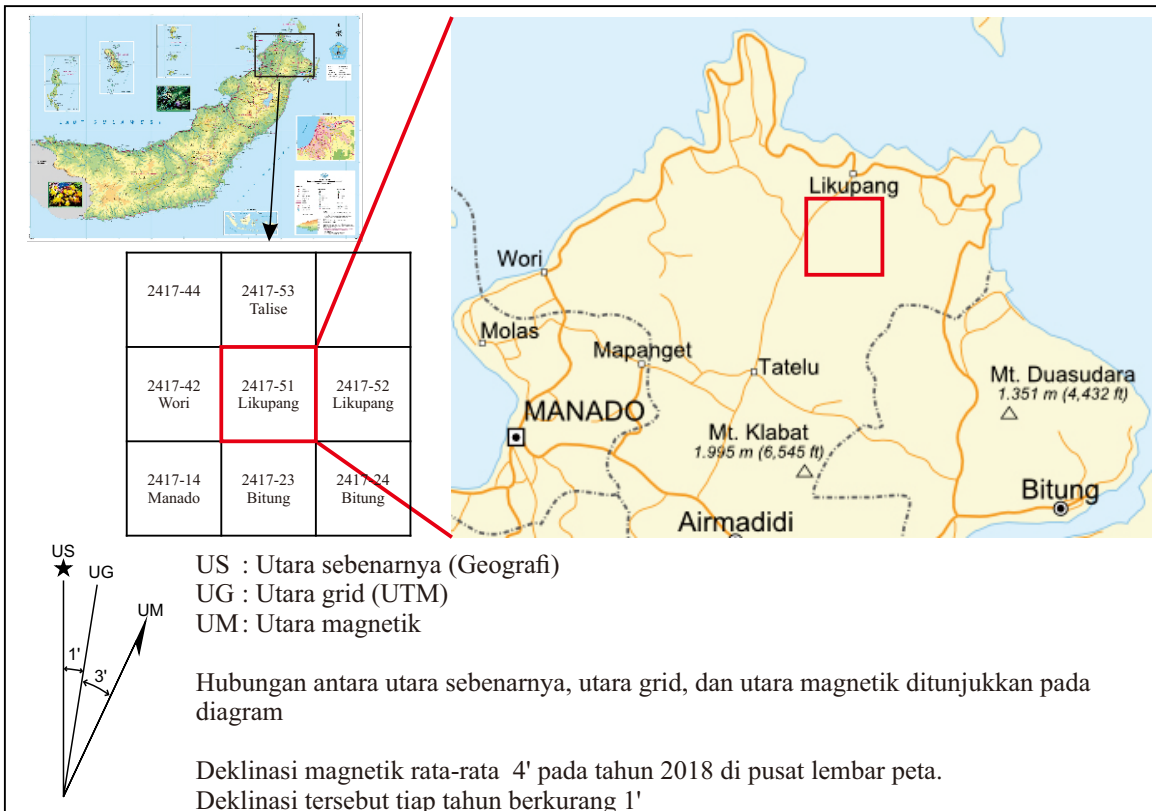
Pemerian:

- Satuan Endapan Aluvial (Qa):** Satuan ini terdiri dari endapan berupa bongkah, kerikil, dan pasir yang belum mengalami litifikasi. Luas satuan ini kurang lebih 2% dari daerah telitian dan berumur Holosen.
- Satuan Breksi Paslaten (Tps):** Satuan ini terdiri dari batuan berupa breksi monomik dan sisipan batulempung. Breksi berwarna abu-abu gelap, memiliki tekstur serbuk-batang; menyudut tanggung; terpilah buruk; kemas terbuka. Breksi tersusun atas fragmen andesit dan matriks berupa pasir. Batulempung memiliki tekstur lempung; dengan komposisi material berukuran lempung dengan semen silika. Luas satuan ini kurang lebih 5% dari daerah telitian dan berumur Pliosen.
- Satuan Tuf Paslaten (Tmv):** Satuan ini terdiri dari batuan piroklastik berupa tuf dengan sisipan batulempung dan batupasir. Tuf berwarna putih krem dengan struktur masif, memiliki tekstur tuf, dengan komposisi berupa fragmen andesit, batupasir, hornblende, dan kuarsa. Batulempung berwarna hitam, memiliki tekstur lempung, tersusun atas material berukuran lempung dan semen silika. Batupasir berwarna abu-abu kemerahan, memiliki tekstur pasir sedang; menyudut tanggung; sortasi baik; didukung butiran, dengan komposisi fragmen: plagioklas, hornblende; matriks: pasir; semen: silika. Luas satuan ini kurang lebih 58% dari daerah telitian. Satuan ini berumur Miosen Tengah.
- Satuan Lava-andesit Paslaten (Tmv):** Terdiri dari batuan beku intermediet vulkanik yaitu berupa lava andesit. Satuan ini memiliki tekstur fanerik halus-afanitik, hipokristalin, subhedral, inequigranular-vitroverik, komposisi mineral: plagioklas, hornblende, piroksen, dan kuarsa. Satuan ini sudah mengalami ubahan akibat proses hidrotermal yang terdiri dari satuan zona ubahan argilik, argilik lanjut, dan silisik. Luas dari satuan ini kurang lebih 35% dari daerah telitian. Satuan ini berumur Miosen Tengah.

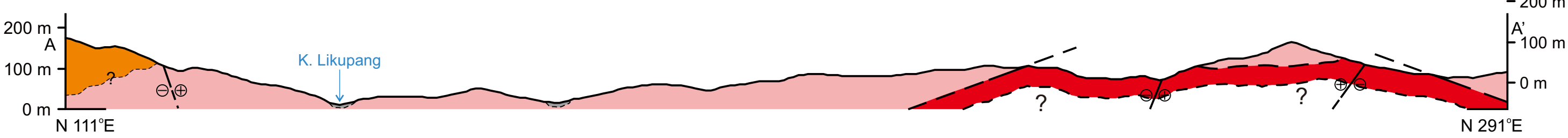
Keterangan:

- | | | | |
|--|--------------------|--|---------------------------------------|
| | Kontur indeks | | Sesar mendatar |
| | Jalan raya | | Kedudukan batuan |
| | Sungai | | Kedudukan kekar tidak terisi mineral |
| | Batas satuan | | Kedudukan kekar terisi mineral (urat) |
| | Nama administrasi | | Sayatan penampang |
| | Batas administrasi | | |

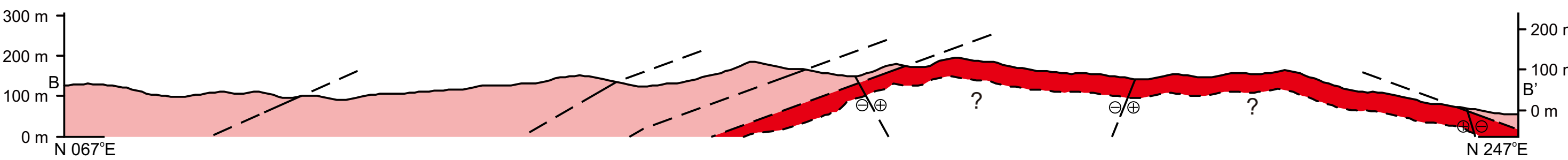
PETA INDEKS



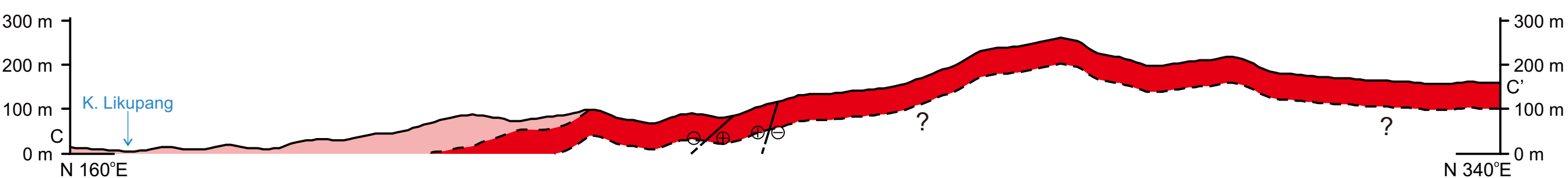
PENAMPANG GEOLOGI
SAYATAN A-A'
SKALA 1:10.000



PENAMPANG GEOLOGI
SAYATAN B-B'
SKALA 1:10.000

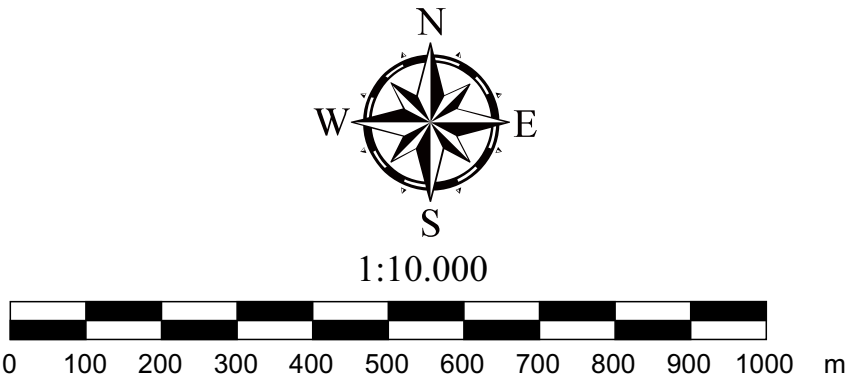


PENAMPANG GEOLOGI
SAYATAN C-C'
SKALA 1:10.000





PETA GEOMORFOLOGI
DAERAH PASLATEN DAN SEKITARNYA

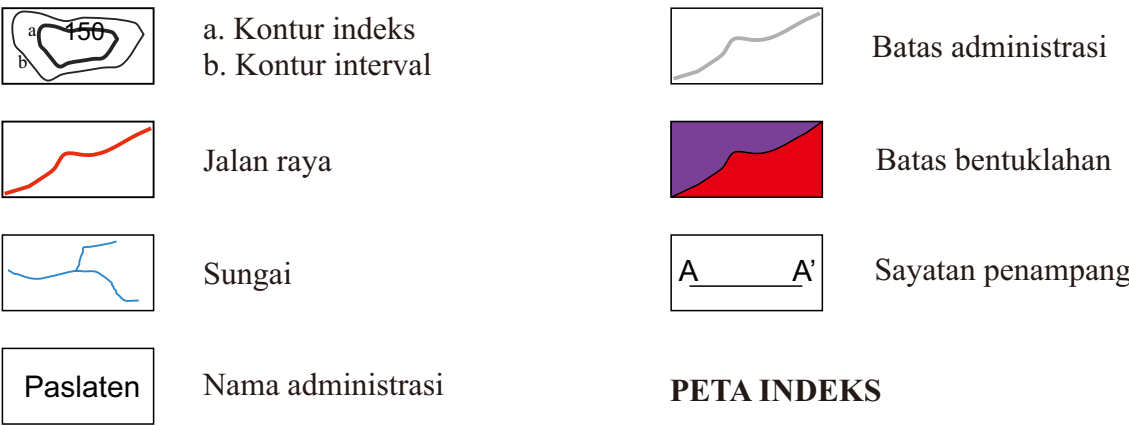


Faric Ryandhika
111.141.007

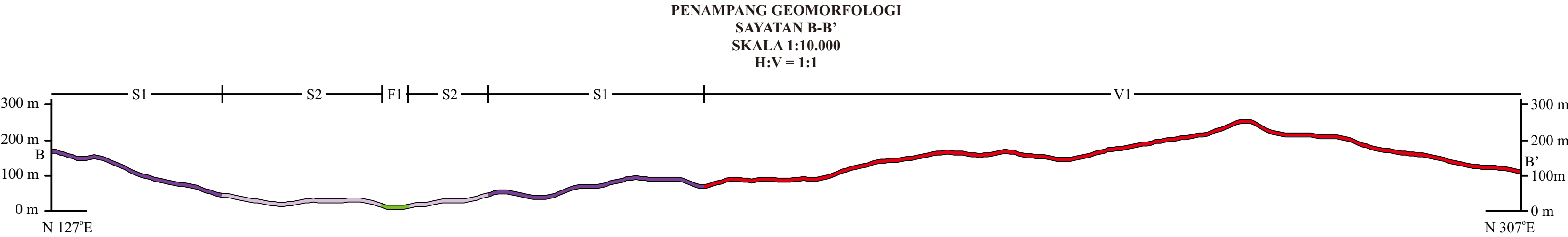
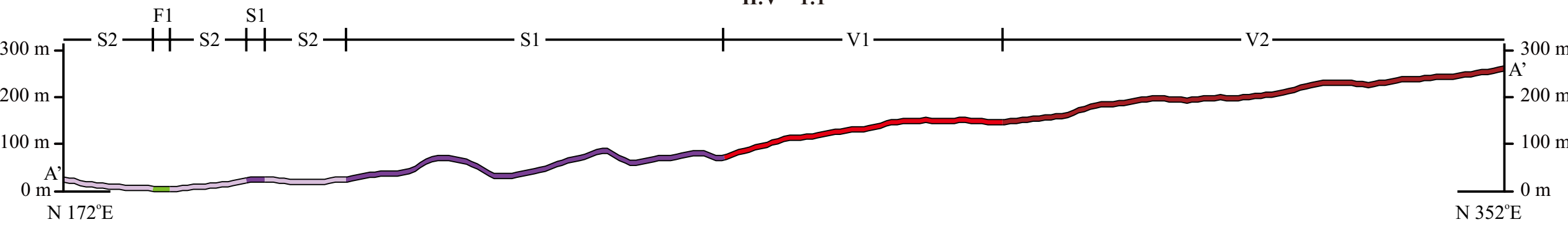
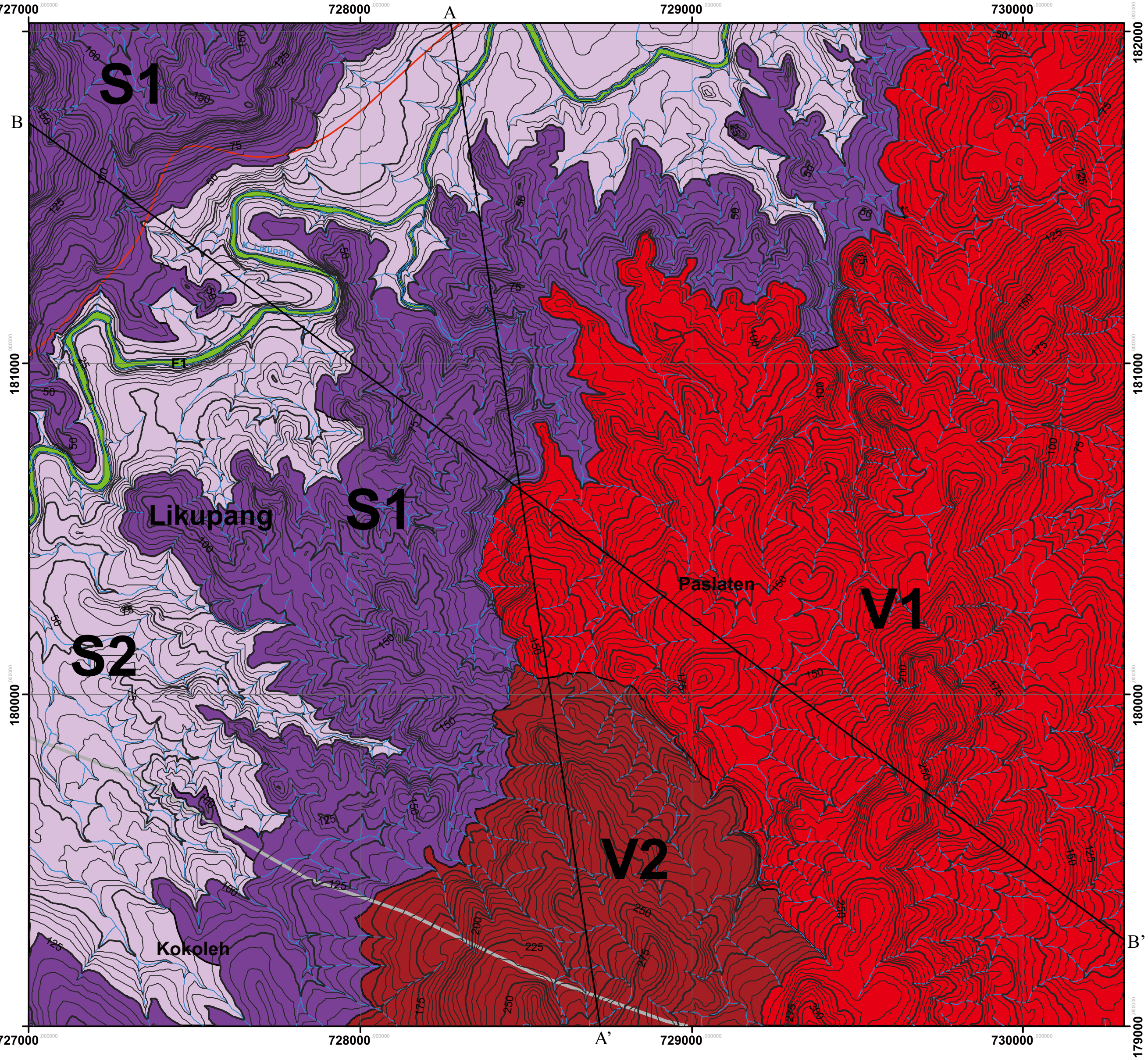
Pemerian:

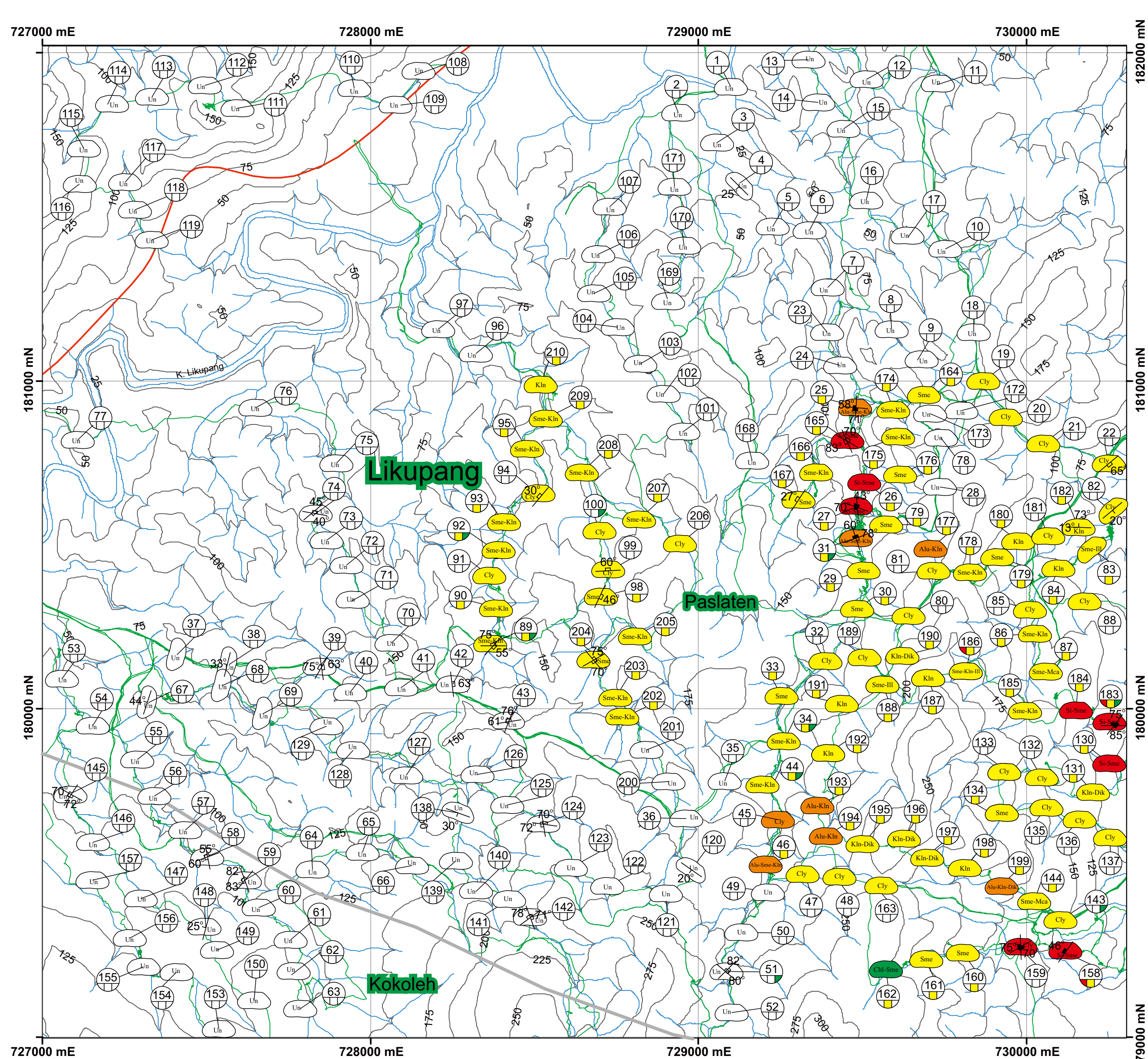
BENTUK ASAL			VULKANIK		STRUKTURAL		FLUVIAL	
BENTUK LAHAN			PERBUKITAN VULKANIK	LERENG VULKANIK	PERBUKITAN STRUKTURAL	LEMBAH STRUKTURAL	TUBUH SUNGAI	
SIMBOL			V1	V2	S1	S2	F1	
ASPEK GEOMORFOLOGI	MORFOLOGI	MORFOGRAFI		Perbukitan	Lereng	Perbukitan	Lembah	Lembah
		MORFOMETRI	KELERENGAN	Curam - sangat curam	Curam	Curam - sangat curam	Curam - miring	landai
			LUAS	45% daerah telitian	10% daerah telitian	27% daerah telitian	16% daerah telitian	2% daerah telitian
			POLA PENGALIRAN	Subdendritik	Subdendritik	Subdendritik	Subdendritik	Subdendritik
			BENTUK LEMBAH	U-V	U-V	U-V	U-V	U
	MORFOSTRUKTUR AKTIF		Vulkanik, pengangkatan dan pensesaran	Vulkanik, pengangkatan dan pensesaran	Pengangkatan dan pensesaran	Pengangkatan dan pensesaran	-	
	MORFOSTRUKTUR PASIF		Batuan dengan resistensi tinggi dan alterasi	Batuan dengan resistensi sedang	Batuan dengan resistensi sedang - tinggi	Batuan dengan resistensi sedang	Batuan dengan resistensi rendah - sedang	
	MORFODINAMIK		Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	Erosi, pelapukan, dan pengendapan	

Keterangan:



PETA INDEKS

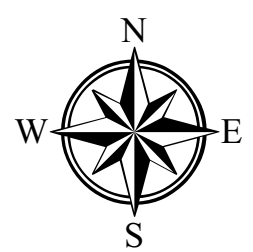




2018



PETA LINTASAN DAN LOKASI PENGAMATAN ALTERASI
DAERAH PASLATEN DAN SEKITARNYA
KAB. MINAHASA UTARA, SULAWESI UTARA

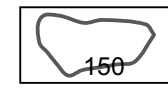
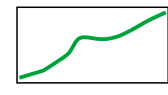
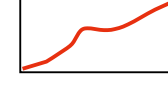
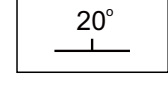
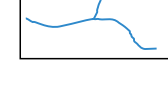
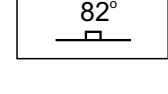
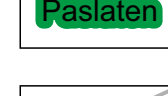
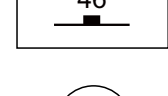
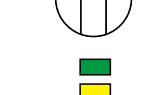


1:10.000



Faric Ryandhika
111.141.007

Keterangan:

- | | |
|--|--|
|  Kontur indeks |  Lintasan pemetaan |
|  Jalan raya |  Kedudukan batuan |
|  Sungai |  Kedudukan kekar tidak terisi mineral |
|  Nama administrasi |  Kedudukan kekar terisi mineral |
|  Batas administrasi |  Lokasi pengamatan dan pengambilan sampel |
| |  Sampel sayatan petrografi
Sampel ASD
Sampel minierografi |

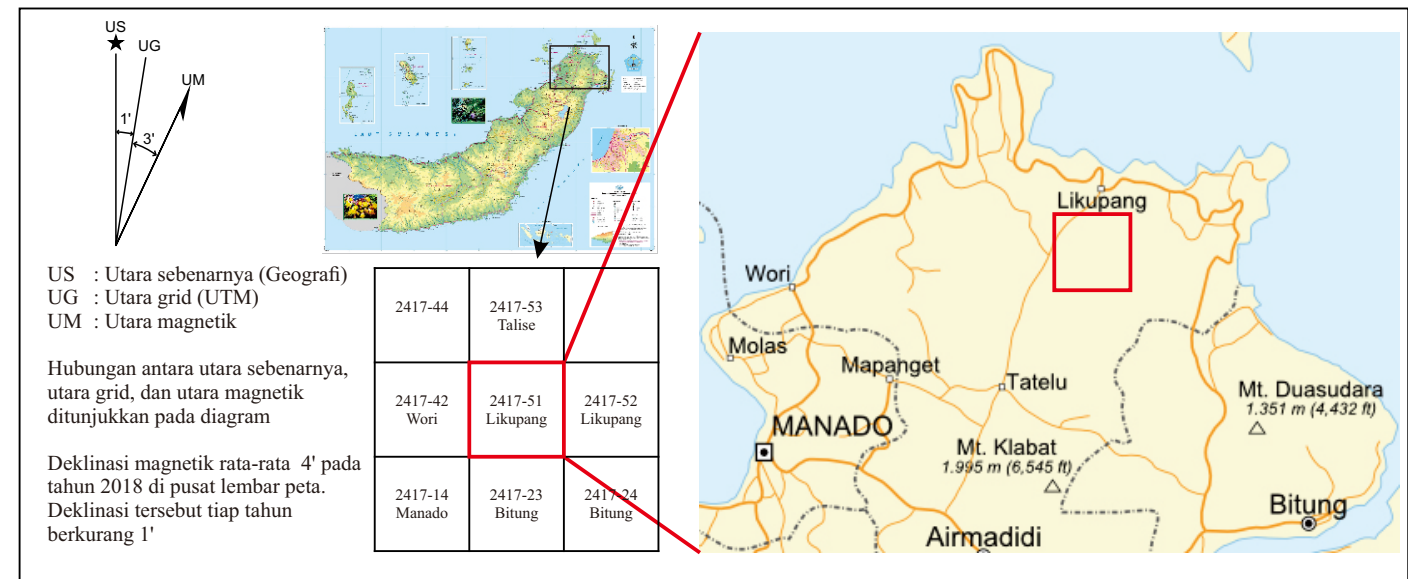
Singkatan Nama Mineral:

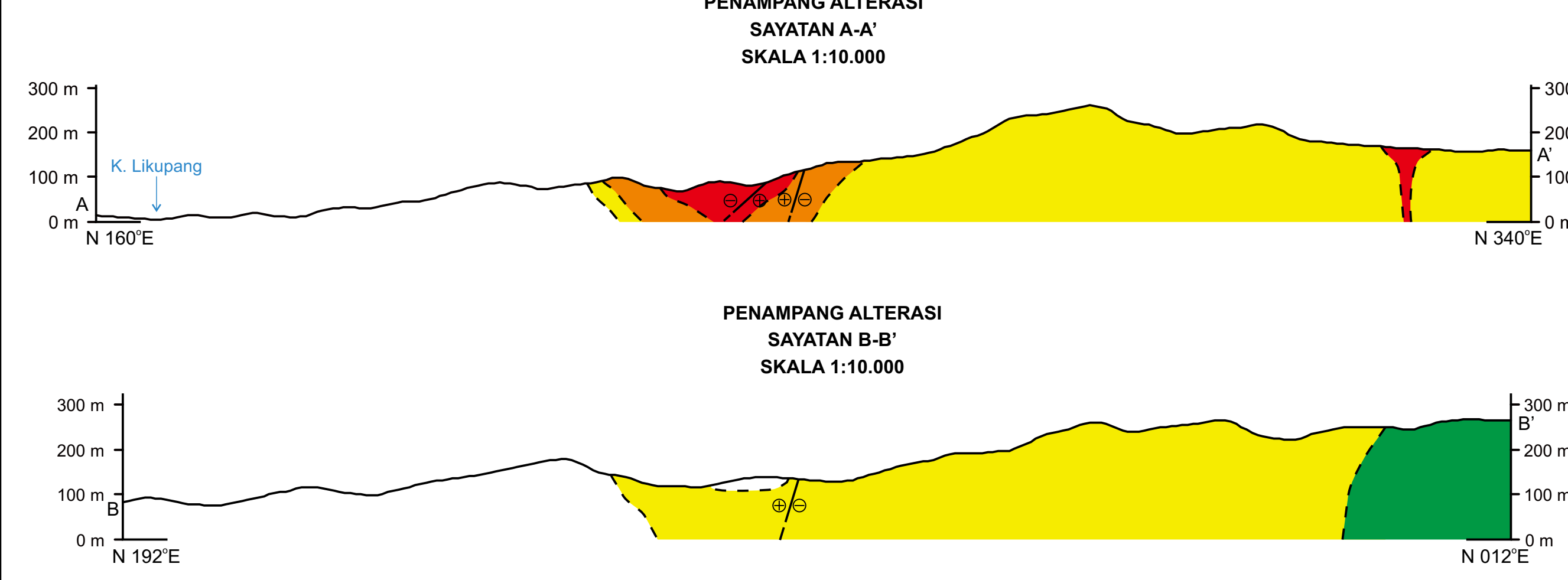
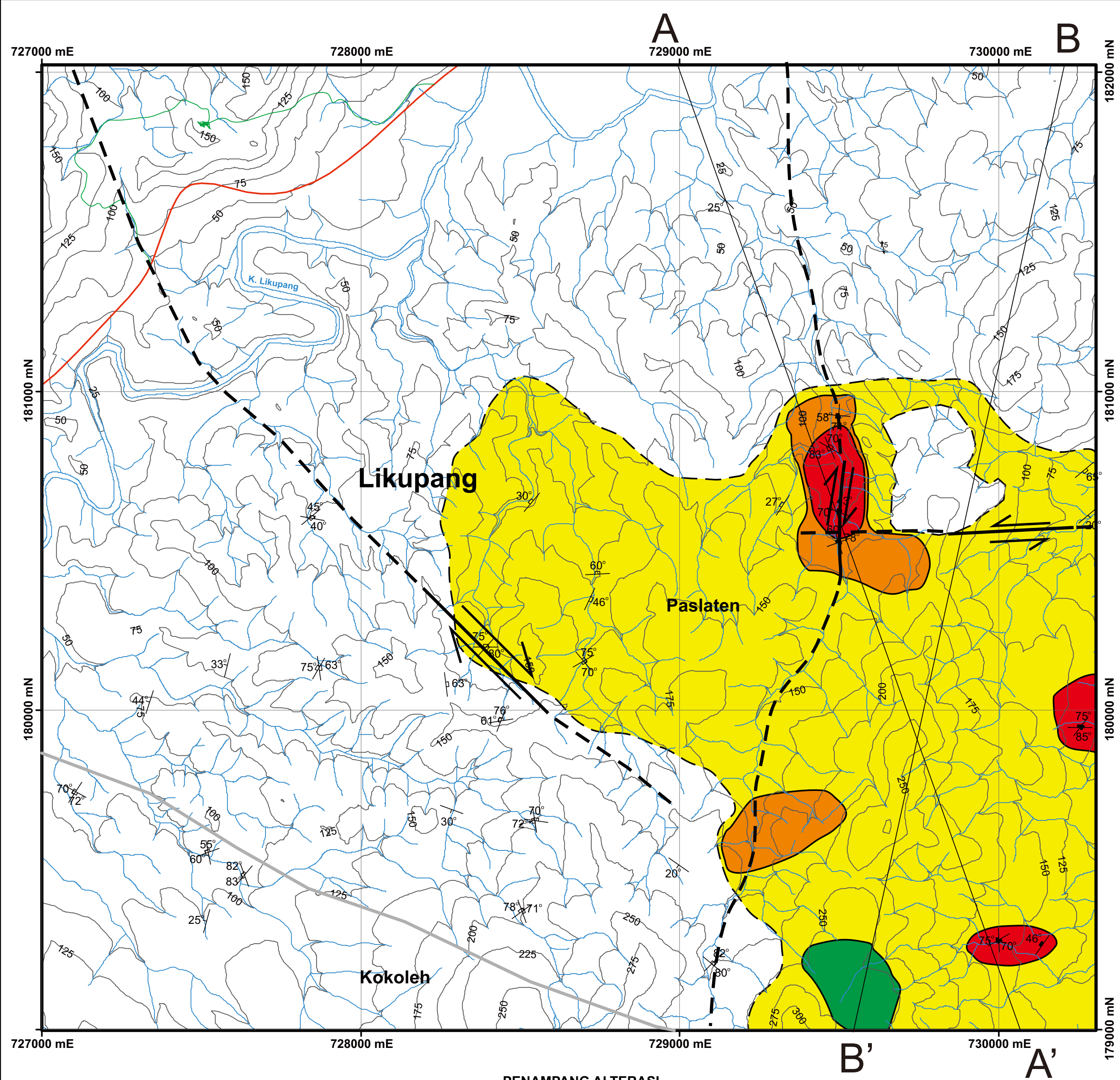
- Alu : Alunit
Chl : Klorit
Cly : Mineral lempung
Dik : Dickite
Ill : Illit
Kln : Kalonit
Si : Silika
Sme : Smektit
Un : Tidak teralterasi

Warna Tipe Alterasi:

-  Tipe Alterasi Silika+Smektit (Silisik)
-  Tipe Alterasi Alunit+Kalonit +Smektit (Argilik Lanjut)
-  Tipe Alterasi Kalonit+Smektit ±Dickite (Argilik)
-  Tipe Alterasi Klorit+Smektit (Propilitik)

PETA INDEKS





JURUSAN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” YOGYAKARTA

2018

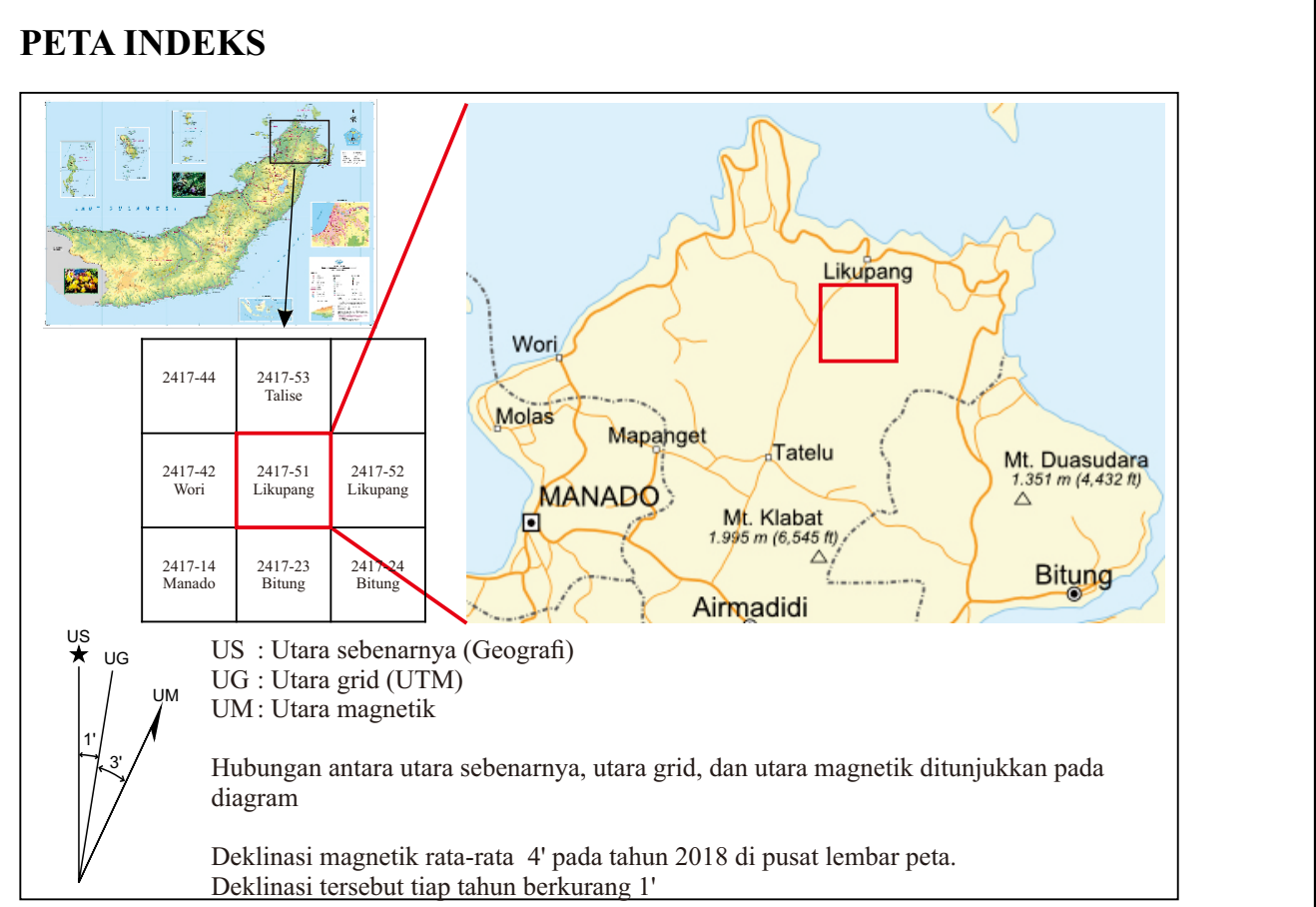
PETA ZONA ALTERASI
DAERAH PASLATEN DAN SEKITARNYA
KAB. MINAHASA UTARA, SULAWESI UTARA

1:10.000

Faric Ryandhika
111.141.007

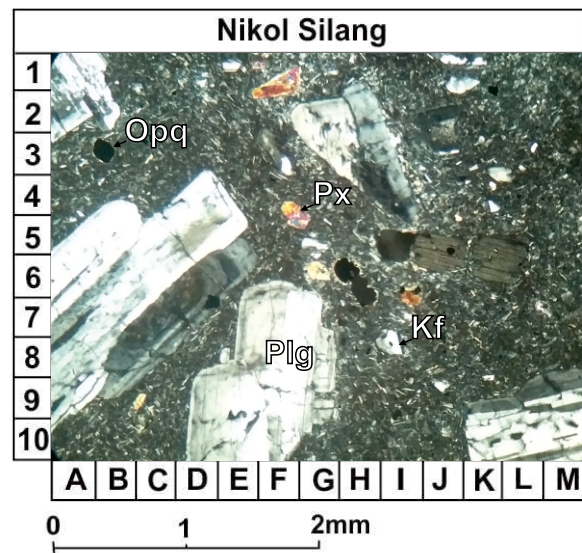
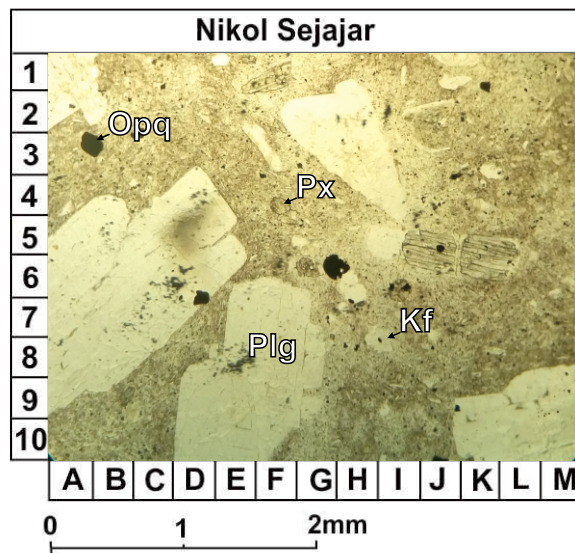
- Pemerian:**
- Zona Alterasi Silika+Smektit (Silisik):** himpunan mineral ubahan ini terbentuk pada litologi lava andesit secara *pervasive*. Pada zona ini dijumpai urat-urat kuarsa dengan tekstur *comb structure*.
 - Zona Alterasi Alunit+Kaolinit+Smektit (Argilik Lanjut):** himpunan mineral ubahan ini terbentuk pada litologi lava andesit secara *pervasive*.
 - Zona Alterasi Kaolinit+Smektit±Dickite (Argilik):** himpunan mineral ubahan ini terbentuk pada litologi lava andesit secara *pervasive*, dan *non-pervasive*, serta pada litologi tuff secara *non-pervasive*.
 - Zona Alterasi Klorit+Smektit (Propilitik):** himpunan mineral ubahan ini terbentuk pada litologi lava andesit secara *pervasive*.

- Keterangan:**
- Kontur indeks
 - Jalan raya
 - Sungai
 - Nama administrasi
 - Batas administrasi
 - Batas zona ubahan
 - Penampang sayatan
 - Kedudukan batuan
 - Kedudukan kekar tidak terisi mineral
 - Kedudukan kekar terisi mineral (urat)
 - Sesar mendatar



Nomor Sampel: LP 100

Nama/NIM: Faric Ryandhika/111141007



Pemerian Petrografis

Sayatan tipis batuan beku intermediet vulkanik; berwarna abu-abu terang; indeks warna 7%; derajat kristalinitas: hipokristalin; derajat granularitas: fanerik sedang - halus; bentuk kristal euhedral-anhedral; ukuran kristal 0,1 - 2 mm; relasi inequigranular vitroverik; dengan tekstur khusus politaksitik; disusun oleh: plagioklas, piroksen, K-feldspar, mineral opak, dan massa dasar gelas.

Komposisi Mineral

Plagioklas Feldspar (40%): warna absorpsi netral; relief sedang - rendah; indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal euhedral - subhedral; menunjukkan kembaran albit; pada fenokris berukuran 1 mm; dengan An-Plagioklas 43 berjenis andesin; dan pada mikrolit berukuran 0,1 mm; dengan An-Plagioklas 34 berjenis andesin; mineral hadir menyebar dalam sayatan. **E8**

Piroksen (7%): warna absorpsi coklat muda; relief tinggi; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; menunjukkan adanya belahan dan pecahan 1 arah; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm; hadir menyebar pada sayatan. **F4**

Kalium Feldspar (5%): warna absorpsi netral; relief sedang - rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm; hadir menyebar pada sayatan. **I8**

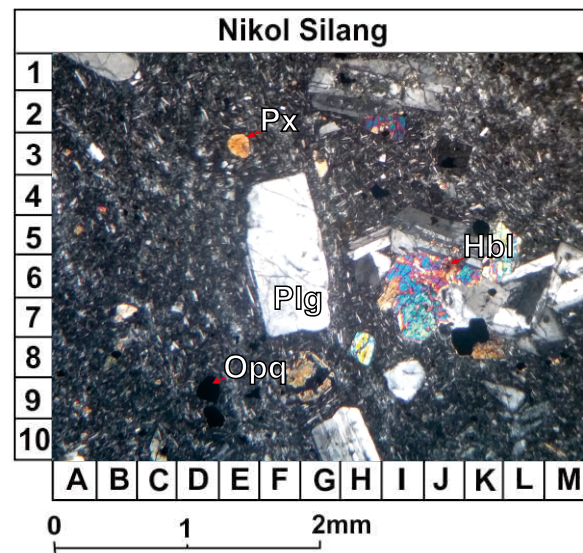
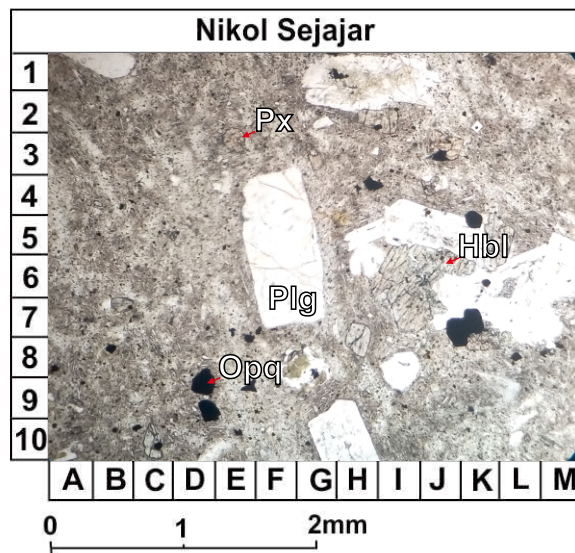
Mineral Opak (10%): warna absorpsi hitam; relief tinggi; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm; hadir menyebar pada sayatan. **A3**

Massa Dasar Gelas (38%): warna absorpsi netral; relief rendah; hadir menyebar dalam sayatan.

Nama Batuan : Andesit (berdasarkan klasifikasi IUGS, 1991)

Nomor Sampel: LP 146

Nama/NIM: Faric Ryandhika/111141007



Pemerian Petrografis

Sayatan tipis batuan beku intermediet vulkanik; berwarna abu-abu terang; indeks warna 27%; derajat kristalinitas: hipokristalin; derajat granularitas: fanerik sedang - halus; bentuk kristal euhedral-anhedral; ukuran kristal 0,1 - 1,3 mm; relasi inequigranular vitroverik; dengan tekstur khusus politaksitik; disusun oleh: plagioklas, hornblende, piroksen, mineral opak, dan massa dasar gelas.

Komposisi Mineral

Plagioklas Feldspar (40%): warna absorpsi netral; relief sedang - rendah; indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal euhedral - subhedral; menunjukkan kembaran albit; pada fenokris berukuran 1,3 mm; dengan An-Plagioklas 44 berjenis andesin; dan pada mikrolit berukuran 0,1 mm; dengan An-Plagioklas 32 berjenis andesin; mineral hadir menyebar dalam sayatan. **F5**

Hornblende (10%): warna absorpsi coklat muda; pleokroisme kuat; relief sedang; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, menunjukan adanya belahan dan pecahan 2 arah, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan. **I6**

Piroksen (7%): warna absorpsi coklat muda; relief kuat; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,1 mm hingga 0,2 mm, hadir menyebar pada sayatan. **E3**

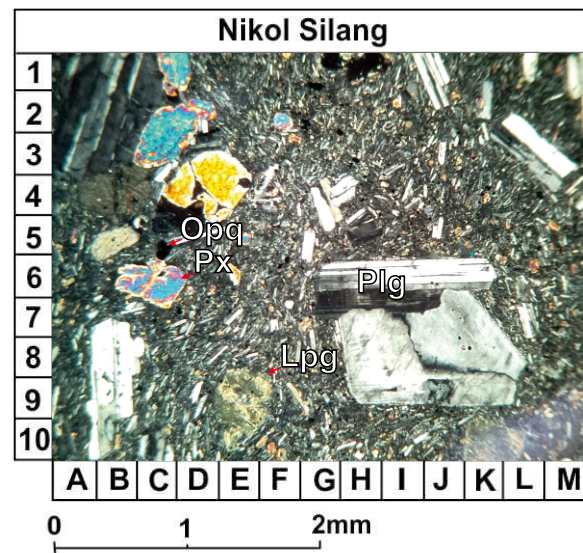
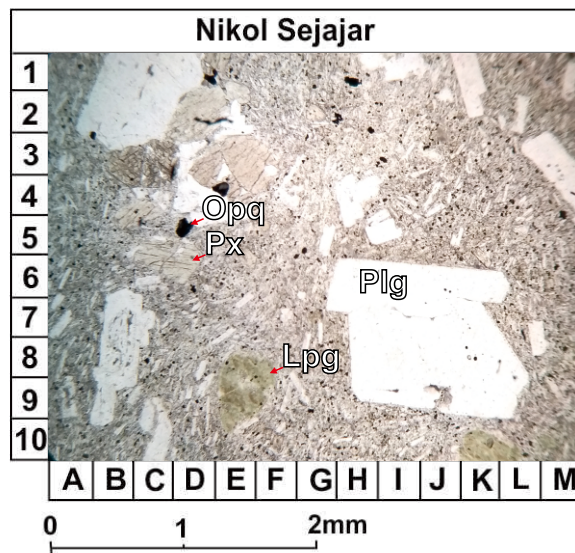
Mineral Opak (5%): warna absorpsi hitam; relief kuat; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan. **D9**

Massa Dasar Gelas (38%): warna absorpsi netral; relief rendah; hadir menyebar dalam sayatan.

Nama Batuan : Andesit (berdasarkan klasifikasi IUGS, 1991)

Nomor Sampel: LP 34

Nama/NIM: Faric Ryandhika/111141007



Pemerian Petrografis

Sayatan tipis batuan beku intermediet vulkanik terubah sebagian; berwarna abu-abu terang; indeks warna 8%; derajat kristalinitas: hipokristalin; derajat granularitas: fanerik sedang - halus; bentuk kristal euhedral-anhedral; ukuran kristal 0,1 - 1,6 mm; relasi inequigranular vitroverik; dengan tekstur khusus politaksitik; disusun oleh mineral primer: plagioklas, piroksen, mineral opak, dan massa dasar gelas; dan mineral sekunder: mineral lempung

Komposisi Mineral

Mineral Primer

Plagioklas Feldspar (50%): warna absorpsi netral; relief sedang - rendah; indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal euhedral - subhedral; menunjukkan kembaran albit; pada fenokris berukuran 1,2 mm; dengan An-Plagioklas 49 berjenis andesin; dan pada mikrolit berukuran 0,3 mm; dengan An-Plagioklas 40 berjenis andesin; mineral hadir menyebar dalam sayatan. **I6**

Piroksen (8%): warna absorpsi coklat muda; relief kuat; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, menunjukkan adanya belahan dan pecahan 2 arah, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan. **C6**

Mineral Opak (4%): warna absorpsi hitam; relief kuat; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan. **D5**

Massa Dasar Gelas (34%): warna absorpsi netral; relief rendah; hadir menyebar dalam sayatan.

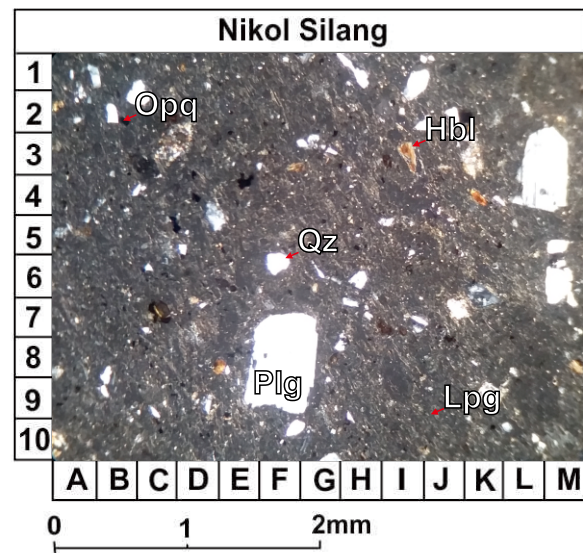
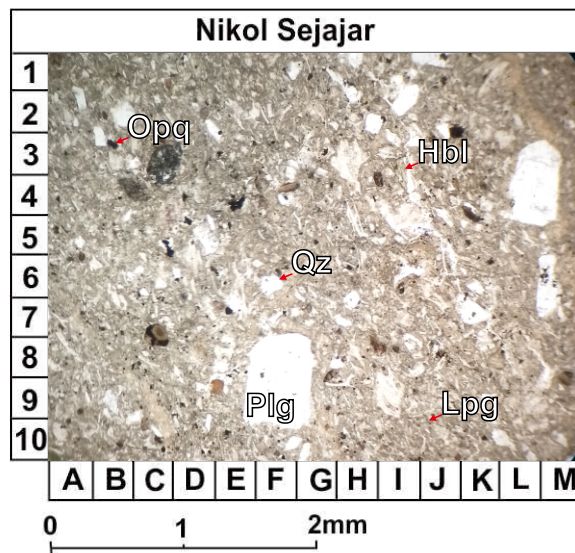
Mineral Sekunder

Mineral lempung (2%): warna absorpsi coklat muda; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,3 mm, hadir menyebar pada sayatan. **E9**

Nama Batuan : Andesit (berdasarkan klasifikasi IUGS, 1991)

Nomor Sampel: LP 89

Nama/NIM: Faric Ryandhika/111141007



Pemerian Petrografis

Sayatan tipis batuan piroklastik terubah; berwarna putih krem; indeks warna 5%; memiliki ukuran butir 0,1 - 0,5 mm; bentuk butir menyudut tanggung; terpilah buruk; kontak butiran mengambang didukung oleh matriks; disusun oleh mineral felsik: plagioklas, kuarsa; mineral ferromagnesian: hornblende; material tambahan: mineral opak, mineral lempung.

Komposisi Mineral

Plagioklas Feldspar (45%): warna absorpsi netral; relief sedang - rendah; indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal euhedral - subhedral; menunjukkan kembaran albit; ukuran kristal 0,1-0,5 mm; dengan An-Plagioklas 36 berjenis andesin. **F8**

Kuarsa (5%): warna absorpsi putih; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,3 mm, hadir menyebar pada sayatan. **F6**

Hornblende (5%): warna absorpsi coklat muda; relief tinggi; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, menunjukkan adanya belahan dan pecahan 1 arah, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan. **I3**

Mineral Opak (4%): warna absorpsi hitam; relief kuat; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan. **B3**

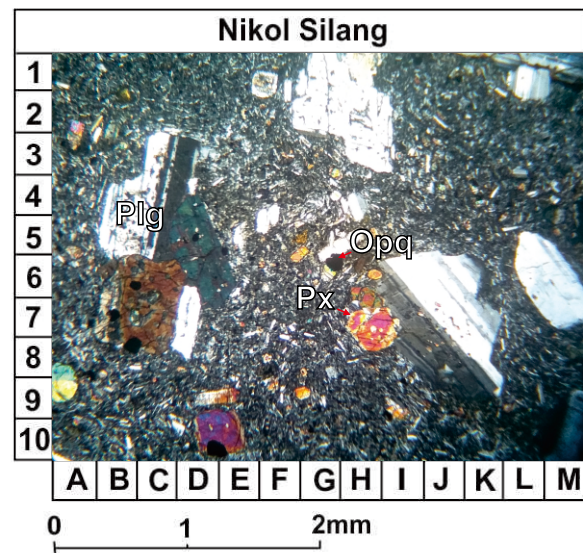
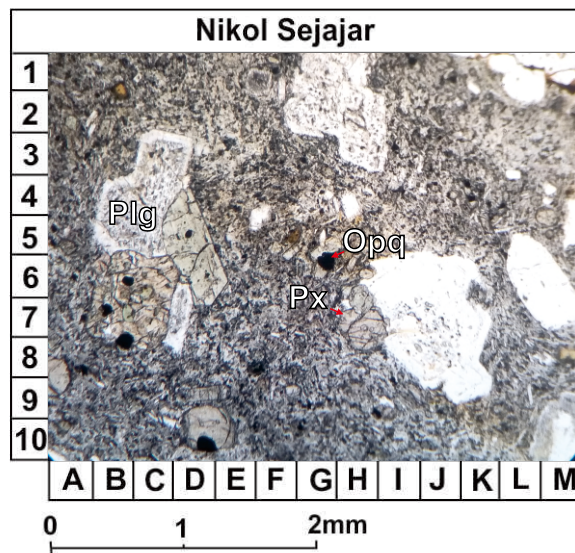
Mineral Sekunder

Mineral Lempung (41%): warna absorpsi netral; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal anhedral, hadir menyebar dalam sayatan. **J10**

Nama Batuan : Crystall Tuff (berdasarkan klasifikasi Pettijohn, 1975)

Nomor Sampel: LP 92

Nama/NIM: Faric Ryandhika/111141007



Pemerian Petrografis

Sayatan tipis batuan beku intermediet vulkanik; berwarna abu-abu terang; indeks warna 10%; derajat kristalinitas: hipokristalin; derajat granularitas: fanerik sedang - halus; bentuk kristal euhedral-anhedral; ukuran kristal 0,1 - 1,2 mm; relasi inequigranular vitroverik; dengan tekstur khusus politaksitik; disusun oleh: plagioklas, piroksen, mineral opak, dan massa dasar gelas.

Komposisi Mineral

Plagioklas Feldspar (50%): warna absorpsi netral; relief sedang - rendah; indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal euhedral - subhedral; menunjukkan kembaran albit; pada fenokris berukuran 1,2 mm; dengan An-Plagioklas 66 berjenis labradorit; dan pada mikrolit berukuran 0,2 mm; dengan An-Plagioklas 45 berjenis andesin; mineral hadir menyebar dalam sayatan. **C5**

Piroksen (10%): warna absorpsi coklat muda; relief kuat; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, menunjukkan adanya belahan dan pecahan 1 arah, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,5 mm, hadir menyebar pada sayatan. **H7**

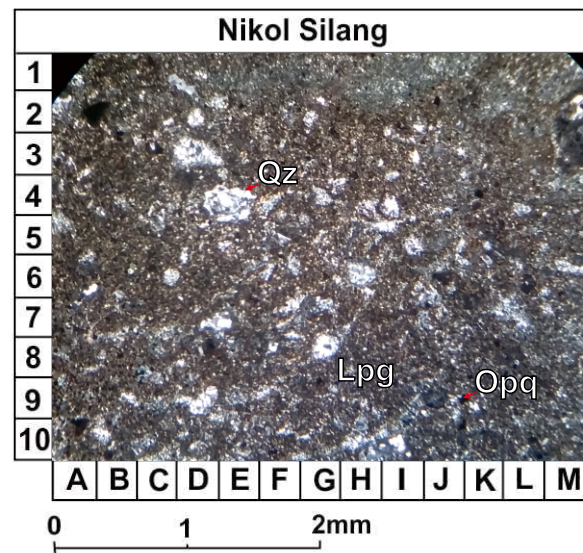
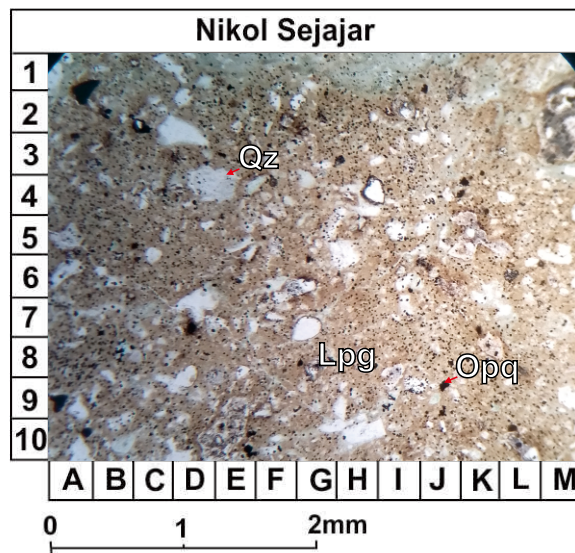
Mineral Opak (10%): warna absorpsi hitam; relief kuat; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,25 mm, hadir menyebar pada sayatan. **G5**

Massa Dasar Gelas (30%): warna absorpsi netral; relief rendah; hadir menyebar dalam sayatan.

Nama Batuan : Andesit (berdasarkan klasifikasi IUGS, 1991)

Nomor Sampel: LP 183

Nama/NIM: Faric Ryandhika/111141007



Pemerian Petrografis

Sayatan tipis batuan beku intermediet vulkanik terubah kuat; berwarna abu-abu terang; indeks warna 0%; derajat kristalinitas: hipokristalin; derajat granularitas: fanerik sedang - halus; bentuk kristal euhedral-anhedral; ukuran kristal 0,1 - 0,4 mm; relasi inequigranular vitroverik; disusun oleh: mineral lempung, kuarsa, dan mineral opak.

Komposisi Mineral

Mineral lempung (57%): warna absorpsi coklat muda; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,1 mm hingga 0,2 mm, hadir menyebar pada sayatan.

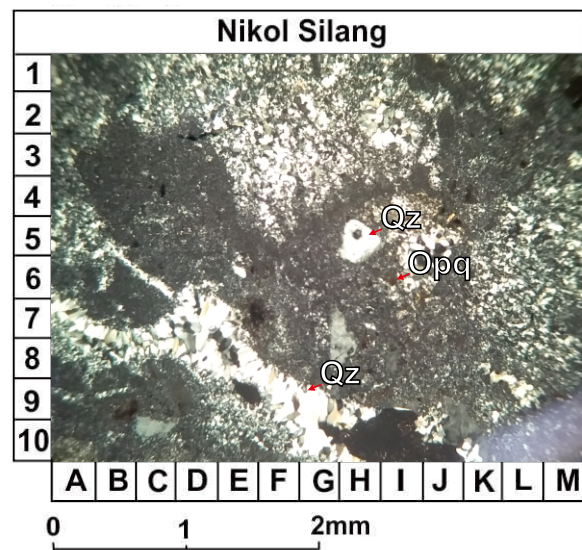
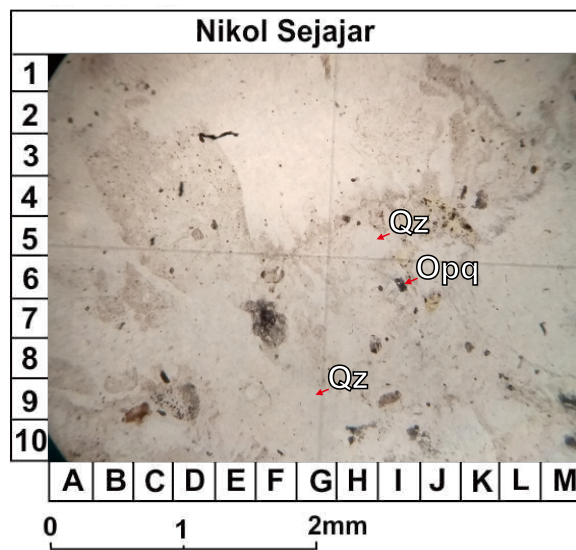
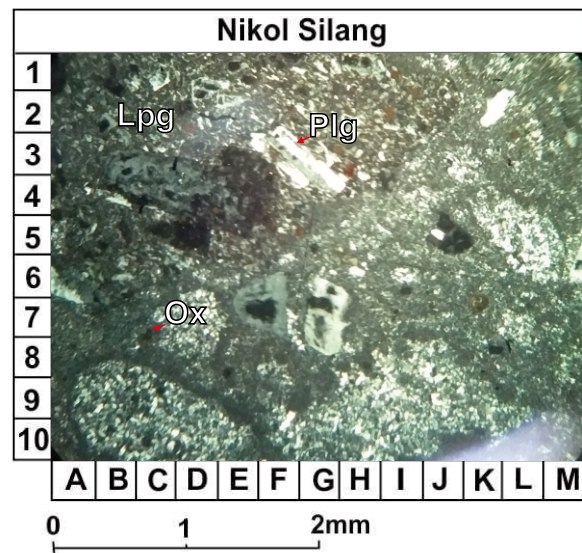
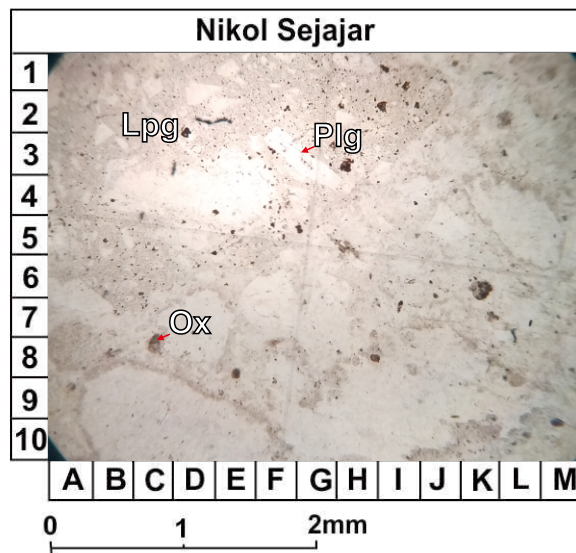
Kuarsa (15%): warna absorpsi putih; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,4 mm; hadir menyebar pada sayatan sebagai. **D4**

Mineral Opak (10%): warna absorpsi hitam; relief tinggi; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,1 mm hingga 0,2 mm, hadir menyebar pada sayatan. **J9**

Nama Batuan : Andesit (berdasarkan klasifikasi IUGS, 1991)

Nomor Sampel: LP 143

Nama/NIM: Faric Ryandhika/111141007



Pemerian Petrografis

Sayatan tipis batuan beku intermediet vulkanik terubah kuat; berwarna abu-abu terang; indeks warna 0%; derajat kristalinitas: hipokristalin; derajat granularitas: fanerik sedang - halus; bentuk kristal euhedral - subhedral; ukuran kristal 0,1 - 0,5 mm; relasi inequigranular vitroverik; disusun oleh mineral primer berupa: plagioklas, kuarsa, dan mineral opak, dan mineral sekunder berupa: mineral lempung, kuarsa, dan mineral oksida

Komposisi Mineral

Plagioklas Feldspar (10%): warna absorpsi netral; relief sedang - rendah; indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal euhedral - subhedral; menunjukkan kembaran albit; pada fenokris berukuran 0,5 mm; dengan An-Plagioklas 62 berjenis labradorit; dan pada mikrolit berukuran 0,1 mm; dengan An-Plagioklas 48 berjenis andesin; mineral hadir menyebar dalam sayatan. **F3 (atas)**

Kuarsa Primer (3%): warna absorpsi putih; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,3 mm; hadir menyebar pada sayatan. **H5 (bawah)**

Mineral Opak (5%): warna absorpsi hitam; relief kuat; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm; hadir menyebar pada sayatan. **I6 (bawah)**

Mineral lempung (57%): warna absorpsi coklat muda; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$, belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,3 mm, hadir menyebar pada sayatan.

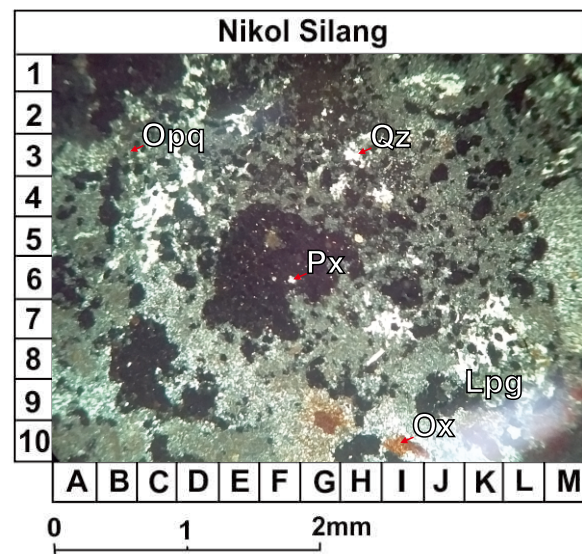
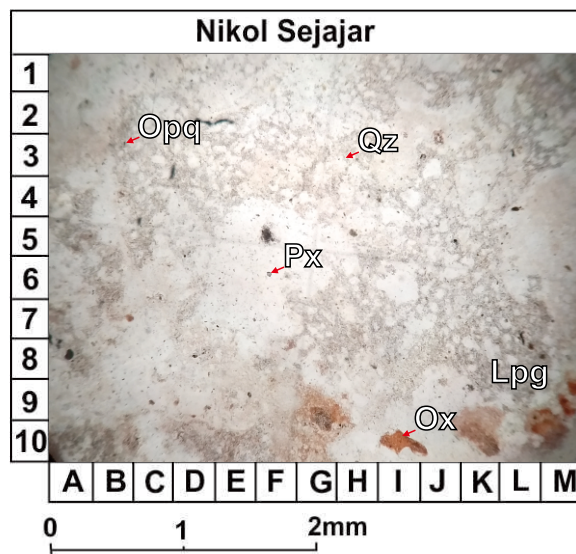
Kuarsa Sekunder (15%): warna absorpsi putih; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,3 mm; hadir pada sayatan sebagai *vein*. **H5 (bawah)**

Mineral Oksida (10%): warna absorpsi coklat kemerahan; relief sedang; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,1 mm hingga 0,3 mm; hadir menyebar pada sayatan. **C8 (atas)**

Nama Batuan : Andesit (berdasarkan klasifikasi IUGS, 1991)

Nomor Sampel: LP 44

Nama/NIM: Faric Ryandhika/111141007



Pemerian Petrografis

Sayatan tipis batuan beku intermediet vulkanik terubah kuat; berwarna abu-abu terang; indeks warna 2%; derajat kristalinitas: hipokristalin; derajat granularitas: fanerik sedang - halus; bentuk kristal subhedral - anhedral; ukuran kristal 0,1 - 0,5 mm; relasi inequigranular vitroverik; disusun oleh mineral primer berupa: piroksen dan mineral opak; dan mineral sekunder berupa: mineral lempung, kuarsa, dan mineral oksida.

Komposisi Mineral

Piroksen (2%): warna absorpsi coklat muda; relief tinggi; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,1 mm; hadir menyebar pada sayatan. **F6**

Mineral Opak (10%): warna absorpsi hitam; relief tinggi; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan. **A3**

Mineral Lempung (60%): warna absorpsi netral; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati, bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,1 mm hingga 0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan. **I8**

Kuarsa (24%): warna absorpsi putih; relief rendah; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral; ukuran kristal 0,2 mm hingga 0,3 mm; hadir pada sayatan sebagai *vein*. **H3**

Mineral Oksida (4%): warna absorpsi coklat kemerahan; relief tinggi; dengan indeks bias mineral $N_m > N_{kb}$; belahan dan pecahan tidak teramati; bentuk kristal subhedral, ukuran kristal 0,3 mm hingga 0,4 mm, hadir menyebar pada sayatan. **I10**

Nama Batuan : Andesit (berdasarkan klasifikasi IUGS, 1991)