

**GEOLOGI DAN ALTERASI HIDROTERMAL  
DAERAH GANDUSARI DAN SEKITARNYA,  
KECAMATAN GANDUSARI, KABUPATEN TRENGGALEK,  
PROVINSI JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**MOH. CHANDRA BHARATA**

**111.110.116**



**JURUSAN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”  
YOGYAKARTA  
2017**

**GEOLOGI DAN ALTERASI HIDROTERMAL  
DAERAH GANDUSARI DAN SEKITARNYA,  
KECAMATAN GANDUSARI, KABUPATEN TRENGGALEK,  
PROVINSI JAWA TIMUR**

Oleh :

**MOH. CHANDRA BHARATA**

**111.110.116**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Geologi

Yogyakarta, 31 Mei 2017

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,

Prof. Dr. Ir. C. Danisworo, M.Sc.  
NIP. 19480219 197304 1 001

Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA  
NIP. 19540907 198301 1 001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Geologi  
UPN "Veteran" Yogyakarta



Dr. Ir. Dwi Fitri Yudiantoro, M.T  
NIP. 19630225 199003 1 002

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Alhamdulillah segala pujiyah kepada ALLAH S.W.T yang tiada henti memberikan pertolongan keapada saya saat saya dalam kondisi yang terbaik maupun terburuk. Untuk kedua orangtua saya yang selalu memberikan dukungan kepada saya, baik dukungan biaya maupun dukungan moril.*

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Assalamualaikum Wr. Wb.

*Alhamdulillah* segala puji bagi Allah yang telah mengizinkan saya menyelesaikan laporan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada banyak pihak terutama kepada para pembimbing skripsi, Prof. Dr. Ir. C. Danisworo, M.Sc. dan Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA yang selalu berkenan meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan bimbingan serta petunjuk yang bermanfaat, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Keluargaku, Bapak Herinal dan Ibu Sunarsih, yang selalu memberikan dukungan materil dan moril.

Dr. Ir. Dwi Fitri Yudiantoro, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik geologi UPN Veteran Yogyakarta.

Keluaga besar pak Narto, yang telah memberi tempat tinggal selama melakukan pengambilan data dilapangan didaerah Gandusari.

Keluarga besar Pangea Cruiser team, yang selalu memotivasi dan mendidik saya dari awal.

Tim Pemetaan Pertamina Jawa Timur, dan Teknik Geologi angkatan 2011.

Semua pihak yang belum bisa saya sebutkan, yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terimakasih untuk segalanya

Wassalmualaikum Wr. Wb.

**GEOLOGI DAN ALTERASI  
DAERAH GANDUSARI DAN SEKITARNYA,  
KECAMATAN GANDUSARI, KABUPATEN TRENGGALEK,  
PROVINSI JAWA TIMUR**

**SARI**

Lokasi penelitian secara administrasi berada di Kecamatan Gandusari, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis daerah penelitian pada UTM N 574700 mE – 583700 mE dan N 9091900 mE – 9100900 mE. Luas daerah penelitian yaitu 10 km x 10 km dengan skala 1 : 20.000.

Daerah penelitian terdiri atas tiga bentukan asal dan lima bentuklahan. Bukit Intrusi (V1), Perbukitan Struktural (S1), Lereng Homoklin (S2), Dataran Aluvial (F1), Tubuh Sungai (F2). Pola pengaliran sungai pada daerah penelitian adalah sub-dendritik.

Stratigrafi pada daerah penelitian berdasarkan karekteristik ciri litologi yang dominan dapat dikelompokkan menjadi 5 satuan, urutan dari tua ke muda yaitu: Satuan breksi-vulkanik Mandalika, berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal dan diendapkan pada lingkungan darat. Satuan Diorit berumur Miosen Awal, Satuan batugamping Campurdarat berumur Miosen Tengah dan diendapkan pada lingkungan laut dangkal atau neritik tepi, Satuan Andesit berumur akhir Miosen Tengah, dan Endapan Aluvial (Kuater).

Struktur geologi daerah penelitian berkembang dengan baik, diantaranya terdapat struktur kekar baik kekar gerus maupun kekar tarik dan sesar. Sesar tersebut diantaranya sesar Plagen, sesar Jajar 2, sesar Jajar 1, sesar Keling, sesar Nglompang, sesar Tempel, sesar Sanden 1, sesar Sanden 2, sesar Sanden 3, sesar Ngasinan, sesar Begagan, sesar Nguluh.

Zona alterasi daerah telitian dibagi menjadi tiga zona yaitu zona silisifikasi, zona argilik, dan zona propilitik dengan mineral ubahan berupa kuarsa, klorit, kaolin, mineral lempung, ±epidot. Zona alterasi daerah penelitian sangat terpengaruh oleh struktur yang berkembang.

Pola mineralisasi di daerah penelitian terdapat di kekar dan sesar yang bertekstur *vuggy*, *sugary quartz*, dan *massive quartz*. Mineral logam yang muncul pirit, kalkopirit. Tipe endapan di daerah penelitian yaitu sulfida rendah kontrol struktur (*low-sulfidation*)

Potensi positif daerah penelitian adalah tambang bahan galian C berupa diorit pada daerah Watulimo, batugamping pada daerah Gandusari dan sekitarnya, tempat wisata antara lain Goa Lowo daerah Watulimo. Sedangkan potensi negatif berupa longsor di daerah Kampak dan banjir daerah Gandusari.

Kata kunci : Geologi, Struktur, Alterasi, Potensi.

**GEOLOGI DAN ALTERASI  
DAERAH GANDUSARI DAN SEKITARNYA, KECAMATAN  
GANDUSARI, KABUPATEN TRENGGALEK,  
PROVINSI JAWA TIMUR**

***Abstract***

The research location is administratively located in Gandusari District, Trenggalek Regency, East Java Province. Geographically the research area is UTM N 574700 mE - 583700 mE and N 9091900 mE - 9100900 mE. The extensive of study area is 10 km x 10 km with a scale of 1: 20.000.

The study area is consist of five landforms. Intrusion Hills (V1), Structural Hills (S1), Homoklin Slope (S2), Alluvial Plain (F1), River Body (F2). The pattern of river drainage in the research area is sub-dendritic.

Stratigraphy in the research area based on characteristics of dominant lithology can be grouped into 6 units, the order is start from the old to the young are: Mandalika's breccia-volcanic: early Oligocene-Early Miocene and precipitated on land environment. Diorite Unit, the age of unit is Miocene Early. Campurdarat limestone unit, formed at Middle Miocene and deposited in shallow sea or edge neritic environments. Andesite Unit formed at central End Miocene. Marble Unit of early Miocene End, and Alluvial Sediment (Kuater).

The geological structure of the research area is well developed, among there is a joint structure, shear joint and tension joint and fault. The faults include Plagen fault, Jajar 2 fault, Jajar fault 1, Keling fault, Nglompang fault, Faulting Tempel, Sanden 1 fault, Sanden 2 fault, Sanden 3 fault, Ngasinan fault, Begagan fault, Nguluh fault.

The alteration zone of the research region is divided into three zones are silification zone, argillic zone, and propylitic zone with mineral alterations in the form of quartz, chlorite, kaolin, clay minerals, ± epidot. The alteration zone of the research area is strongly influenced by the growing structure.

The pattern of mineralization in the study area is in stocky and cesareous vuggy, sugary quartz, and massive quatz. Metal minerals that appear pyrite, chalcopyrite. Types of sediment in the study area are low structural control sulfides (low-sulfidation structural controlled).

The positive potential of the research area is the C quarry minerals in the area of Watulimo, limestone in Gandusari and surrounding areas, tourist attractions such as Lowo Cave Watulimo area. While the negative potential of landslides in Kampak area and flood Gandusari area.

Keyword: Geology, Structure, Alteration, Potential

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBERAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH .....</b>	<b>iv</b>
<b>SARI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Maksud dan Tujuan .....	2
1.4. Lokasi Penelitian dan Kesampaian Daerah.....	3
1.5. Hasil Penelitian .....	5
1.6. Manfaat Penelitian .....	5
1.6.1 Manfaat Keilmuan .....	5
1.6.2 Manfaat Institusi .....	5
<b>BAB 2 METODOLOGI PENELITIAN DAN DASAR TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1. Metodologi Penelitian .....	6
2.1.1. Tahap Pendahuluan .....	6
2.1.1.1. Studi dan Kajian Pustaka .....	6
2.1.1.2. Persiapan Data Sekunder dan Peta Dasar .....	7
2.1.1.3. Pengurusan Perijinan .....	7
2.1.1.4. Persiapan Perlengkapan Lapangan .....	7
2.1.2. Penelitian Lapangan .....	7
2.1.2.1. Pemetaan Geologi dan Lintasan Geologi.....	8
2.1.2.2. Pemetaan Geomorfologi .....	8
2.1.2.3. Pemetaan Struktur Geologi .....	8
2.1.2.4. Pemetaan Alterasi dan Lintasan Alterasi .....	8

2.1.3. Analisis Laboratorium dan Studio .....	8
2.1.3.1. Analisis Satuan Geomorfik .....	9
2.1.3.2. Analisis Struktur Geologi .....	9
2.1.3.3. Analisis Petrografi .....	9
2.1.4. Tahap Penyelesaian .....	9
2.2. Dasar Teori .....	11
2.2.1. Fasies Gunung Api .....	11
2.2.2. Endapan Hidrothermal .....	12
2.2.2.1. Alterasi Hidrothermal .....	13
2.2.2.2. Mineralisasi Pada Hidrothermal .....	16
2.2.2.3. Hubungan Alterasi Hidrotermal dan Mineralisasi .....	17
2.2.2.4. Sistem dan Karakteristik Endapan Epitermal.....	18
2.2.2.5. Analisis Arah Urat .....	19
<b>BAB 3 GEOLOGI REGIONAL .....</b>	<b>23</b>
3.1. Fisiografi .....	25
3.2. Stratigrafi Pegunungan Selatan Jawa Timur .....	25
3.2.1. Formasi Arjosari .....	27
3.2.2. Formasi Mandalika .....	27
3.2.3. Batuan Terobosan .....	27
3.2.4. Formasi Jaten .....	28
3.2.5. Formasi Wuni .....	29
3.2.6. Formasi Nampol .....	29
3.2.7. Formasi Oyo .....	29
3.2.8. Formasi Wonosari .....	30
3.3. Struktur Geologi Regional .....	32
3.4. Tektonik Regional .....	32
3.4.1. Periode Akhir Kapur – Awal Tersier ( 70 - 35 Ma ) .....	33
3.4.2. Periode Oligosen – Miosen Awal ( 35 - 20 Ma ) .....	33
3.4.3. Periode Miosen Tengah – Miosen Akhir ( 20 – 5 Ma ) .....	34
<b>BAB 4 GEOLOGI DAERAH PENELITIAN .....</b>	<b>38</b>
4.1. Geomorfologi Daerah Penelitian .....	38
4.1.1. Morfologi Umum .....	38

4.1.2. Satuan Geomorfologi .....	40
4.1.2.1. Bentukasal Struktural .....	40
4.1.2.2. Bentukasal Fluvial .....	44
4.1.2.3. Bentukasal Vulkanik .....	46
4.1.3. Pola Pengaliran .....	49
4.2. Stratigrafi Daerah Penelitian .....	51
4.2.1. Satuan breksi-vulkanik Mandalika .....	54
4.2.1.1.Penamaan .....	54
4.2.1.2.Ciri Litologi .....	54
4.2.1.3.Penyebaran dan Ketebalan .....	61
4.2.1.4. Mekanisme dan Lingkungan Pengendapan .....	61
4.2.1.5. Umur dan Hubungan Stratigrafi .....	62
4.2.2. Satuan Diorit .....	63
4.2.2.1. Ciri Litologi .....	63
4.2.2.2. Penyebaran dan Ketebalan .....	65
4.2.2.3. Umur dan Hubungan Stratigrafi .....	65
4.2.3. Satuan batugamping Campurdarar .....	65
4.2.3.1. Ciri Litologi .....	66
4.2.3.2. Penyebaran dan Ketebalan .....	71
4.2.3.3. Umur dan Hubungan Stratigrafi .....	71
4.2.4. Satuan Andesit .....	72
4.2.4.1.Ciri Litologi .....	72
4.2.4.2.Penyebaran dan Ketebalan .....	73
4.2.4.3. Umur dan Hubungan Stratigrafi .....	73
4.2.5. Endapan Aluvial .....	74
4.2.5.1. Ciri Litologi .....	74
4.2.5.2.Penyebaran dan Ketebalan .....	75
4.2.5.3. Umur dan Lingkungan Pengendapan.....	75
4.2.5.4. Hubungan Stratigrafi.....	75
4.3. Struktur Geologi Daerah Penelitian .....	75
4.3.1. Pola Kelurusian Daerah Penelitian .....	75
4.3.2. Struktur Geologi .....	76
4.3.2.1. Struktur Kekar .....	77

4.3.2.2. Struktur Sesar .....	78
4.3.2.2.1. Sesar Mendatar Plagen .....	80
4.3.2.2.2. Sesar Mendatar Jajar 1 .....	81
4.3.2.2.3. Sesar Mendatar Jajar 2 .....	82
4.3.2.2.4. Sesar Mendatar Keling .....	83
4.3.2.2.5. Sesar Mendatar Nglompang .....	84
4.3.2.2.6. Sesar Mendatar Tempel .....	85
4.3.2.2.7. Sesar Mendatar Sanden 1 .....	86
4.3.2.2.8. Sesar Mendatar Sanden 2 .....	87
4.3.2.2.9. Sesar Mendatar Sanden 3 .....	87
4.3.2.2.10. Sesar Mendatar Ngasinan .....	89
4.3.2.2.11. Sesar Mendatar Begagan .....	90
4.3.2.2.12. Sesar Mendatar Nguluh .....	91
4.4. Sejarah Geologi .....	91
4.5. Potensi Geologi .....	93
4.5.1. Potensi Geologi Positif .....	94
4.5.2. Potensi Geologi Negatif .....	98
<b>BAB 5 ALTERASI DAERAH PENELITIAN .....</b>	<b>99</b>
5.1. Alterasi Daerah Peneltian .....	99
5.1.1. Tipe Silisifikasi.....	100
5.1.2. Tipe Argilik .....	102
5.1.3. Tipe Prophilitik .....	104
5.2.3. Urat Kuarsa, Kalsit .....	106
5.2. Paragenesa Alterasi Daerah Penelitian .....	107
5.3. Fase Alterasi Pada Daerah Penelitian.....	108
5.4. Hubungan Struktur Terhadap Alterasi.....	108
5.5. Mineralisasi Daerah Penelitian.....	109
5.6. Karakteristik Tipe Endapan .....	110
<b>BAB 6 KESIMPULAN .....</b>	<b>112</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>113</b>
<b>LAMPIRAN E .....</b>	<b>118</b>
Analisa E1.....	119
Analisa E2 .....	119

Analisa E3 .....	120
Analisa E4 .....	120
Analisa E5 .....	121
Analisa E6 .....	122
Analisa E7 .....	122
Analisa E8 .....	123
Analisa E9 .....	123
<b>LAMPIRAN F .....</b>	<b>124</b>
Kode Sayatan A10-2-012 .....	125
Kode Sayatan A10-3-125 .....	126
Kode Sayatan A10-4-026 .....	128
Kode Sayatan A10-5-135 .....	130
Kode Sayatan A10-6-164 .....	131
Kode Sayatan A10-7-064 .....	133
Kode Sayatan A10-8-089 .....	135
Kode Sayatan A10-9-158 .....	136
Kode Sayatan A10-10-080 .....	138
<b>LAMPIRAN G .....</b>	<b>140</b>
Lampiran G1 .....	141
Lampiran G2 .....	142

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b>	Peta Indeks yang menunjukan lokasi penelitian .....	3
<b>Gambar 1.2.</b>	Peta Topografi daerah penelitian .....	4
<b>Gambar 2.1.</b>	Diagram Alir Penelitian .....	10
<b>Gambar 2.2.</b>	Fasies Gunung Api Menurut Vessel dan Davies (1981) serta Bogie dan Mackenzie (1998) .....	12
<b>Gambar 2.3.</b>	Model sifat kekar dan urat kuarsa (Purwanto, H.S.,2002). Kekar tarikan (1a), kekar tekanan (1b), urat kuarsa tarikan (2a), urat kuarsa tekanan (2b), urat kuarsa tekanan membentuk penebalan dan penipisan (2c). .....	19
<b>Gambar 2.4.</b>	Rekahan diatas pada sistem tekanan orthogonal (Corbett and Leach., 1998).....	21
<b>Gambar 2.5.</b>	Kumpulan Alterasi dan himpunan mineral dalam sistem hidrothermal (Corbett and Leach., 1998) .....	21
<b>Gambar 2.6.</b>	Konseptual sistem aliran fluida dan model endapan epitermal Au serta endapan porfiri Au-Cu di lingkungan sirkum Pasifik. (G. J. Corbett dan T. M. Leach, 1996) .....	22
<b>Gambar 3.1.</b>	Sketsa peta fisiografi Pulau Jawa dan Madura.....	24
<b>Gambar 3.2.</b>	Kolom Stratigrafi Pegunungan Selatan Jawa Timur (Samodra, dkk.,1992) .....	26
<b>Gambar 3.3.</b>	Kolom Stratigrafi lembar Tulungagung, Samodra, dkk., (1992), Blitar, Sjarifudin, dkk., (1992 ), Turen, Sujanto, dkk., ( 1992 ), dan Lumajang, Suwarti, dkk., (1992) .....	31
<b>Gambar 3.4</b>	Kerangka tektonik Asia Tenggara sebelum 70 M.A hingga 5 M.A .....	36
<b>Gambar 3.5</b>	Arah pola struktur Jawa bagian timur (modifikasi dari Sribudiyani et al., 2003) .....	37
<b>Gambar 4.1.</b>	Kenampakan tiga dimensi daerah telitian dan sekitarnya yang menunjukan morfologi perbukitan bergelombang serta kelurusankelurusan bukit dan lembah yang terpotong oleh suatu kelurusankelurusan lembah, yang mengindikasikan suatu kontrol struktur geologi berupa sesar (Sumber: Citra Satelit SRTM, 2007).....	39
<b>Gambar 4.2.</b>	Interpretasi kelurusankelurusan lembah daerah telitian dan sekitarnya disertai dengan hasil <i>plotting</i> arah kelurusankelurusan pada diagram roset. (Sumber: CitraSatelit SRTM, 2007).....	39
<b>Gambar 4.3.</b>	Kenampakan pola kontur bentuklahan perbukitan struktural pada daerah penelitian.....	41
<b>Gambar 4.4.</b>	Kenampakan morfologi bentuklahan perbukitan struktural berada di desa Pakel bentangalam diambil tepi lereng hutan pinus perhutani desa pakel, arah kamera N 115 E (S1).....	42
<b>Gambar 4.5.</b>	Kenampakan pola kontur bentuklahan lereng homoklin pada daerah penelitian .....	43
<b>Gambar 4.6.</b>	Kenampakan morfologi bentuklahan lereng homoklin berada di desa Wonorejo, arah kamera N 280 E (S2). ....	43

<b>Gambar 4.7.</b>	Kenampakan pola kontur bentuklahan dataran aluvial pada daerah penelitian.....	44
<b>Gambar 4.8.</b>	Kenampakan morfologi bentuklahan dataran aluvial berada di desa Ngrayung, arah kamera N 190 E (F1).....	45
<b>Gambar 4.9.</b>	Kenampakan pola kontur bentuklahan tubuh sungai pada daerah penelitian.....	46
<b>Gambar 4.10.</b>	Kenampakan morfologi bentuklahan tubuh sungai berada di desa Wonorejo, arah kamera N 10 E (F2).....	46
<b>Gambar 4.11.</b>	Kenampakan pola kontur bentuklahan bukit intrusi (V1) pada daerah penelitian.....	47
<b>Gambar 4.12.</b>	Kenampakan morfologi bentuklahan bukit intrusi berada di desa Watuagung, arah kamera N 210 E (V1).....	48
<b>Gambar 4.13.</b>	Peta pola pengaliran daerah penelitian.....	50
<b>Gambar 4.14.</b>	Pola pengaliran dasar (Howard., 1967) .....	51
<b>Gambar 4.15.</b>	Kolomstratigrafi daerah Gandusari dan sekitarnya, oleh penulis (2016) .....	53
<b>Gambar 4.16.</b>	(a) Foto singkapan dan foto parameter singkapan breksi vulkanik di LP 12, arah kamera N 040°E. (b) Foto parameter fragmen basal, andesit dan batupasir vulkanik. (c) Foto parameter fragmen berupa breksi singkapan batupasir vulkanik. (d) Foto parameter fragmen andesit dan basal. (e) Foto singkapan breksi polimik di LP 111, arah kamera N 035°E. (f) Foto parameter breksi polimik berfragmen batugamping.....	57
<b>Gambar 4.17.</b>	(a) Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) matriks breksi vulkanik ( <i>Lithic (volcanic) wacke</i> ) di LP 12.....	57
<b>Gambar 4.18.</b>	a) Foto <i>close up</i> dari singkapan. (b) Foto singkapan dan foto parameter singkapan breksi piroklastik dan tuf di LP 125, arah kamera N007°E. (c) Foto parameter tuf.....	58
<b>Gambar 4.19.</b>	Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) tuf ( <i>Vitrific tuff</i> ) di LP 125.....	58
<b>Gambar 4.20.</b>	(a) Foto singkapan dan foto parameter singkapan lava andesit di LP 64, arah kamera N 330°E. (b) Foto parameter.....	59
<b>Gambar 4.21.</b>	Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) lava andesit ( <i>Andesit piroksen teralterasi lemah</i> ) di LP 64.....	59
<b>Gambar 4.22.</b>	(a) Foto singkapan dan foto parameter singkapan lava basal di LP 195, arah kamera N 210°E. (b) Foto parameter lava.....	59
<b>Gambar 4.23.</b>	(a) Foto singkapan singkapan breksi vulkanik berstruktur <i>cross beding</i> di LP 26 berada di sungai Ngasinan, desa Pakel, arah kamera N 273°E. (b) Foto parameter singkapan breksi dan batupasir, stuktur <i>cross beding</i> . (c) Foto <i>close up</i> parameter singkapan breksi dan batupasir, stuktur <i>crossbedding</i> . (d) Foto	

<i>close up</i> dari singkapan, terdapat fragmen batubara, batupasir vulkanik teralterasi, dan andesit. (f) Foto parameter.....	60
<b>Gambar 4.24.</b> Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) breksi polimik ( <b>Lithic (volcanic) arenite</b> ) di LP 26.....	61
<b>Gambar 4.25.</b> Model lingkungan pengendapan menurut Bogie dan Mackenzie (1998), kotak merah merupakan cakupan lingkungan pengendapan satuan breksi-vullkanik Mandalika.....	62
<b>Gambar 4.26.</b> (a) Foto singkapan intrusi diorit yang berada di bukit (gunung sepikul) sikambe dan suwur, desa Watuagung, kec. Watulimo di selatan penelitian pada LP 257 (suwur) dan LP 262 (sikambe), arah kamera N 330°E dan N 210°E (b) Foto singkapan intrusi Diorit pada bukit sikambe. (c) Foto parameter batuan. (d) Foto singkapan intrusi Diorit pada bukit Suwur. (e) Foto <i>close up</i> singkapan.....	64
<b>Gambar 4.27.</b> Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) intrusi diorit ( <b>Diorit</b> ) di LP 217.....	65
<b>Gambar 4.28.</b> (a) Foto singkapan batugamping terumbu yang berada di tenggara daerah penelitian, Desa Sambi, Kec. Watulimo pada LP 89, arah kamera N 80°E (b) Foto <i>close up</i> parameter batuan .....	67
<b>Gambar 4.29.</b> (a) Foto singkapan batugamping tersilikakan berada di Desa Gandusari, Kec. Gandusari di utara lokasi penelitian pada LP 135 arah kamera N 330°E (b) Foto <i>closeup</i> batuan .....	67
<b>Gambar 4.30.</b> Foto singkapan batugamping klastik grainstone dan batugamping pasiran. Lokasi pengamatan berada di sungai timurlaut daerah telitian, desa Sebalor, Kec. Watulimo, pada LP 199, arah kamera N 10°E.....	68
<b>Gambar 4.31.</b> (a) Foto singkapan batulempung karbonan sisipan batubara yang berada di kaki bukit (gunung sepikul) desa Watuagung, kec. Watulimo di selatan penelitian pada LP 215, arah kamera N 150°E (b) Foto parameter batuan berupa lignit.....	69
<b>Gambar 4.32.</b> Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) batugamping ( <b>Wackestone</b> ) di LP 89.....	70
<b>Gambar 4.33.</b> Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) <i>Batugamping tersilikakan</i> di LP 135.....	70
<b>Gambar 4.34.</b> (a) Foto singkapan intrusi intermediat yang menunjukkan bentukan bukit pada LP 158 dengan kedudukan bidang pendinginan N 265 E/61 arah aliran N 355 E N040°E/9°, arah kamera N 356°E (b) <i>close up</i> intrusi, menunjukkan bentukan kekar kolom ( <i>columnar joint</i> ). (c) kenampakan tubuh intrusi dengan travertin. (d) Foto <i>close up</i> parameter batuan .....	72
<b>Gambar 4.35.</b> Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) intrusi andesit ( <b>Andesit piroksen teroksidasi kuat</b> ) di LP 158 .....	73
<b>Gambar 4.36.</b> Kenampakan endapan Aluvial yang menjadi dataran dan tubuh sungai yang terletak di Sungai desa Gandusari, arah kamera N 200°E .....	74

<b>Gambar 4.37.</b> Hasil analisa kelurusan morfologi berdasarkan peta DEM SRTM .....	76
<b>Gambar 4.38.</b> Analisa kekar pada lokasi pengamatan 30, arah kamera N090E.....	77
<b>Gambar 4.39.</b> Indeks lokasi beberapa penemuan bukti sesar.....	79
<b>Gambar 4.40.</b> (a) Analisa streografis pada LP 125. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 270°. (c) foto kenampakan gores garis pada bidang sesar.....	80
<b>Gambar 4.41.</b> (a) Analisa streografis pada LP 219. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 120°. (c) batugamping silikaan pada bidang sesar (d) Foto kenampakan shear dan gash.....	81
<b>Gambar 4.42.</b> (a) Analisa streografis pada LP 132. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 120°. (c) Foto close up kenampakan bidang sesar, arah kamera N 150°. (d) Foto kenampakan batugamping terubah. (e) foto kenampakan shear fracture dan gash fracture. ....	82
<b>Gambar 4.43.</b> (a) Analisa streografis pada LP 149. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 260°. (c) Kenampakan breksi yang terubah pada bidang sesar .....	83
<b>Gambar 4.44.</b> (a) Analisa streografis pada LP 3. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 70°. (c) Foto kenampakan <i>shear fracture</i> .....	84
<b>Gambar 4.45.</b> (a) Analisa streografis pada LP 128. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 285°. (c) Foto kenampakan cermin sesar ( <i>step gash</i> dan <i>step shear</i> ). (d) foto kenampakan gores garis.....	85
<b>Gambar 4.46.</b> (a) Analisa streografis pada LP 28. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 80°. (c) Foto kenampakan <i>shear fracture</i> .....	86
<b>Gambar 4.47.</b> (a) Analisa streografis pada LP 28. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 80°. (d) Foto kenampakan <i>shear fracture</i> , arah kamera N 250°. ....	87
<b>Gambar 4.48.</b> (a) Analisa streografis pada LP 30. (b)(d) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 200°. (c) Foto kenampakan <i>shear fracture</i> , arah kamera N 180° E.....	88
<b>Gambar 4.49.</b> (a) Analisa streografis pada LP 24. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 300°. (c) Foto kenampakan <i>shear fracture</i> dan <i>gash fracture</i> , arah kamera N 300° E.....	89
<b>Gambar 4.50</b> (a) Analisa streografis pada LP 57. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 180°. (c) Foto kenampakan	

bidang sesar terisi vein kuarsa, arah kamera N 180°. (d) Foto kenampakan <i>shear fracture</i> , arah kamera N 240° E .....	90
<b>Gambar 4.51.</b> (a) Analisa streografis pada LP 102. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 65° E. (c) Foto kenampakan <i>shear fracture</i> , arah kamera N 10° E.....	91
<b>Gambar 4.52.</b> Bahan galian C berupa diorit berada di desa Watuagung, kec. Watulimo , Arah kamera N 242°E .....	94
<b>Gambar 4.53.</b> Bahan galian C berupa gamping berada di desa Widoro, Kec. Gandusari, Arah kamera N 50°E.....	95
<b>Gambar 4.54.</b> Objek wisata air terjun kali Teklik di desapakel, arah kamera N 180°E .....	96
<b>Gambar 4.55.</b> Objek wisata Goa lowo, arah kamera N 140°E .....	97
<b>Gambar 4.56.</b> Longsor di Desa Kampak, arah kamera N 100 E.....	98
<b>Gambar 5.1.</b> Sumber pembentukan alterasi daerah penelitian dari Gunung Sepikul (Kambe & Suwur). .....	100
<b>Gambar 5.2.</b> (a) Foto singkapan batugamping tersilikakan berada di Desa Gandusari, Kec. Gandusari di utara lokasi penelitian pada LP 135 arah kamera N 330°E (b) Foto closeup batuan. ....	101
<b>Gambar 5.3</b> Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) <i>Batugamping tersilikakan</i> di LP 135.....	102
<b>Gambar 5.4.</b> (a) Foto singkapan altersi argilik pada LP 30. (b) <i>close up</i> altersi argilik (kaolin). Tekstur <i>massive silicate</i> . (c) Singkapan Alterasi argilik pada LP 76. (d) <i>close up</i> altersi argilik kaolin. (e) Singkapan alterasi argilik pada LP 59. (f) <i>close up</i> singkapan.....	103
<b>Gambar 5.5.</b> (a) Singkapan breksi vulkanik terubah propilitik pada LP 26. (b) <i>Close up</i> ubahan propilitik. (c) Singkapan lava andesit terubah propilitik pada LP 64. (d) <i>Close up</i> ubahan propilitik. (e) Singkapan tuff terubah propilitik pada LP 125. (f) <i>Close up</i> ubahan propilitik.....	105
<b>Gambar 5.6.</b> Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (a) dan nikol silang (b) breksi terubah propilitik di LP 26.....	105
<b>Gambar 5.7.</b> Singkapan urat kuarsa, kalsit pada LP 30, arah kamera N010°E.....	106
<b>Gambar 5.8.</b> Singkapan urat kuarsa pada LP 59 dengan tebal 50 cm, arah kamera N030°E (Gambar 5.7), <i>close up</i> urat kuarsa (Gambar 5.8 B,C) .....	107
<b>Gambar 5.9.</b> Sistem rekahan yang memperlihatkan pola regangan pada tatanan konvergensi ortogonal (Corbett & Leach, 1998) .....	109
<b>Gambar 5.10.</b> (a). Kenampakan pirit pada LP 29. (b) Kenampakan pirit dan kalkopirit LP 76.....	110

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 4.1.</b>	Karakteristik bentuklahan daerah penelitian berdasarkan penulis (2016) .....	48
<b>Tabel 5.1</b>	Tabel Karakteristik Tipe Endapan .....	111

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- LAMPIRAN A. PETA LINTASAN**
- LAMPIRAN B. PETA GEOLOGI**
- LAMPIRAN C. PETA GEOMORFOLOGI**
- LAMPIRAN D. PETA ZONA ALTERASI**
- LAMPIRAN E. ANALISA VEIN**
- LAMPIRAN F. ANALISA PETROGRAFI**
- LAMPIRAN G. ANALISA UMUR RELATIF**

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemetaan geologi merupakan dasar utama dalam interpretasi terhadap kondisi geologi suatu daerah. Berdasarkan pemetaan tersebut dapat dikumpulkan data – data lapangan, sehingga dapat menemukan hubungan geologi yang ada melalui interpretasi berdasarkan teori, hipotesi, konsep, dan model yang sudah ada. Pemetaan geologi sangat penting dalam aspek merekontruksi atau mengetahui kondisi geologi suatu daerah tertentu.

Tatanan tektonik Pulau Jawa dipengaruhi oleh interaksi konvergen ortogonal yang disertai gejala subduksi antara lempeng kerak samudra India-Australia yang bergerak relatif ke utara dan lempeng kerak benua Asia Tenggara yang bergerak relatif keselatan (Katili, 1975 dan Asikin, 1974), dimana salah satu unsur produk subduksinya adalah busur magmatik. Menurut Soeria-Atmadja dkk. (1994), Proses magmatisme dijawa dhasilkan oleh subduksi tersebut dan terjadi dari Tersier awal sampai sekarang.

Sudut lempeng tektonik Jawa Timur, Struktur Geologi Pegunungan Jawa Timur Selatan terdiri dari perlapisan homoklin, sesar, kekar dan lipatan. Struktur utama yang berkembang pada daerah tersebut diatas adalah struktur sesar. Berdasarkan analisis citra penginderaan jauh dan anomali gaya berat sesar di pegunungan selatan jawa timur umumnya berarah barat laut – tenggara dan timur laut – baratdaya saling berpotongan membentuk V.

Sesar yang berkembang pada Jawa Timur Selatan umumnya rezim *Strike slip* berupa sesar mendatar. Sesar mendatar objek yang sangat menarik untuk dikaji karena berkaitan erat dengan geometri sebagai cebakan dan jalur keluarnya fluida hidrotermal kepermukaan dalam sistem alterasi dan mineralisasi. Daerah Trenggalek dipilih karena kondisi geologinya yang menarik serta keberadaanya dalam suatu sistem sesar mendatar (*strike slip zone*) yang termasuk dalam Cekungan jawa timur selatan. Berdasarkan uraian diatas maka sangat menarik bagi penulis untuk melakukan penelitian lanjut mengenai “*Geologi dan Alterasi Hidrotermal Daerah Gandusari dan Sekitarnya, Kecamatan Gandusari, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur*”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini dapat ditarik beberapa rumusan masalah yang dapat dikelompokan sebagai berikut :

a) Geomorfologi

Pembagian satuan geomorfik pada daerah telitian berdasarkan bentuk morfologi, morfogenesa, proses – proses eksogen dan endogen, bentuk – bentuk erosi serta stadia geomorfik yang membentuknya.

b) Stratigrafi

Permasalahan stratigrafi meliputi ciri – ciri litologi, kontak dan hubungan stratigrafi, penyebaran satuan batuan, urut – urutan satuan batuan dari tua ke muda.

c) Struktur Geologi

Meliputi permasalahan rezim gaya yang bekerja, jenis struktur geologi, dan arah tegasan utama, serta analisis struktur meliputi analisis kinematika, dan pola geometri sesar.

d) Alterasi

Pembagian pola alterasi yang pada daerah telitian berdasarkan himpunan mineral, tekstur dan struktur batuan yang telah mengalami ubahan.

## **1.3 Maksud dan Tujuan**

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji dan menerapkan ilmu geologi serta studi tentang pola sebaran alterasi dalam suatu daerah. Sebagai salah satu syarat kelulusan dalam memperoleh gelar sarjana S1. Tujuan penelitian secara umum adalah untuk mengetahui tatanan geologi daerah penelitian, yang meliputi :

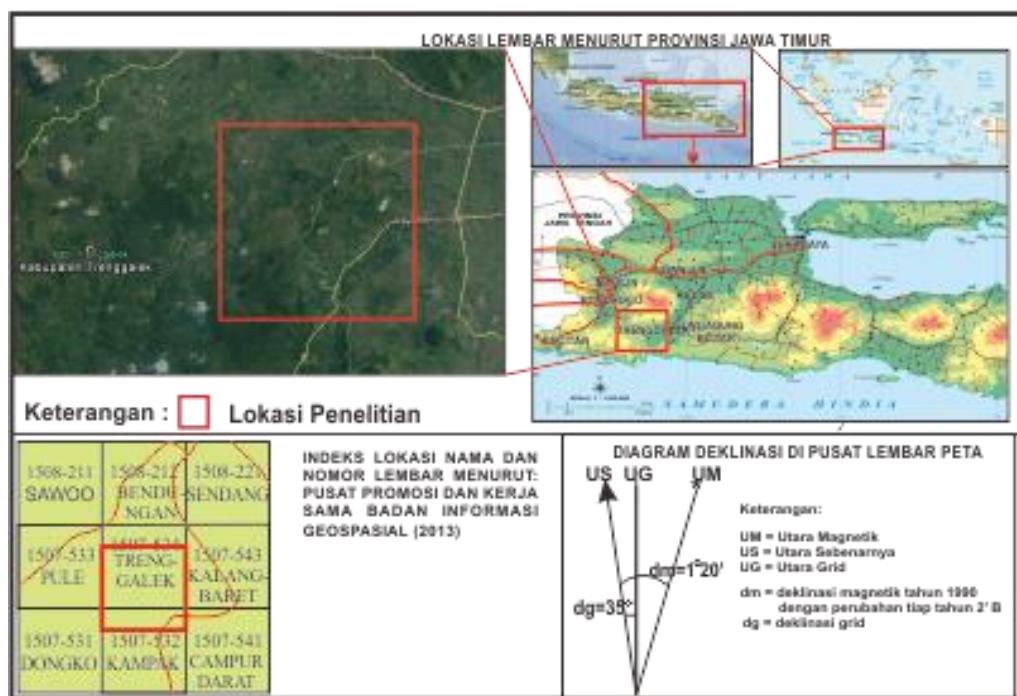
- a) Kondisi geomorfologi daerah penelitian.
- b) Stratigrafi penyusun daerah penelitian
- c) Kondisi struktur geologi daerah penelitian
- d) Pola sebaran alterasi daerah telitian
- e) Sejarah geologi daerah penelitian

#### 1.4. Lokasi Penelitian dan Kesampain Daerah

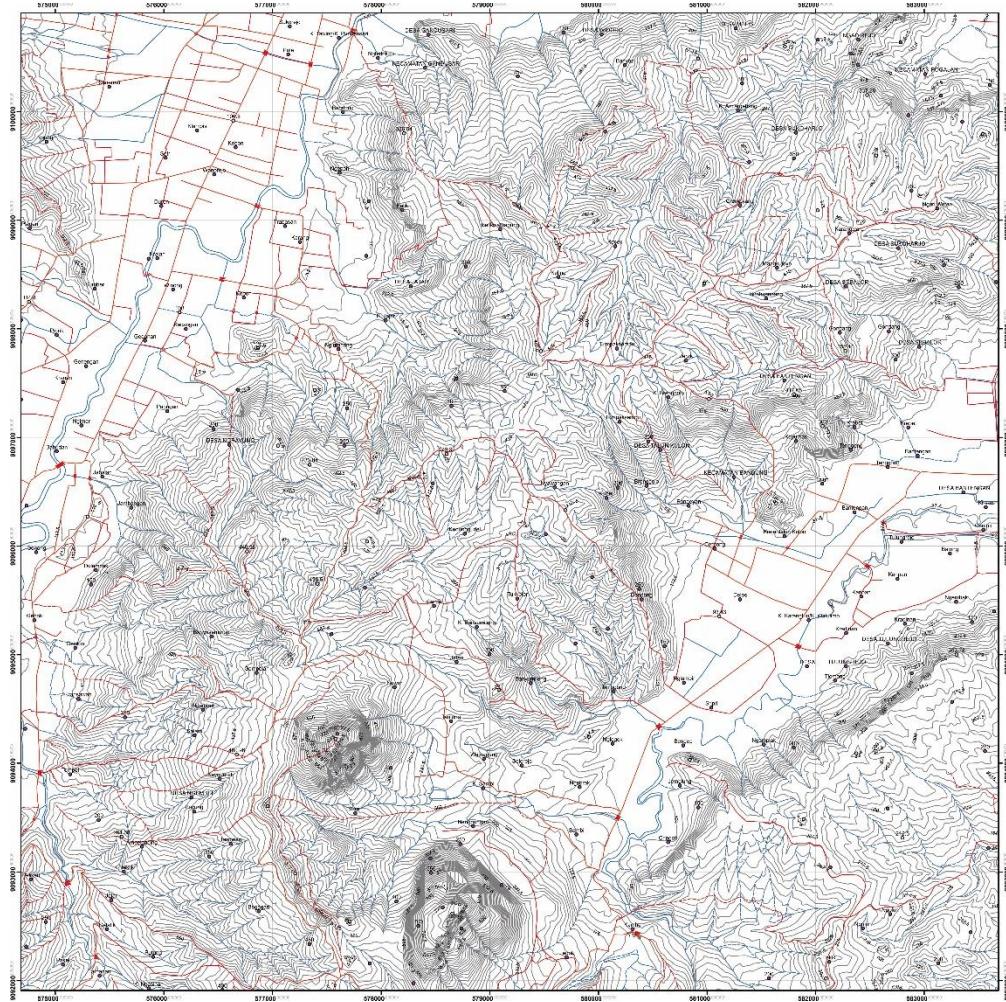
Lokasi penelitian secara administratif terletak di daerah Gandusari dan sekitarnya, Kecamatan Gandusari, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis terletak pada koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) N 574700 mE – 583700 mE dan N 9091900 mE – 9100900 mE, dengan luasan 10 x 10 atau 100 km<sup>2</sup> (**Gambar 1.1**).

Daerah penelitian dapat dicapai dengan sepeda motor dari Yogyakarta menuju Trenggalek kurang lebih selama 5 jam melewati JLS Jawa (Jalur Lintas Selatan Jawa) dan dilanjutkan perjalanan menuju *basecamp* dengan menggunakan sepeda motor yang terletak di Desa Gandusari, Kecamatan Gandusari, Kab. Trenggalek selama 1 jam. Lokasi *basecamp* berada didalam daerah telitian. Daerah penelitian berada di sekitar perbukitan, perkebunan, persawahan milik warga dan hutan milik PT. Perhutani,. Letaknya yang sangat strategis dan ketersedian akses jalan memudahkan penulis dalam melakukan penelitian selama di lapangan, akan tetapi masih banyak jalan yang rusak, sehingga sedikit menghambat dalam penelitian.

### PETA INDEKS



**Gambar 1.1.** Peta Indeks yang menunjukkan lokasi penelitian



**Gambar 1.2.** Peta Topografi daerah penelitian.

## **1.5. Hasil Penelitian**

Hasil dari penelitian yang akan dilakukan berupa :

1. Peta Lintasan dan Lokasi Pengamatan
2. Peta Geomorfologi
3. Peta Geologi
4. Peta Lintasan dan Lokasi Pengamatan Alterasi
5. Peta Pola Sebaran Alterasi
6. Laporan Skripsi

## **1.6 Manfaat Penelitian**

### **1.6.1 Manfaat Keilmuan**

Manfaat penelitian ini dari segi keilmuan yaitu memberikan kesempatan bagi penulis untuk mengaplikasikan ilmu geologi yang telah diperoleh selama perkuliahan untuk diterapkan dilapangan. Dengan mempelajari tatanan geologi daerah pegunungan jawa timur selatan meliputi aspek geomorfologi, struktur geologi, dan stratigrafi serta secara khusus mempelajari tentang perkembangan struktur geologi dan model geometri sesar terhadap pola sebaran alterasi di daerah telitian.

### **1.6.2 Manfaat Institusi**

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi maupun bahan pertimbangan bagi:

1. Perusahaan - perusahaan MIGAS dalam melakukan eksplorasi.
2. Pemerintah Daerah Trenggalek dan Ponorogo dalam melakukan rencana tata ruang dan wilayah maupun studi eksplorasi untuk bahan galian, hidrologi, dan kebencanaan.

## **BAB 2**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

### **DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Metodologi Penelitian**

Dalam pelaksanaan suatu penelitian ada banyak metode yang dapat digunakan, tergantung dari tujuan yang ingin dicapai dari penelitian tersebut. Metodelogi yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah dengan melakukan beberapa pendekatan secara diskriptif analisis diantaranya adalah:

1. Interpretasi awal daerah penelitian dengan data sekunder berupa DEM SRTM.
2. Pengambilan data litologi, kedudukan batuan serta penyebarannya.
3. Pengambilan data alterasi meliputi himpunan mineral, tekstur, struktur batuan dan vein serta penyebarannya.
4. Metode Lintasan, berupa pemetaan data struktur bidang dan struktur garis meliputi bidang perlapisan, bidang kekar, bidang sesar, dan sebagainya pada daerah penelitian secara umumnya.

##### **2.1.1. Tahap Pendahuluan**

Pada tahap ini dilakukan studi pustaka, persiapan peta topografi dan peta geologi regional, interpretasi geomorfologi, kelurusian struktur, pembuatan proposal, pengurusan administrasi perizinan dan persiapan perlengkapan lapangan.

###### **2.1.1.1. Studi dan Kajian Pustaka**

Melakukan studi dan kajian pustaka yang berkaitan dengan kondisi geologi regional daerah telitian dan teori-teori yang terkait, terutama guna pemecahan berbagai persoalan yang dijumpai di lapangan. Studi dan kajian pustaka ini akan di jelaskan lebih lengkap pada bab 3.

### **2.1.1.2. Persiapan Data Sekunder dan Peta Dasar**

Peta yang digunakan adalah peta topografi dengan skala 1 : 20.000 sebagai peta dasar dan peta geologi dengan skala 1 : 100.000 terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung (1992) yang merupakan Peta Geologi Regional Lembar Tulungagung.

Analisa awal dilakukan dengan interpretasi pola kelurusan dan interpretasi berdasarkan DEM SRTM dan peta topografi daerah pelitian.

### **2.1.1.3. Pengurusan Perijinan**

Sebelum melakukan penelitian di lapangan hal yang juga tidak kalah penting adalah melakukan izin pada pemerintah provinsi dan pemerintah setempat. Guna kelancaran penelitian di lapangan, maka perizinan dilakukan dengan membuat proposal penelitian skripsi yang diserahkan pada pemerintah Provinsi Jawa Timur dalam hal ini melalui Kesbanglimas Jawa Timur kemudian ditembuskan kepada pemerintah Kabupaten Trenggalek, selanjutnya diserahkan kepada pihak Kecamatan Gandusari. Dengan dilakukannya perizinan yang lengkap dari pemerintah kabupaten hingga desa, penulis memiliki surat izin yang resmi dari pemerintah, sehingga apabila terjadi hal-hal yang berkaitan dengan izin, telah memiliki dasar yang kuat.

### **2.1.1.4. Persiapan Perlengkapan Lapangan**

Persiapan perlengkapan lapangan yang dilakukan menjelang keberangkatan ke lapangan berupa perlengkapan di lapangan yang terdiri dari peta topografi daerah telitian skala 1:20.000, palu geologi, kompas geologi, screthcer, loupe, alat tulis, kantong sample, penggaris, busur dan perlengkapan lainnya.

## **2.1.2. Penelitian Lapangan**

Penelitian lapangan dilakukan untuk memperoleh data lapangan mengenai identifikasi lanjut tentang kondisi geologi, geomorfologi, struktur geologi dan pola alterasi daerah penelitian. Adapun kegiatan terbagi menjadi empat tahap, yaitu:

#### **2.1.2.1. Pemetaan Geologi dengan Lintasan Geologi**

Pada tahap ini dapat diketahui secara umum variasi litologi yang berkembang, untuk selanjutnya dibagi menjadi satuan-satuan batuan, pola umum tegasan dan struktur yang berkembang, proses geomorfologi yang berperan serta perkembangannya. Lintasan yang dilalui sedapat mungkin memotong jurus lapisan batuan yang ada, baik melalui sungai, jalan maupun lereng perbukitan.

#### **2.1.2.2. Pemetaan Geomorfologi**

Pengamatan geomorfologi dilakukan dengan melakukan pengamatan unsur-unsur geomorfologi pada daerah telitian. Pengamatan dilakukan dengan menentukan satuan geomorfik. Bentukan geomorfik yang terjadi dilapangan juga menganalisis data dilapangan, faktor pengontrol dari pembentukan satuan tersebut berupa satuan bentukan asal. Kemudian membaginya menjadi bentukan lahan yang berbeda.

#### **2.1.2.3. Pemetaan Struktur**

Pemetaan struktur dilakukan bersamaan dengan pemetaan geologi, hanya saja ada pengamatan dan analisis lapangan lebih detil ketika menjumpai struktur kekar dan sesar pada suatu lokasi pengamatan.

#### **2.1.2.4. Pemetaan Alterasi dan Lintasan Alterasi**

Pengamatan pola alterasi yang berkembang dilakukan dengan melakukan pengamatan himpunan mineral ubahan yang ada dalam batuan, tekstur batuan ubahan, struktur ubahan yang berkembang untuk mendapatkan tipe alterasi yang berkembang dan menentukan endapan yang berkembang di daerah telitian. Lintasan yang dilalui ditekankan di daerah yang merupakan zona struktur.

#### **2.1.3. Analisis Laboratorium dan Studio**

Menganalisa data yang didapat di lapangan untuk dijadikan informasi geologi yang, meliputi:

### **2.1.3.1. Analisis Satuan Geomorfik**

Mengevaluasi kembali satuan bentuk lahan yang telah dibuat sebelum ke lapangan, yang terdiri dari penentuan satuan geomorfik daerah penelitian, pola tipe genetik aliran sungai, dan stadia erosi di daerah penelitian.

### **2.1.3.2. Analisis Struktur Geologi**

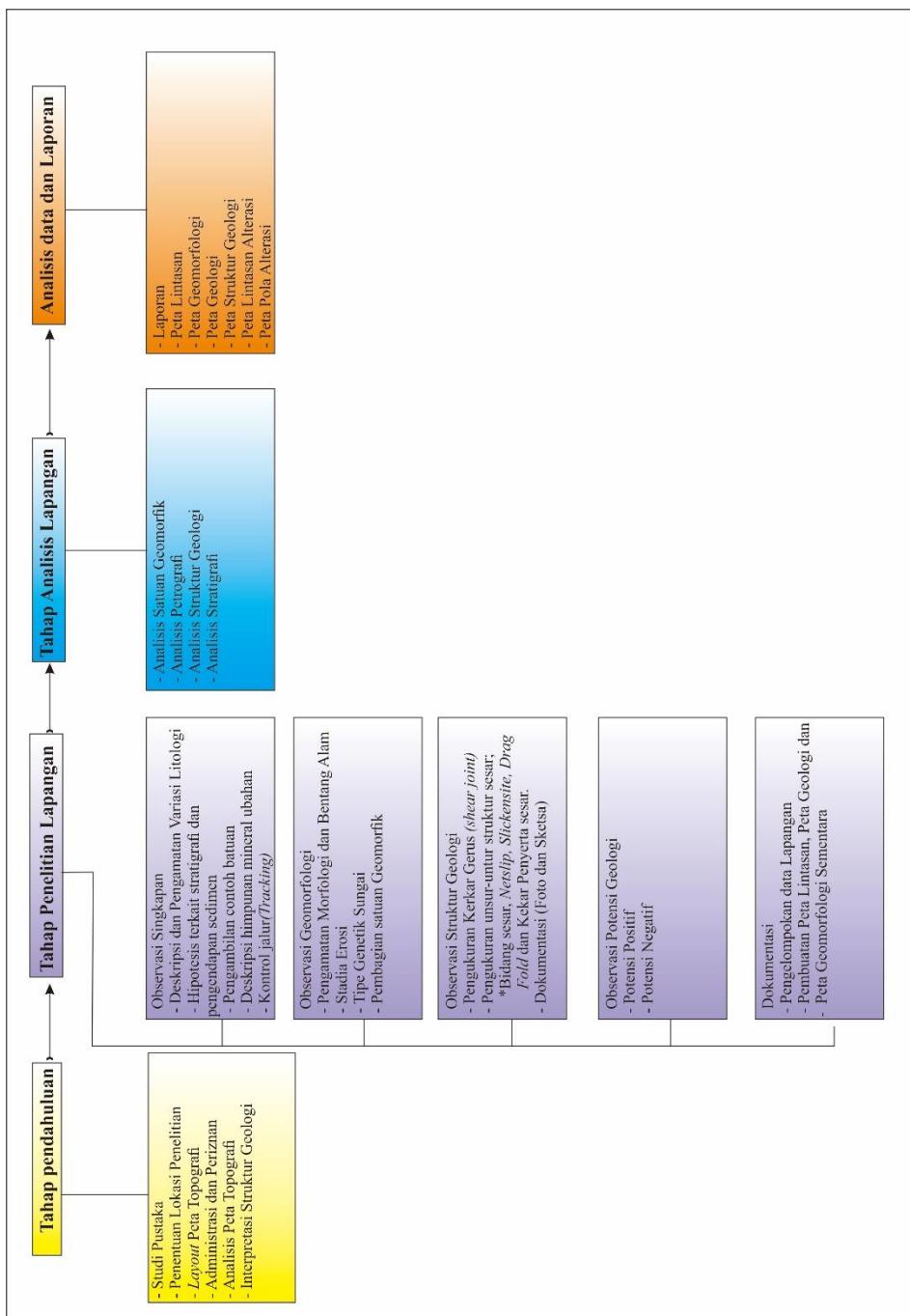
Tahap ini diawali dengan analisis pemerian unsur - unsur struktur yang dimaksudkan untuk mengidentifikasi jenis, kedudukan, dan orientasi sekaligus dimensi dari unsur struktur yang ada. Sedangkan analisis selanjutnya merupakan analisis dinamika dan kinematika dengan menggunakan metode stereografi dengan program "*Dips version 5.1*".

### **2.1.3.3. Analisis Petrografi**

Bertujuan untuk mengetahui penamaan dan klasifikasi dari setiap contoh batuan yang diperoleh selama di lapangan. Penamaan secara mikroskopis ini juga membantu dalam menentukan jenis dan penamaan batuan berdasarkan tekstur, struktur, dan komposisi mineral.

### **2.1.4. Tahap Penyelesaian**

Penyusunan laporan merupakan tahapan terakhir dari rangkaian penelitian. Adapun pekerjaan yang harus dilakukan yaitu mengabungkan antara data studi pustaka dan perolehan data yang didapat dilapangan, baik primer maupun sekunder yang telah dianalisis, dan diproses kedalam program perangkat lunak untuk menghasilkan informasi geologi daerah telitian. Hasil analisis disajikan dalam bentuk laporan penelitian skripsi, yang kemudian dipresentasikan. Secara garis besar metodologi penelitian skripsi tersebut dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut **Gambar 2.1** yang menggambarkan dari input, proses dan output dari penelitian. .



**Gambar 2.1. Diagram Alir**

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Fasies Gunung Api**

Pada perkembangannya, pengembangan fasies gunungapi dilakukan oleh Vessel dan Davies (1981) serta Bogie dan Mackenzie (1998) menjadi 4 kelompok, antara lain *central/Vent facies*, *proximal facies*, *medial facies* dan *distal facies*.

#### **1. Zona Central**

Pada zona ini, pusat erupsi terjadi dan energi terbesar dari pusat erupsi ada pada zona ini. Dengan adanya kegiatan vulkanisme yang tinggi, banyak menyebabkan aktifitas-aktifitsas lain seperti hidrothermal dan mineralisasi sehingga banyak terjadi proses alterasi menghasilkan berbagai macam unsur yang memiliki nilai ekonomi tinggi seperti emas. Telah diketahui, tambang-tambang emas besar di Indonesia seperti di Grasberg, Papua, dulunya merupakan zona pusat erupsi gunungapi purba. Namun perlu diketahui, saat gunungapi masih aktif, zona ini sangatlah berbahaya. Kandungan gas-gas beracun dan sulfur yang berbau menyengat dan pekat dapat menyebabkan pingsan atau bahkan kematian apabila terhirup melampaui batas. Saat terjadi erupsi, zona inilah yang menjadi sangat hancur.

#### **2. Zona Proksimal**

Zona ini adalah zona dengan lapisan soil yang tipis dan material piroklastik agak terorientasi. Material piroklastik ini setelah beberapa bulan atau beberapa tahun bisa menjadi sumber penghidupan bagi tanaman melalui berbagai unsur yang dibawanya. Maka dari itu, zona ini sudah mulai dikembangkan menjadi lahan perkebunan dimana sayuran dapat sangat tumbuh subur. Selain itu, zona proksimal menjadi daerah penangkap air hujan yang baik yang kemudian menyalurkannya ke zona-zona di bawahnya. Saat terjadi erupsi, zona ini menjadi sangatlah berbahaya. *Pyroclastic fall, flow, and surge* dapat menjadi sangat berbahaya bagi kehidupan. Zona ini menjadi zona bahaya jika terjadi erupsi.

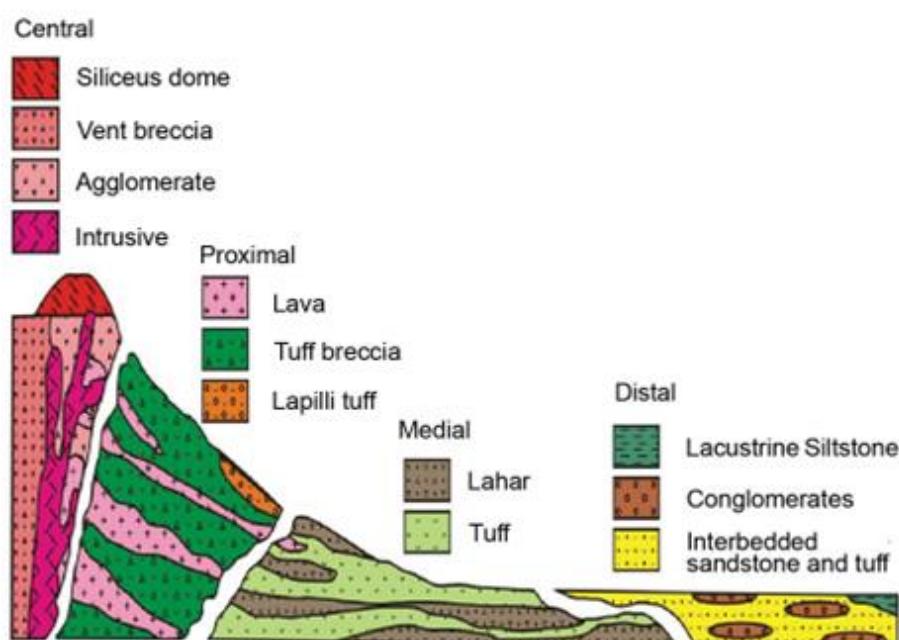
#### **3. Zona Medial**

Zona ini tersusun atas lahar dan tuf. Material-material ini jika telah lapuk akan menjadi sangat subur bagi tanaman. Pertanian dan perkebunan menjadi sangat berkembang pada daerah ini. Tangkapan air baik dari hujan maupun zona di atasnya

muncul sebagai mata air dan menjadi sumber air bagi kehidupan. Namun saat terjadi erupsi, zona ini juga masih menjadi zona bahaya karena terjangan lahar yang hebat apabila erupsi yang terjadi sangatlah kuat.

#### 4. Zona distal

Zona ini merupakan zona dengan kelerengan landai dan menjadi daerah tangkapan air hasil dari zona medial dan proksimal. Litologi penyusunnya kebanyakan adalah konglomerat, lahar, batupasir, dan tuf. Daerah ini masih cukup subur dengan adanya jatuhnya piroklastik yang sampai di daerah ini. Saat terjadi erupsi, zona distal dapat menjadi daerah aman namun dapat juga menjadi daerah berbahaya terutama pada kawasan yang terletak di sekitar sungai tempat lahar menerjang.



**Gambar 2.2.** Fasies Gunung Api Menurut Vessel dan Davies (1981) serta Bogie dan Mackenzie (1998)

#### 2.2.2. Endapan Hidrotermal

Endapan hidrotermal merupakan endapan yang dihasilkan oleh proses pergantian mineral-mineral lama oleh mineral baru dibawah pengaruh larutan hidrotermal. Proses ini pada dasarnya merupakan proses pelarutan dan pengendapan serentak, dimana mineral yang telah diganti oleh mineral baru tanpa perubahan volume karena mineral baru akan menempati ruang yang sama dengan mineral yang digantikan (Bateman, 1956).

Larutan hidrotermal merupakan cairan yang memiliki temperatur tinggi (100-500°C) sisa pendinginan magma yang mampu merubah mineral yang telah ada sebelumnya dan membentuk mineral-mineral tertentu. Secara umum cairan sisa kristalisasi magma tersebut bersifat silika yang kaya alumina, alkali dan alkali tanah yang mengandung air dan unsur-unsur volatil. Larutan hidrotermal terbentuk pada bagian akhir dari siklus pembekuan magma dan umumnya terakumulasi pada litologi dengan permeabilitas tinggi atau pada zona lemah. Interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya (*wall rocks*) akan menyebabkan terubahnya mineral primer menjadi mineral sekunder (*alteration minerals*). Proses terubahnya mineral primer menjadi mineral sekunder akibat interaksi batuan dengan larutan hidrotermal disebut dengan proses alterasi hidrotermal.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pembentukan Endapan Hidrotermal adalah:

- Adanya larutan hidrotermal
- Adanya rongga batuan sebagai jalan bergeraknya larutan
- Adanya tempat untuk mengendapkan mineral
- Adanya reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya endapan mineral
- Konsentrasi cukup tinggi dari larutan mineral sehingga menjadi deposit

#### **2.2.2.1. Alterasi Hidrotermal**

Alterasi hidrotermal merupakan proses ikutan yang selalu menyertai proses pengendapan deposit-deposit hidrotermal. Pada prinsipnya proses ini merupakan proses pergantian unsur-unsur tertentu dari mineral yang ada pada batuan dinding digantikan oleh unsur lain yang berasal dari larutan sehingga menjadi lebih stabil. Proses ini berlangsung dengan cara pertukaran ion dan tidak melalui proses pelarutan total, artinya tidak semua unsur penyusun mineral yang digantikan melainkan hanya unsur-unsur tertentu saja.

- Menurut Corbett dan Leach (1996), faktor yang mempengaruhi proses alterasi hidrotermal adalah sebagai berikut :

##### a. Temperatur dan tekanan

- Peningkatan suhu membentuk mineral yang terhidrasi lebih stabil, suhu juga berpengaruh terhadap tingkat kristalinitas mineral, pada suhu yang lebih tinggi

akan membentuk suatu mineral menjadi lebih kristalin, menurut Noel White (1996), kondisi suhu dengan tekanan dapat dideterminasi berdasarkan tipe alterasi yang terbentuk. Temperatur dan tekanan juga berpengaruh terhadap kemampuan larutan hidrotermal untuk bergerak, bereaksi dan berdifusi, melarutkan serta membawa bahan–bahan yang akan bereaksi dengan batuan samping.

b. Permeabilitas

- Permeabilitas akan menjadi lebih besar pada kondisi batuan yang terekahkan serta pada batuan yang berpermeabilitas tinggi hal tersebut akan mempermudah pergerakan fluida yang selanjutnya akan mempermudah kontak reaksi antara fluida dengan batuan.

c. Komposisi kimia dan konsentrasi larutan hidrotermal

- Komposisi kimia dan konsentrasi larutan panas yang bergerak, bereaksi dan berdifusi memiliki pH yang berbeda-beda sehingga banyak mengandung klorida dan sulfida, konsentrasi encer sehingga memudahkan untuk bergerak.

d. Komposisi batuan samping

- Komposisi batuan samping sangat berpengaruh terhadap penerimaan bahan larutan hidrotermal sehingga memungkinkan terjadinya alterasi.

Peningkatan suhu membentuk mineral yang terhidrasi lebih stabil, suhu juga berpengaruh terhadap tingkat kristalinitas mineral, pada suhu yang lebih tinggi akan membentuk suatu mineral menjadi lebih kristalin, menurut Noel White (1996), kondisi suhu dengan tekanan dapat dideterminasi berdasarkan tipe alterasi yang terbentuk. Mineralogi alterasi banyak dipengaruhi oleh komposisi kimia fluida, komposisi kimia fluida penting untuk mendeterminasi sistem potensial pembentuk bijih.

Fluida yang dominan dalam endapan sistem porfiri berasal dari 2 sumber, yaitu:

1. Fluida magmatik yang berasal dari derivasi pengkristalan magma

## 2. Air meteork yang jenuh dalam batuan

Fluida magmatik dari magma pada suhu dan tekanan tinggi, fluida ini terderivasi dari magma pada kedalaman kurang dari 4 km. Fluida ini tersegrasi dalam 2 fase yang berbeda, fase seperti gas dengan densitas dan salinitas yang rendah serta mengandung gas dalam jumlah yang besar pada magma. Komposisi dominannya adalah CO<sub>2</sub>, HCl dan gas belerang H<sub>2</sub>S dominan jika magma tereduksi dan SO<sub>2</sub> jika teroksidasi yang mencirikan sistem porfiri. Pada sistem yang teroksidasi seperti Cu-Au porfiri mengalami fase dengan densitas rendah tidak terjadi transport logam. Berbeda dengan sistem yang tereduksi, permeabilitas akan menjadi lebih besar pada kondisi batuan yang terekahkan dan pada batuan yang berpermeabilitas tinggi dibandingkan dengan batuan masif kondisi permeabel akan mempermudah pergerakan fluida yang selanjutnya akan mempermudah kontak reaksi antara fluida dengan batuan.

Pada alterasi hidrotermal dapat dibagi menjadi 6 zona alterasi, yaitu :

### 1. Alterasi Potasik

Menurut Corbett & Leach (1996), mineral utama dalam alterasi ini berupa potash feldspar sekunder & biotit sekunder, serta aktinolit + klinopiroksen.

### 2. Alterasi Silisik

Zona alterasi ini dicirikan oleh kehadiran mineral dari kelompok silika yang stabil pada pH < 2. Kuarsa akan terbentuk pada suhu tinggi sedangkan pada suhu rendah (< 100<sup>0</sup> C) akan terbentuk opal silika, kristobalit, tridimit, pada suhu menengah (100<sup>0</sup>-200<sup>0</sup> C) akan terbentuk kalsedon.

### 3. Alterasi Filik

Dicirikan oleh seritisasi hampir seluruh mineral silikat, kecuali kuarsa. Plagioklas feldspar tergantikan oleh serisit dan kuarsa halus. K-Feldspar magmatik juga mengalami seritisasi tapi lebih kecil intensitasnya dari plagioklas.

### 4. Alterasi Argilik Lanjut (Advanced Argilic)

Alterasi ini terbentuk dari hasil pencucian alkali dan kalsium dari fase alumina seperti feldspar dan mika. Alterasi advanced argilik ini dicirikan oleh hadirnya mineral yang terbentuk pada kondisi asam terutama kaolinit, dickit, piropilit, diaspor, alunit, jarosit dan zunyit. Perlu dibedakan antara alterasi hipogen

dan supergen. Alterasi advanced argilik hipogen terbentuk hasil kondensasi gas alam (terutama gas HCl) dan ketidakseimbangan SO<sub>2</sub> dalam membentuk asam sulfur dan hidrogen sulfida. Alterasi advanced argilik supergen dapat terbentuk dalam 2 macam, pertama terbentuk oleh kondensasi gas hasil pendidihan fluida hidrotermal yang membentuk air tanah yang teroksidasi. Oksidasi oleh atmosfer merubah H<sub>2</sub>S membentuk asam sulfur yang akan merombak silikat dan akan membentuk kaolinit dan alunit. Pada proses ikatan silikat terlepas akan membentuk desposit (dengan alunit) sebagai layer silikaan pada permukaan air tanah. Erosi yang datang kemudian membentuk layer silikaan yang berasal dari kaolinit dan membentuk silika cap. Kedua alterasi ini terbentuk oleh pelapukan batuan kaya sulfida, oksida sulfida membentuk asam sulfur yang merusak batuan kemudian membentuk kaolinit dan alunit.

## 5. Alterasi Argilik

Jenis alterasi ini dicirikan dengan kehadiran anggota dari kaolin (Halloysit, kaolinit dan dickit) dan illit (smektit, interlayer, illit-smektit, illit), serta asosiasi mineral transisi yang terbentuk pada pH menengah dan suhu rendah. Kelompok dari mineral temperatur rendah-transisi yaitu kelompok klorit-illit juga hadir.

## 6. Alterasi Propilitik

Jenis alterasi ini umumnya dicirikan oleh kehadiran mineral klorit – epidot – aktinolit (Corbett & Leach, 1996). Alterasi ini mempunyai penyebaran yang terluas dan kaitannya secara langsung dengan mineralisasi sangat kecil. Kristal plagioklas mengalami argilitisasi dengan intensitas kecil, biotit mengalami perubahan menjadi klorit dengan atau tanpa karbonat.

### 2.2.2.2. Mineralisasi Pada Hidrothermal

Mineralisasi adalah proses pembentukan endapan mineral logam dan non logam yang terkonsentrasi dari satu atau lebih mineral yang dapat dimanfaatkan (Beteman dan Jensen, 1981). Emas pada mineralisasi ini pada umumnya berdasarkan dengan galena, sphalerit, kalkopirit, dan sedikit pirit (Corbett dan Leach 1998). Pola mineralisasinya yaitu mineral bijih yang mengisi rongga-rongga dan rekah (*open space & cavity filling*). Zona bijih biasanya dibatasi oleh struktur, tetapi bisa muncul

pada liologi yang bersifat permeable. Urat yang lebar ( $>1\text{m}$  dengan beberapa ratus meter searah jurus) sampai urat-urat kecil dan *stockworks* biasanya memiliki peyebaran dan pergantian yang lebih sedikit.

Secara genetik, endapan mineral dibagi menjadi endapan yang disebabkan oleh proses magmatic, proses hidrothermal, proses metamorfisme, serta proses-proses permukaan. Proses magmatisme yang disebabkan oleh proses *gravitational settling, liquit immivisibility*, maupun pegmatik.

Mineral penyerta yang umumnya dijumpai pada epitermal sulfidasi rendah adalah: kuarsa, ametis, kalsedon, struktur kalsit yang kemudian digantikan oleh kuarsa, kalsit, adularia, serosit, barit, flourit, rhodokrosit, hematit, dan klorit.

### 2.2.2.3. Hubungan Alterasi Hidrotermal dan Mineralisasi

Alterasi dan mineralisasi sangat erat kaitannya, dikarenakan tipe alterasi tertentu akan dicirikan dengan hadirnya suatu himpunan mineral yang khas sebagai pencirinya. Alterasi dapat menghasilkan mineral bijih dan mineral penyerta (gangue mineral). Namun demikian, tidak semua batuan yang mengalami alterasi hidrotermal dapat mengalami mineralisasi bijih. Tipe alterasi tertentu biasanya akan menunjukkan zonasi himpunan mineral tertentu akibat ubahan oleh larutan hidrotermal yang melewati batuan sampingnya (Guilbert dan Park, 1986, Evans, 1993). Himpunan mineral ubahan tersebut terbentuk bersamaan pada kondisi keseimbangan yang sama (equilibrium assemblage). Mineral-mineral baru yang terbentuk, diendapkan mengisi rekahan-rekahan halus atau dengan proses penggantian (replacement). Mineral-mineral baru ini dikenal sebagai mineral sekunder (Anonim, 1996).

Menurut Bateman (1981) Secara umum proses mineralisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor pengontrol, meliputi :

1. Larutan hidrotermal yang berfungsi sebagai larutan pembawa mineral.
2. Zona lemah yang berfungsi sebagai saluran untuk lewat larutan hidrotermal.
3. Tersedianya ruang untuk pengendapan larutan hidrotermal.
4. Terjadinya reaksi kimia dari batuan induk / host rock dengan larutan hidrotermal yang memungkinkan terjadinya pengendapan mineral bijih (ore).

5. Adanya konsentrasi larutan yang cukup tinggi untuk mengendapkan mineral bijih (ore).

#### **2.2.2.4. Sistem dan Karakteristik Endapan Epitermal**

Endapan bijih epithermal adalah endapan yang terbentuk pada lingkungan hidrotermal dekat permukaan, mempunyai temperatur dan tekanan yang relatif rendah berasosiasi dengan kegiatan magmatisme kalk-alkali sub-aerial, sering kali (tidak selalu) endapannya di jumpai pada produk volkanik (sedimen volkanik).

Endapan epithermal sering juga disebut endapan urat, penggantian disseminasi, stockwork, hot spring, volcanic hosted, dan lain-lain. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan parameter yang digunakan dalam menggolongkan endapan mineral.

Kimia fluida merupakan faktor penting yang mengontrol mineralisasi. Karakteristik mineralogi endapan epithermal, sangat mungkin dibedakan berdasarkan dua fluida yang kontras, yaitu *near - neutral pH fluids* (fluida dengan pH mendekati netral) dan *acid pH* atau fluida dengan pH asam (White, N.C. & samodrst, J.W., 1995). Ubahan hidrotermal yang berhubungan dengan pH mendekati netral digunakan istilah “*adularia - sericite*”, sedangkan yang berhubungan dengan pH asam digunakan istilah “*acid - sulfate*”.

Istilah sulfidasi rendah dan sulfidasi tinggi dalam endapan epithermal juga dicetuskan oleh Hedenquist J.W. (1987). Batasan kedua istilah tersebut didasarkan pada bilangan redoks (reduksi - oksidasi) unsur S dalam fluida mineralisasi. Unsur S dalam sistem geothermal yang mendekati pH netral umumnya memiliki bilangan redoks terendah (- 2), kondisi ini diistilahkan sebagai sulfidasi rendah. Sedangkan istilah sulfidasi tinggi digunakan untuk unsur S dalam hidrotermal vulkanik yang mempunyai bilangan redoks mendekati + 4 (misalnya SO<sub>2</sub>).

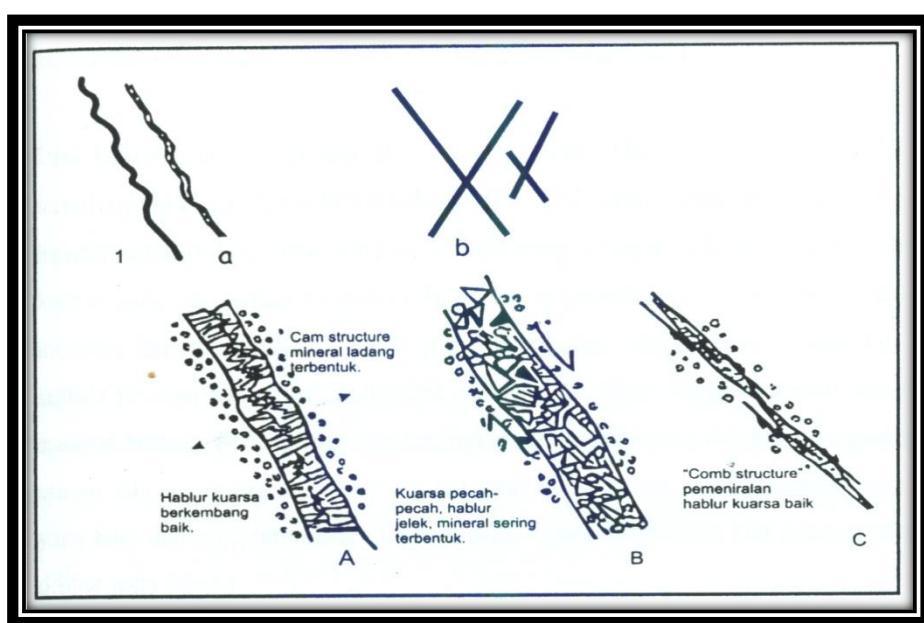
Sistem epithermal sulfidasi rendah, fluida magmatik yang didominasi gas (SO<sub>2</sub> dan HCl) direduksi pada saat bereaksi dengan batuan samping (*wall rock*) sehingga terjadi dilusi (pengenceran) akibat adanya sirkulasi fluida meteorik (air hujan). Proses tersebut terjadi pada bagian bawah dari sistem sulfidasi rendah yang membawa zat volatil (termasuk unsur logam di dalamnya), hal ini menyebabkan fluida didominasi oleh H<sub>2</sub>S sebagai sumber sulfur yang paling besar yang juga melarutkan garam

(terutama NaCl) pada temperatur 170 – 270°C dan kedalaman 50 – 1000 m (Corbett dan Leach, 1996 ). Saat kondisi reduksi yang cukup tinggi, sulfida hanya hadir sebagai sulfur sekunder. Phirotit mendominasi pada temperatur sekitar 300°C dan pirit pada temperatur rendah (Corbett dan Leach, 1996).

#### 2.2.2.5. Analisis Arah Urat

Urat pada kuarsa pada prinsipnya terbentuk oleh larutan yang bersifat mengisi rekahan, oleh sebab itu pola urat yang terbentuk akan mengikuti pola rekahan. Sesar geser yang bersifat ekstensif akan membentuk rekahan terbuka yang dapat memungkinkan masuknya larutan hidrotermal pembentuk urat, sehingga urat akan relatif sejajar dengan arah pola sesar.

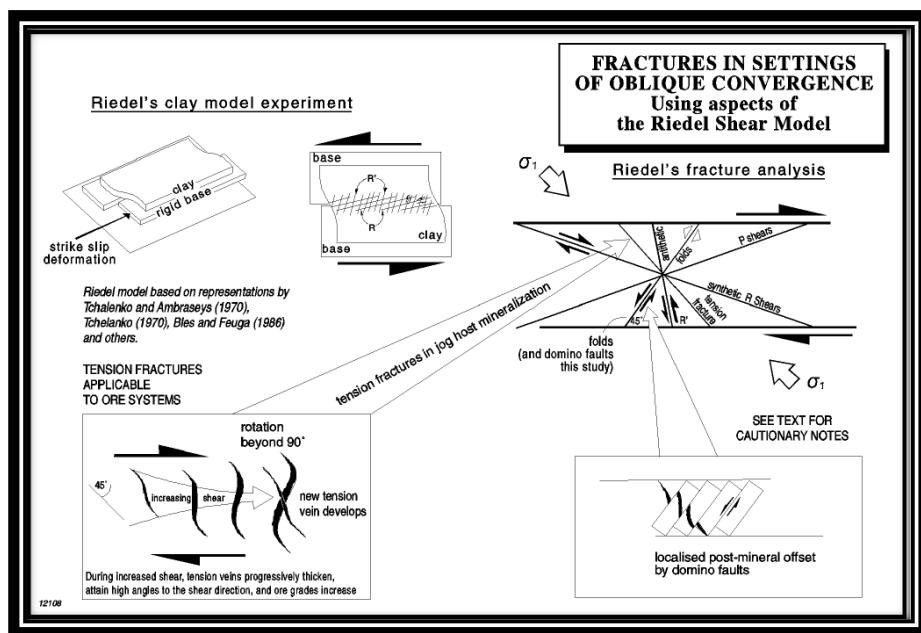
Purwanto,H.S., (2002), menyatakan bahwa urat hasil dari tegasan dan urat hasil tarikan dilapangan dapat dibedakan, yaitu urat kuarsa hasil tegasan memiliki ciri-ciri pecah-pecah (*breciated*), kristal tidak baik, biasanya terbentuk mineral dibagian tengah atau tepinya dan urat hasil tarikan memiliki ciri kristal baik, membentuk struktur sisir (*comb structure*), mineral terkadang berada pada struktur sisirnya.



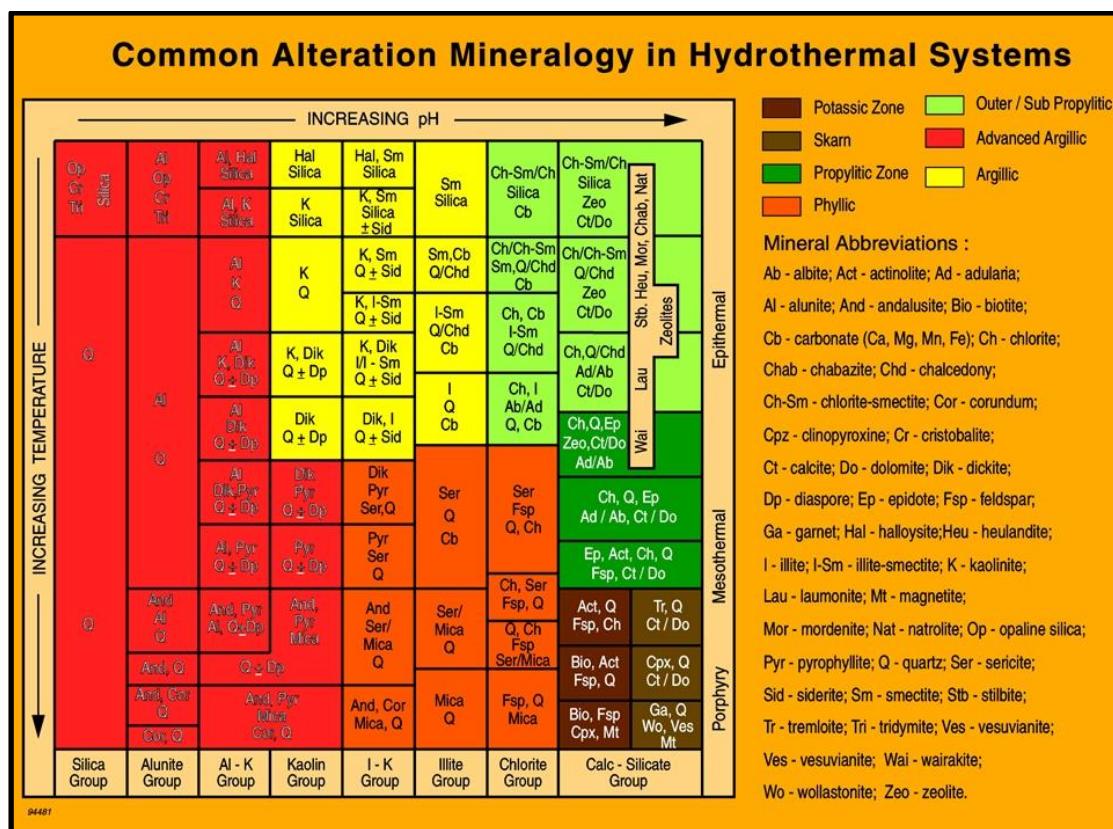
**Gambar 2.3.** Model sifat kekar dan urat kuarsa (Purwanto, H.S.,2002). Kekar tarikan (1a), kekar tekanan (1b), urat kuarsa tarikan (2a), urat kuarsa tekanan (2b), urat kuarsa tekanan membentuk penebalan dan penipisan (2c).

Menurut Corbett and Leach (1998) dalam Purwanto,H.S., (2002), didasarkan pada tatanan tektonik dan level erosi pada sistem hidrotermal, maka sistem bukaan cebakan dapat dibedakan menjadi beberapa, yaitu:

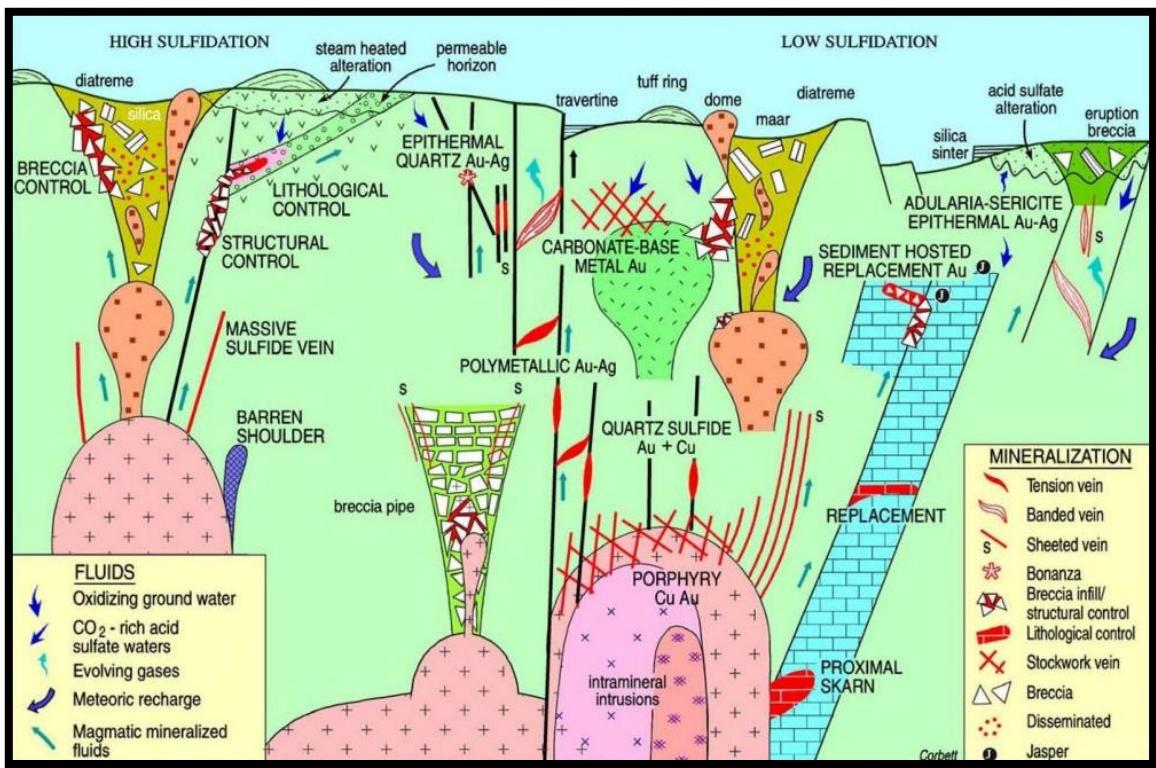
1. *Splays* atau *horsetail* yang berkembang disepanjang struktur sesar relatif. Pada daerah ini merupakan agent utama terjadinya intrusi porpiri.
2. *Tension Fracture*, terbentuk sebagai bukaan dibatuan induk yang terletak diantara sesar *strike-slip* dan umumnya mempunyai orientasi bergantung dengan gaya (*stress*) utama. *Tension fracture* ini merupakan faktor dominan terjadinya sistem urat emas-perak. Karakteristik tercermin bahwa panjang dari kekar tarik akan berakhir sepanjang arah sesar.
3. *Jogs*, terbentuk sebagai *bends* yang melintasi sepanjang struktur dan dipisahkan dengan kekar tarik. Hanya beberapa cebakan terjadi pada daerah *jogs* ini.
4. *Hanging wall splits*, terbentuk pada kemiringan zona sesar terutama pada sesar turun atau kemiringan perlapisan batuan yang terpotong oleh kemiringan bidang sesar.
5. *Pull-apart basin*, yang terbentuk sebagai *parallelogram* yang terletak diantara 2 jalur sesar.
6. *Domes*, terbentuk pada batuan dasar yang terisi oleh larutan hidrotermal pada sistem urat mineralisasi.
7. *Sheeted fracture*, terbentuk pada lingkungan porpiri atau porpiri yang berhubungan dengan lingkungan breksi.



Gambar 2.4. Rekahan diatas pada sistem tekanan orthogonal (Corbett and Leach., 1998)



Gambar 2.5. Kumpulan Alterasi dan himpunan mineral dalam sistem hidrotermal (Corbett and Leach., 1998)



**Gambar 2.6** Konseptual sistem aliran fluida dan model endapan epitermal Au serta endapan porfiri Au-Cu di lingkungan sirkum Pasifik. (G. J. Corbett dan T. M. Leach, 1996).

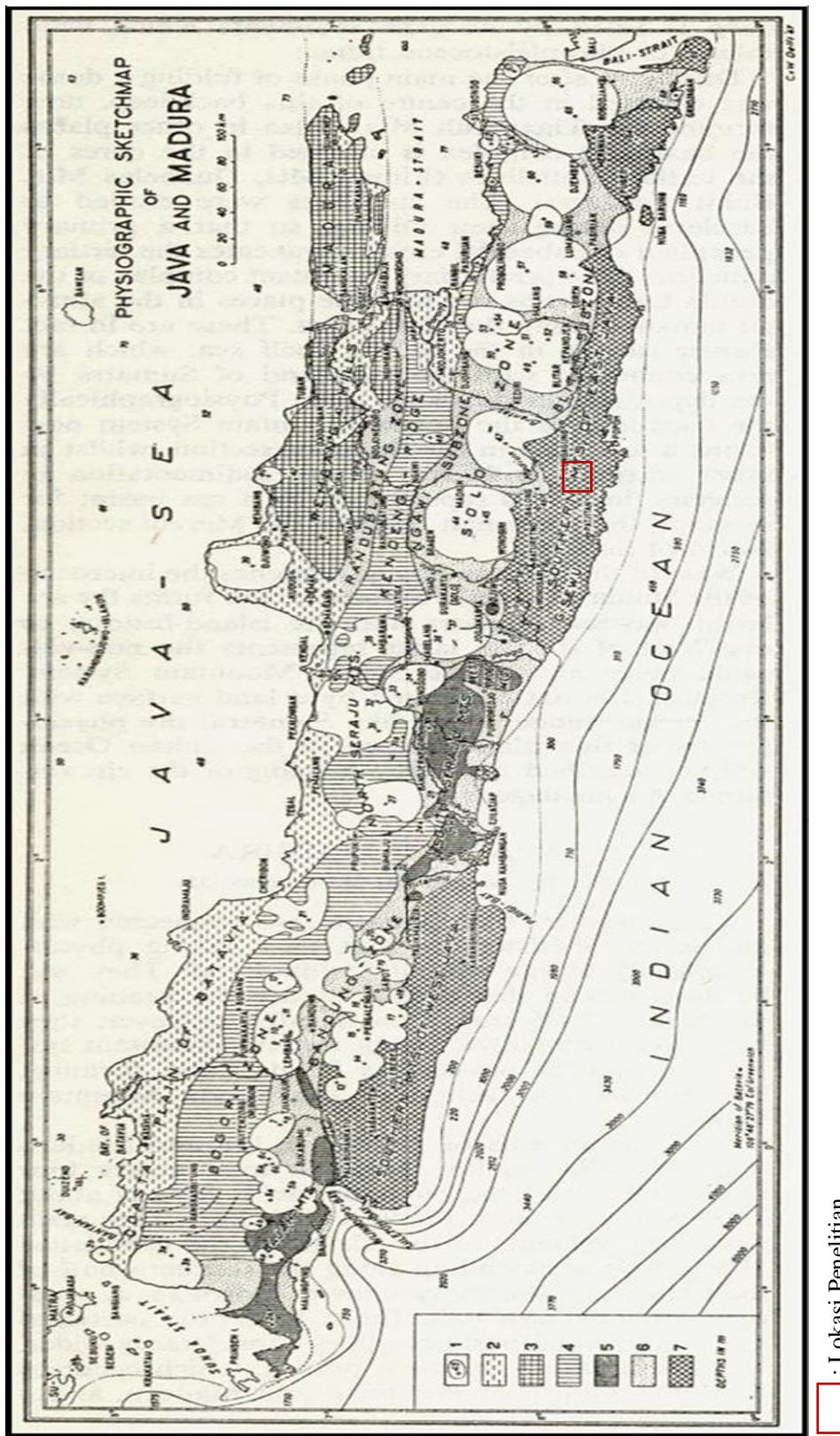
## **BAB 3**

### **GEOLOGI REGIONAL**

#### **3.1 Fisiografi**

Menurut van Bemmelen (1949) fisiografi Jawa Timur dibagi menjadi lima zona dari utara ke selatan (**Gambar 3.1**):

1. Zona Rembang, zona ini meliputi pantai utara Jawa yang membentang dari Tuban ke arah timur melalui Lamongan, Gresik, dan hampir keseluruhan Pulau Madura. Zona Rembang merupakan sikuen Eosen-Pliosen termasuk endapan tepi-paparan seperti sedimen klastik laut dangkal dan karbonat yang luas. Zona ini mempunyai satu sesar utama *ENE-WSW* yang membatasi tinggian (Tinggian Rembang) dan banyak terorientasi Timur - Barat.
2. Zona Depresi Randublatung, berupa zona yang datar yang diapit oleh dua zona perbukitan (Zona Rembang dan Zona Kendeng) yang membentang dari Cepu, Dander, Ngimbang, Wonokromo, dan Surabaya.
3. Zona Kendeng, merupakan deposenter utama pada Eosen-Miosen di Jawa Timur mengandung sedimen *pelagic* dan sikuen vulkanogenik yang tebal. Sekarang merupakan jalur sesar naik berarah Timur-Barat
4. Zona Solo, Zona depresi Jawa merupakan sebuah depresi lipatan sinklin yang berbatasan di utara dengan Zona Kendeng. Morfologi datar dengan sedikit undulasi.
5. Zona Pegunungan Selatan, berada di bagian selatan Pulau Jawa. Terdiri dari batuan volkanik berumur Oligo-Miosen dan endapan karbonat. Memanjang dari selatan Jawa Timur hingga Jawa Barat bagian selatan.



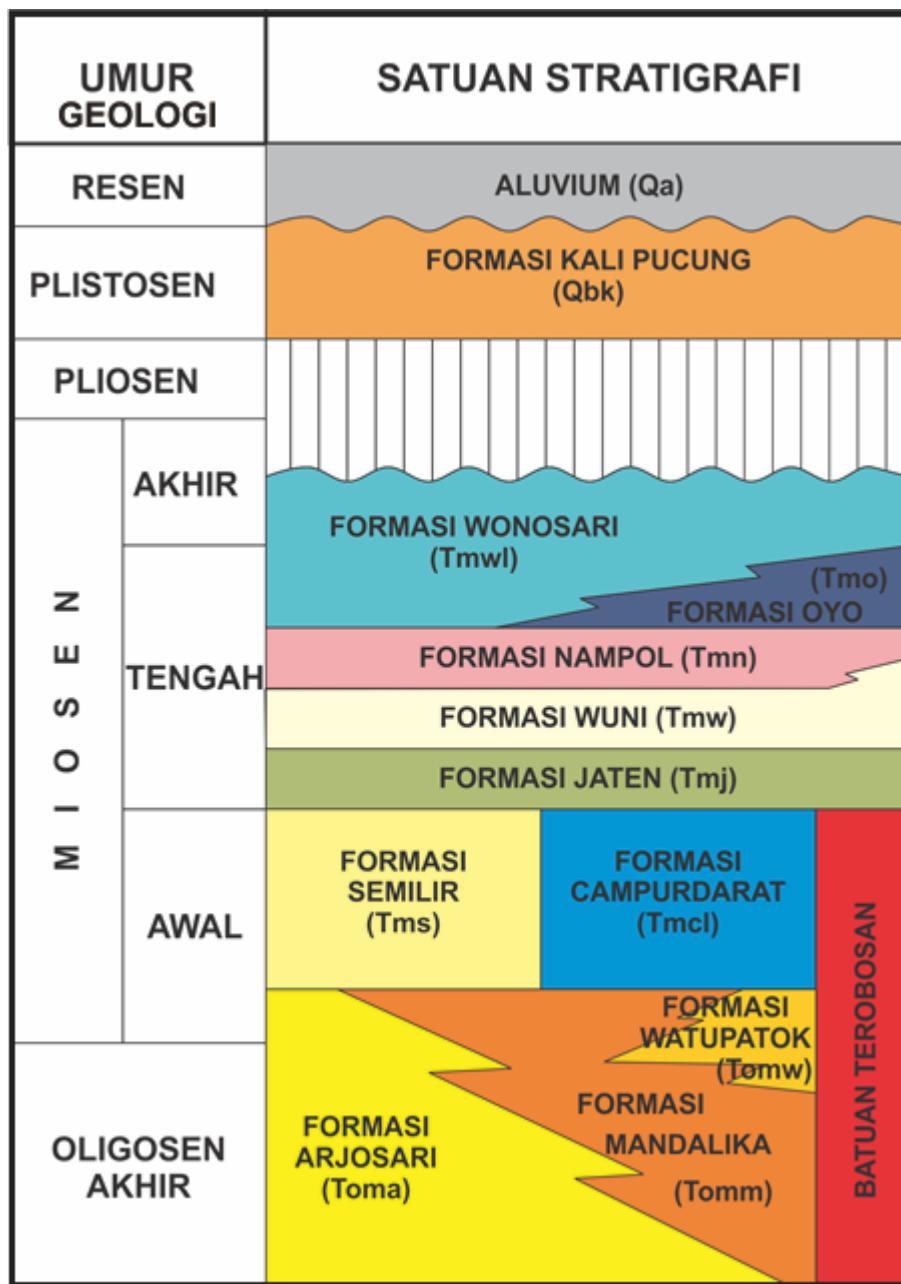
Gambar 3.1. Sketsa peta fisografi Pulau Jawa dan Madura

□ : Lokasi Penelitian

### **3.2 Stratigrafi Pegunungan Selatan Jawa Timur**

Sebagian besar batuan yang tersingkap di Zona Pegunungan Selatan Jawa Timur berumur Neogen sampai dengan Kuarter. Batuan gunungapi dengan komposisi material vulkanik dan Batugamping mendominasi pada zona tersebut diatas. Urutan batuan disusun berdasarkan penampang stratigrafi rinci melalui beberapa lintasan terpilih dan disajikan dalam sebuah kolom stratigrafi (**Gambar 3.2.**)

Nama Formasi Andesit Tua pertama kali dipakai oleh (Varbeek dan Fennema, 1986), yaitu untuk batuan gunungapi bersusunan andesit-basalt yang berumur Oligosen-Miosen atau Miosen Awal. Penamaan satuan yang tidak tepat ini dipakai secara luas di Sumatra dan Jawa, yaitu untuk satuan yang memisahkan endapan Paleogen dengan Neogen. Zona Pegunungan Selatan di Jawa Timur pada umumnya merupakan blok yang terangkat dan miring ke arah selatan. Batas utaranya ditandai escarpment yang cukup kompleks. Lebar maksimum Pegunungan Selatan ini 55 km di sebelah selatan Surakarta, sedangkan sebelah selatan Blitar hanya 25 km. Diantara Parangtritis dan Pacitan merupakan tipe karts (kapur) yang disebut Pegunungan Seribu atau Gunung Sewu, dengan luas kurang lebih 1400 km<sup>2</sup>. Sedangkan antara Pacitan dan Popoh selain tersusun oleh batugamping (limestone) juga tersusun oleh batuan hasil aktifitas vulkanis berkomposisi asam-basa antara lain granit, andesit dan dasit (Van Bemmelen, 1949).



Gambar 3.2. Kolom Stratigrafi Pegunungan Selatan Jawa Timur (Samodra, dkk., 1992)

Stratigrafi regional Zona Pegunungan Selatan Jawa Timur menurut Hanang Samodra, dkk. (1992), dari tua ke muda terdiri dari:

### **3.2.1. Formasi Arjosari**

Termasuk dalam endapan tertua yang tersingkap di Pegunungan Selatan bagian timur, merupakan endapan turbidit atau sedimen yang dipengaruhi oleh gejala pelengseran bawah laut yang berselingan dengan batuan gunungapi. Formasi ini pada bagian bawah terdiri dari litologi breksi anekabahan berupa batupasir, batupasir tufan, batulempung, napal pasiran, dan batulempung gampingan ; bersisipkan breksi batuapung dan batugamping. Bagian atasnya berselingan dengan breksi gunungapi, lava dan tuf. Umur Formasi Arjosari berdasarkan fosil foraminefera besar dan kecil adalah Oligosen Akhir sampai Miosen Awal dan mempunyai hubungan menjari terhadap Formasi Mandalika (Samodra dkk, 1990).

### **3.2.2 Formasi Mandalika**

Formasi ini merupakan batuan gunungapi bersisipan batuan klastik (gunungapi) yang terendapkan dilingkungan laut dangkal dan terdiri dari litologi bagian bawah Formasi yaitu, perulangan breksi gunungapi, lava dan tuf ; bersisipan batupasir tufan, batulempung dan breksi anekabahan. Keatas, sedimen klastiknya berkurang, sehingga bagian tengah dari Formasi ini disusun oleh perulangan breksi gunung api dan lava, bersisipan batulempung. Dan bagian atas Formasi ini dikuasai oleh lava bantal bersisipan breksi basalt dan batulempung tufan. Formasi ini ditrobos oleh dasit, andesit, dan basalt yang sebagian berupa retas andesit – basalt. Umur Formasi Mandalika ini berdasarkan kedudukan menjari terhadap Formasi Arjosari diperkirakan juga berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal (Samodra dkk, 1990).

### **3.2.3 Batuan Terobosan**

Dalam urutan stratigrafi regional yang diajukan oleh Samodra dkk, (1990), bahwa keterdapatannya batuan-batuhan terobosan yang menerobos batuan dari formasi-formasi

diatas tersebut, berupa dasit, andesit, basal dan diorit berbentuk stock, retas dan setempat-setempat memberikan kenampakan seperti *volcanic neck* dan berarah timurlaut – baratdaya serta mempengaruhi sedimen turbidit dan batuan gunungapi yang berumur Oligosen Akhir – Akhir Miosen Awal dari Formasi Arjosari-Mandalika. Batuan terobosan ini mengakibatkan terubahnya batuan yang ditrobos tersebut menjadi batuan malihan berderajat rendah, dan sumber mineralisasi pada batuan yang diterobos dan batuan terbosannya sendiri. Umur batuan yang diterobos pada umumnya berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal, jadi diperkirakan batuan terobosan telah berlangsung dari umur Oligosen Akhir – Permulaan Miosen tengah dikarenakan Formasi yang lebih muda (Formasi Jaten, Formasi Wuni, Formasi Oyo, Formasi Wonosari) tidak terpengaruh.

### 3.2.4 Formasi Jaten

Formasi Jaten terdiri dari litologi batupasir kuarsa, batulempung, betulempung karbonan, batubara dan sisipan tipis batupasir gampingan. Ketebalan total dari Formasi Jaten mencapai 142 meter. Fosil golongan moluska yang dijumpai gastropoda dan pelecypoda, fosil foraminifera bentik kecil yang dijumpai adalah *Marsupulina schultzei*, *Rotalia* sp., *Parrina bradyi*, *Elphidium* sp., *Quinqueloculina* sp. dan *Hormosina globulifera*, menunjukkan lingkungan transisi yang dipengaruhi oleh laut. Fosil foraminifera besar yang dijumpai adalah *Lepydocyclina*, fosil foraminifera planktonik yang dijumpai adalah *Orbulina universa*, *Orbulina bilobata*, *Globigerina praebuloides*, *Hastigerina bermudezi*, *Globigerinoides trilobus*, *Globorotalia siakensis*, *Globoquadrina altispira*, berumur N9 (Miosen Tengah). Berdasarkan hasil analisa porositas pada litologi batupasir dan batulanau Formasi Jaten, diperoleh kisaran harga porositas 13 – 35 %. Harga porositas pada tiap – tiap sub fasies memperlihatkan perbedaan nilai yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan pengendapan dan model sebarannya.

### **3.2.5. Formasi Wuni**

Penyusun Formasi ini terdiri dari breksi agglomerat berselingan dengan batupasir tufan berbutir kasar dan batulanau, terdapat batugamping terumbu koral pada bagian atas. Umur berdasarkan fauna koral adalah Miosen Bawah. Menurut tim Lemigas Formasi Wuni ini berumur N9 – N12 (Miosen Tengah) didasarkan atas ditemukannya *Globorotalia siakinesis*, *Globigerinoides tribolus* dan *Globorotalia praebuloides*. Ketebalan Formasi Wuni di daerah Punung berkisar 150 – 200 meter. Memiliki hubungan selaras dengan Formasi Jaten dan selaras pula di bawah Formasi Nampol. Kesebandingan umur Formasi Wuni ini adalah setara dengan Formasi Nglanggran.

### **3.2.6 Formasi Nampol**

Formasi Nampol adalah satuan yang terdiri dari kumpulan batuan klastik kasar hingga halus, bersisipan batuan gunungapi dan lignit. Litologi bagian bawah satuan ini disusun oleh perulangan batupasir tufan, batulanau dan batulempung, bersisipan breksi gunungapi, batupasir konglomeratan dan lignit. Bagian atasnya lebih bersifat gampingan, terdiri dari perulangan batupasir, batulanau, batulempung : bersisipan tuf dan lignit.

Formasi ini terbentuk di lingkungan laut dangkal yang berdekatan dengan daerah peralihan, tebal seluruh satuan kurang dari 100 m. Diduga berumur Miosen Tengah. Formasi Nampol di Lembar Tulungagung bersentuhan langsung secara menjemari dengan Formasi Campurdarat yang berumur Miosen Awal.

### **3.2.7. Formasi Oyo**

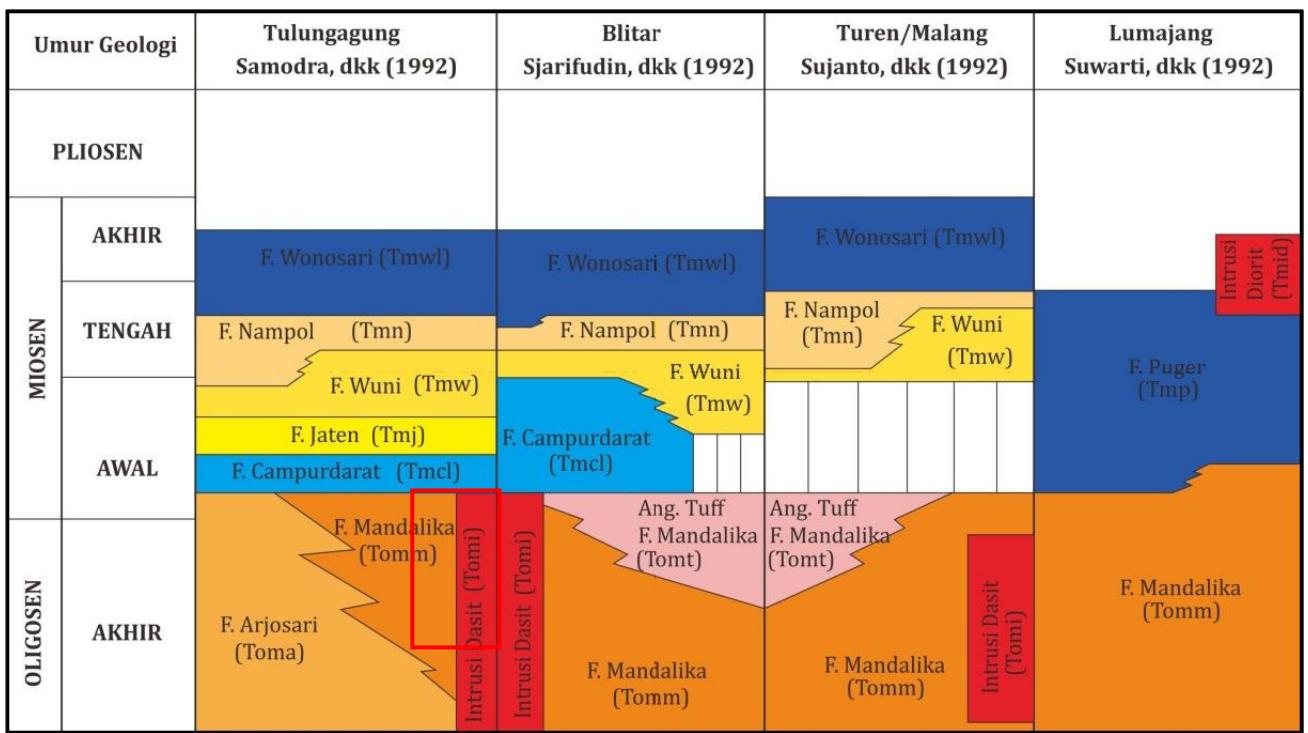
Formasi Oyo pertama kali dikenalkan oleh Bothe (1929) dengan wilayah tipe di Sungai Oyo, Gunungkidul. Berdasarkan runtutan batuannya formasi ini dapat dibandingkan dengan anggota – anggota Formasi Punung yang berfasies tufan sebagaimana diusulkan oleh Sartono (1964).

Formasi Oyo adalah satuan dari kumpulan batugamping klastik yang pembentukannya dipengaruhi oleh kegiatan gunungapi. Litologi satuan ini terdiri dari batupasir tufan, batupasir gampingan, batulanau gampingan, batugamping pasiran,

batugamping konglomeratan : bersisipan tuf pasian, napal dan batugamping terumbu. Bagian bawah satuan ini umumnya bersifat tufan, semakin keatas unsur tufannya berkurang dan berubah menjadi gampingan penuh. Berdasarkan kandungan foraminifera kecil plankton, Formasi Oyo diperkirakan berumur Miosen Tengah. Formasi ini terbentuk di lingkungan laut dengan kedalaman antara 20 – 100 m atau neritik pinggir hingga neritik tengah (Tipsword, dkk. 1966). Formasi Oyo menindih selaras Formasi Nampol. Bagian atas yang cendrung berubah fasies dari klastik tufan menjadi batugamping menunjukkan bagian atas Formasi Oyo menjemari dengan Formasi Wonosari.

### **3.2.8 Formasi Wonosari**

Formasi Wonosari ini oleh Surono dkk., (1992) dijadikan satu dengan Formasi Punung yang terletak di Pegunungan Selatan bagian timur karena di lapangan keduanya sulit untuk dipisahkan, sehingga namanya Formasi Wonosari – Punung. Formasi ini tersingkap baik di daerah Wonosari dan sekitarnya, membentuk bentang alam Subzona Wonosari dan topografi karts Subzona Gunung Sewu. Ketebalan formasi ini diduga lebih dari 800 meter. Kedudukan stratigrafinya di bagian bawah menjemari dengan Formasi Oyo, sedangkan di bagian atas menjemari dengan Formasi Kepek. Formasi ini didominasi oleh batuan karbonat yang terdiri dari batugamping berlapis dan batugamping terumbu. Sedangkan sebagai sisipan adalah napal. Sisipan tuf hanya terdapat di bagian timur. Berdasarkan kandungan fosil foraminifera besar dan kecil yang melimpah, diantaranya *Lepidocyclina* sp. dan *Miogypsina* sp., ditentukan umur formasi ini adalah Miosen Tengah hingga Pliosen. Lingkungan pengendapannya adalah laut dangkal (zona neritik) yang mendangkal ke arah selatan (Surono dkk, 1992).



  : Stratigrafi daerah penelitian

**Gambar 3.3.** Kolom Stratigrafi lembar Tulungagung, Samodra, dkk., (1992), Blitar, Sjarifudin, dkk., (1992), Turen, Sujanto, dkk., (1992), dan Lumajang, Suwarti, dkk., (1992)

### **3.3. Struktur Geologi Regional**

Secara regional di pulau Jawa terdapat tiga arah pola struktur yang dominan (Pulunggono dan Soejono, 1994). Pertama, pola struktur berarah Timur laut-Barat daya (arah Meratus), terbentuk pada umur Kapur Akhir-Eosen Awal. Kedua, pola struktur berarah Utara-Selatan (arah Sunda), terbentuk pada umur Eosen Awal-Oligosen Awal. Ketiga, pola struktur berarah Barat-Timur (arah Jawa), terbentuk pada umur Oligosen Akhir oleh gaya kompresi dari tunjaman di bagian selatan pulau Jawa. Hasil analisis citra satelit dan anomali gaya berat di zona Pegunungan Selatan memperlihatkan adanya pola sesar berarah Barat laut-Tenggara dan Timur laut-Barat daya yang saling berpotongan dan membentuk huruf “V” serta diduga merupakan sesar-sesar dalam yang sampai ke permukaan (Sudrajat dan Untung, 1975, dalam Nahrowi dkk, 1978). Di daerah Pacitan dan sekitarnya merupakan tempat pertemuan kedua sesar tersebut dan sekaligus membatasi daerah tinggian yang umumnya ditempati oleh Formasi Arjosari dan Formasi Mandalika dengan daerah rendahan yang umumnya ditempati oleh Formasi Jaten, Formasi Wuni, Formasi Nampol dan Formasi Punung (Nahrowi dkk, 1978) .

### **3.4. Tektonik Regional**

Bukti *thrusting* di Jawa Timur Selatan tidak terlalu jelas dibandingkan dengan Jawa Barat. Batuan berumur Eosen – Miosen relatif tersingkap dengan baik dibagian selatan, namun batuan yang seumuran di bagian utara tidak tersingkap. (Hall dkk, 2002).

Jawa bagian timur berdasarkan pola struktur utamanya merupakan daerah yang unik karena wilayah ini merupakan tempat perpotongan dua struktur utama, yakni antara struktur arah Meratus yang berarah timurlaut-baratdaya dan struktur arah Sakala yang berarah timur-barat (Pertamina-BPPKA, 1996; Sribudiyani dkk., 2003 dalam Prasetyadi, 2007) (**Gambar 3.5**). Arah Meratus lebih berkembang di daerah lepas pantai Cekungan Jawa Timur, sedangkan arah Sakala berkembang sampai ke daratan Jawa bagian timur (Prasetyadi, 2007).

Struktur geologi di daerah Pegunungan Selatan bagian timur berupa perlapisan homoklin, sesar, kekar dan lipatan. Struktur utama yang berkembang di Daerah

Pegunungan Selatan Bagian Timur ini terutama adalah sesar mendatar yang kemungkinan besar struktur inilah yang menimbulkan banyak dijumpai alterasi di daerah ini.

### 3.4.1 Periode Akhir Kapur – Awal Tersier (70 – 35 Ma)

Fase tektonik awal terjadi pada Mesozoikum ketika pergerakan lempeng Australia ke arah timur laut yang menghasilkan subduksi di bawah *Sunda Microplate* sepanjang *suture* Jawa - Meratus, dan diikuti oleh fase pemekaran selama Paleogen ketika serangkaian *horst* dan *graben* kemudian terbentuk. Proses magmatisme yang terjadi pada akhir Kapur dapat dikenali dari timur laut Sumatra melalui Jawa hingga bagian tenggara Kalimantan (**Gambar 3.4**).

Kapur Atas – Eosen Awal, fragmen benua yang dilepaskan dari super benua Gondwana di selatan, mengapung ke arah timur laut mendekati daerah subduksi. Kehadiran *allochthonous microcontinents* di wilayah Asia Tenggara telah diamati dan dilaporkan oleh banyak penulis. Dimulainya *rifting* serta pelamparannya berasosiasi dengan pergerakan sepanjang sesar regional yang telah ada sebelumnya dalam fragmen kontinental. Bagian *basement* kontinen mempengaruhi arah cekungan di Sumatra dan Jawa.

Aktivitas tektonik tersebut menghasilkan rangkaian gunung api aktif pada selatan-tenggara sundaland yang menjadi *magmatic-arc* pada saat itu, lalu pada bagian belakang dari magmatic arc berkembang menjadi *back-arc basin* yang berupa cekungan laut dalam yang diisi oleh material vulkanik klastik dari busur magmatic tersebut. Tetapi di bagian barat laut-utara dari *magmatic-arc* yang merupakan bagian tepi dari sundaland yang stabil berkembang menjadi cekungan blakang busur yang lebih angkal yang mendapat suplai sedimen hasil erosi *sundaland*.

### 3.4.2 Periode Oligosen – Miosen Awal (35 – 20 Ma)

Pada Awal Oligosen sudut kemiringan subduksi bertambah menyebabkan pengurangan kecepatan lempeng Australia ke utara, diperlambat dari 18 cm / tahun hingga hanya 3 cm (Hall, 2002), dan secara umum pengangkatan terjadi diseluruh Daratan Sunda bagian Tenggara. Erosi dan amblasan lokal sepanjang jejak sesar yang ada menghasilkan endapan *terrestrial* dan transisi. Selama periode ini, inversi

cekungan terjadi karena konvergensi Lempeng Hindia menghasilkan rezim tektonik kompresi di daerah “depan busur” Sumatra dan Jawa. Sebaliknya, busur belakang merupakan subjek pergerakan *strike-slip* utara-selatan yang dominan sepanjang sesar utara-selatan yang telah ada (**Gambar 3.4**).

Selama periode ini, Laut Cina Selatan telah mengalami proses pemekaran lantai samudra. Konvergensi dari lempeng Hindia ke arah Utara dapat terlihat pada rezim tektonik kompresi pada wilayah depan busur Sumatra dan Jawa menyebabkan inversi cekungan. Pergerakan Lempeng Hindia dengan Mikrokontinen Sunda telah menjadi stabil pada 5 – 6 cm / tahun (Hall, 2002).

### 3.4.3 Periode Miosen Tengah – Miosen Akhir (20 – 5 Ma)

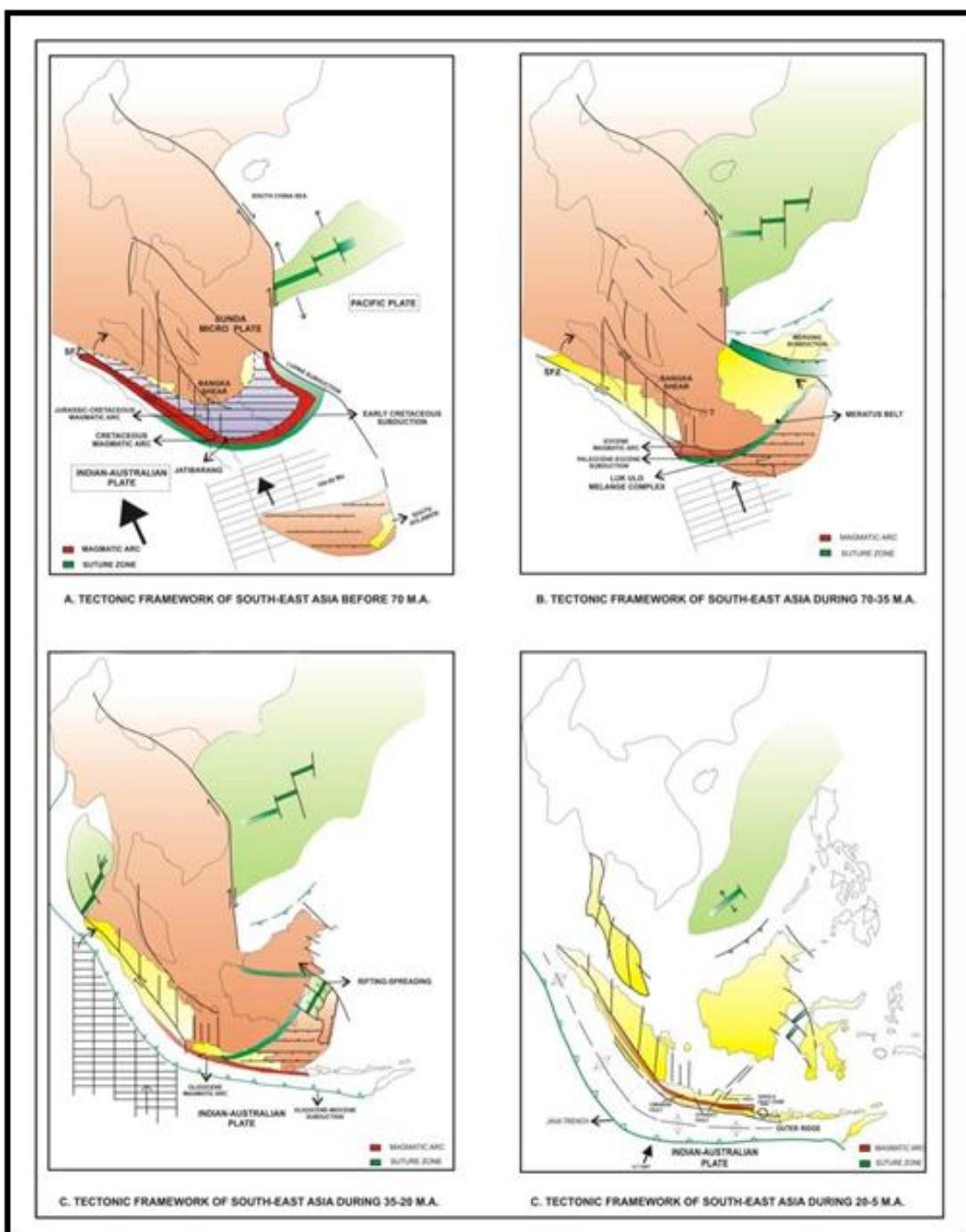
Pergerakan ke arah selatan dari lempeng Hindia–Australia mengambil alih, seiring dengan berkembangnya aktivitas magmatisme yang melingkupi hampir di seluruh dataran pulau Jawa. Pada bagian utara, berkembang cekungan belakang busur, yang dibagi lagi menjadi beberapa sub-cekungan, dan dipisahkan oleh tinggian *basement* yang dikontrol oleh blok – blok sesar pada *basement* (**Gambar 3.4**).

Pengaktifan kembali sepanjang sesar tersebut menghasilkan mekanisme *transtension* dan *transpression* yang berasosiasi dengan sedimentasi turbidit dibagian yang mengalami penurunan. Namun demikian, di bagian paling timur Jawa Timur, *basement* dominan berarah Timur-Barat, sebagaimana dapat diamati dengan baik yang mengontrol Palung Kendeng dan juga Palung Madura. Bagian *basement* berarah Timur – Barat merupakan bagian dari fragmen benua yang menjadi dasar dan sebelumnya tertransport dari selatan dan bertubrukan dengan *Sundaland* sepanjang *Suture* Meratus. Tektonik kompresi yang diakibatkan subduksi ke arah utara telah mengubah sesar *basement* barat – timur menjadi pergerakan sesar mendatar, dalam periode yang tidak terlalu lama (Manur dan Barraclough, 1994). Kenaikan muka air laut selama periode ini, menghasilkan pengendapan sedimen klastik didaerah rendahan, dan *carbonate build up* pada tinggian yang membatasi.

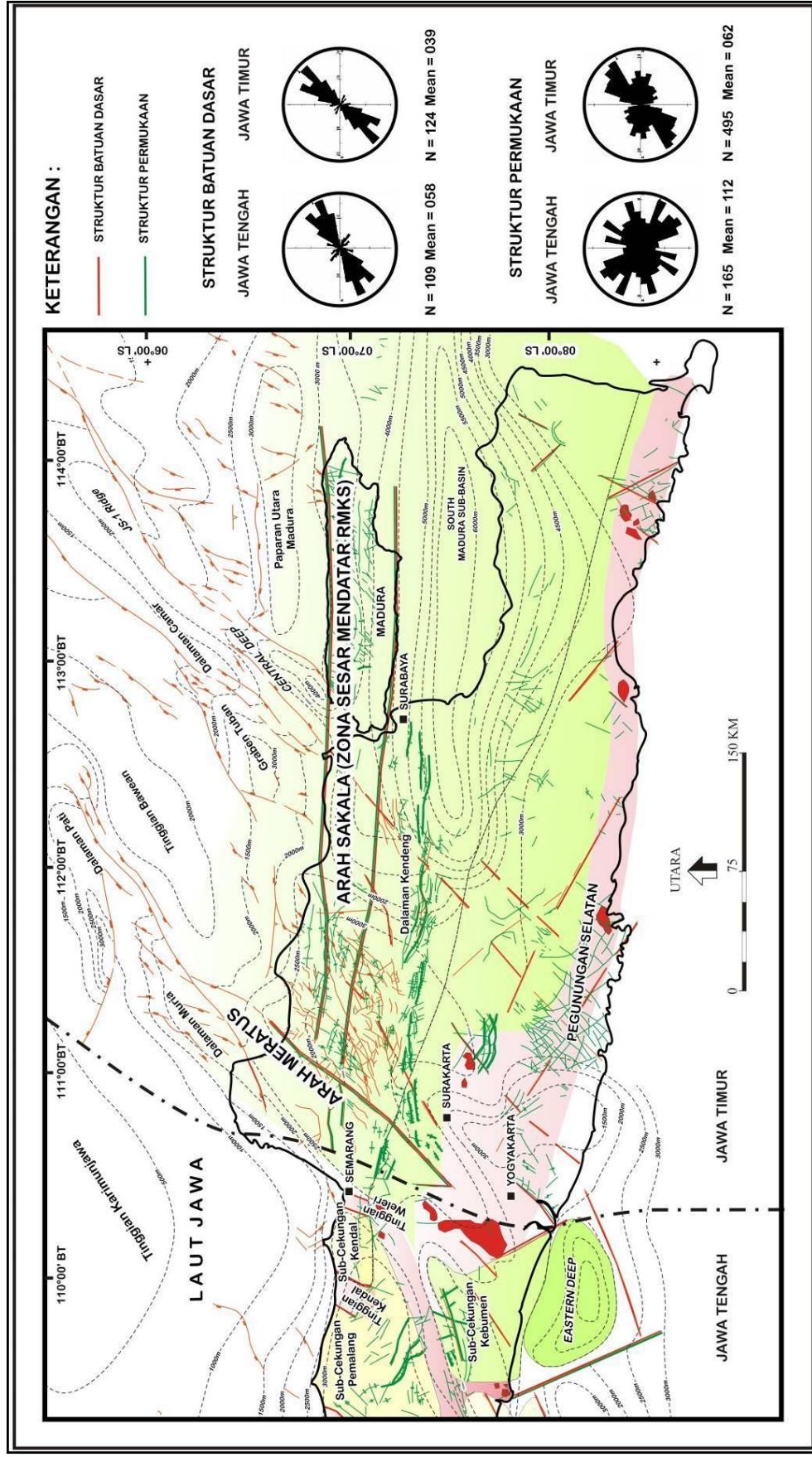
Kompresi kedua mulai selama Akhir-Awal Miosen, terbentuk hingga puncak pada Awal-Tengah Miosen. Tegangan menjadi lebih kuat selama peristiwa ini,

menghasilkan inversi graben-graben Paleogen (**Gambar 3.4**). Pengangkatan dari tinggian yang mengapit meningkatkan pasokan sedimen klastik berasal dari inti *basement*, dengan pasokannya yang menutup sembulan *carbonate reef*. Efek penurunan muka air laut eustasi selama Miosen Tengah hingga Akhir meningkatkan erosi dan pasokan rombakan klastika asal darat menjadi tersebar luas di seluruh Laut Jawa bagian timur.

Pada Miosen Akhir *rift* yang awalnya berarah barat-timur mengalami rotasi menjadi orientasi timurlaut – baratdaya sebagai sesar mendatar, oleh adanya pengaruh kompresi berarah utara-timurlaut yang disebabkan oleh subduksi Lempeng Wharton ke bawah Lempeng Sunda di bawah Jawa. Fase pergerakan tektonik ini menghasilkan struktur-struktur di Cekungan Jawa Timur Utara yang ada saat ini (**Gambar 3.5**).



**Gambar 3.4** Kerangka tektonik Asia Tenggara sebelum 70 M.A hingga 5 M.A.  
(Sribudiani dkk. 2003)



**Gambar 3.5** Arah pola struktur Jawa bagian timur (modifikasi dari Sribudiyani dkk. 2003)

## **BAB 4**

### **GEOLOGI DAERAH GANDUSARI DAN SEKITARNYA**

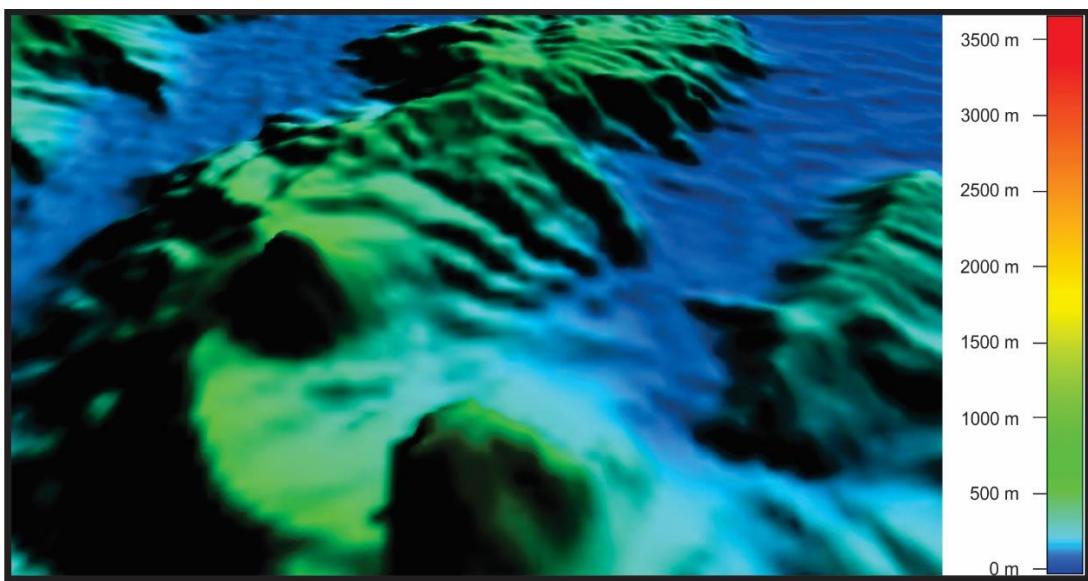
#### **4.1. Geomorfologi**

##### **4.1.1 Morfologi Umum**

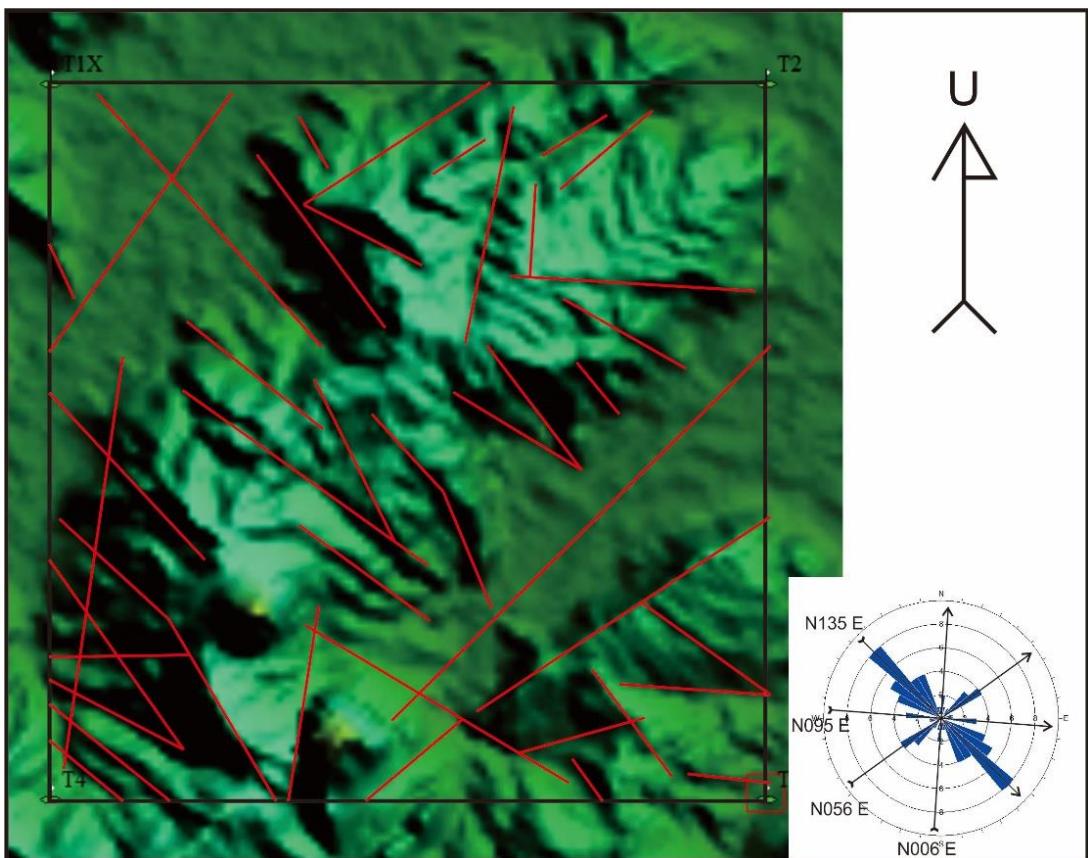
Secara administratif daerah penelitian berada di Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Secara fisiografi termasuk dalam Zona Pegunungan Selatan Jawa Timur (Van Bemmelen, 1949). Berdasarkan kenampakan peta topografi dan citra SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) bagian barat laut daerah penelitian terdiri dari perbukitaan bergelombang dengan kelurusinan kontur relatif barat laut – tenggara dan semakin ke selatan berbelok menjadi timur laut – barat daya, sedangkan pada bagian tengah hingga ke timur daerah penelitian masih perbukitan bergelombang dengan arah relatif timur laut – barat daya. ( **Gambar 4.1 dan 4.2** ). Dari hasil pengamatan di lapangan perbukitan tersebut memiliki tingkat bergelombang sedang hingga kuat dengan kemiringan lereng miring hingga sangat curam. Lokasi terendah pada daerah penelitian mencakup Desa Gandusari, Kecamatan Gandusari, dan Desa Watulimo, Kecamatan Watulimo dengan ketinggian 100 mdpl, sedangkan daerah tertinggi yaitu bukit Suwur berada di daerah Watuagung, Kecamatan Watulimo dengan ketinggian 850 mdpl. Pola morfologi cenderung dikontrol oleh adanya struktur, terutama pensesaran, lipatan, dan intrusi.

Keberadaan struktur sesar di daerah penelitian dicirikan oleh kelurusinan bukit dan lembah. Kenampakan gejala sesar berupa kelurusinan punggungan, bukit, dan sungai dengan arah relatif baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya, serta pembelokan sungai dan punggungan secara tiba – tiba. Sedangkan Intrusi pada lokasi penelitian dicirikan dengan relief topografi bukit yang menjulang tinggi dengan kelerengan yang sangat curam.

Hasil analisa kelurusinan morfologi melalui citra DEM SRTM , didapati arah umum dengan arah N 135°E dan N 056°E, yang kemudian arah ini dapat di tafsirkan sebagai arah kelurusinan dari struktur geologi terutama struktur sesar.



**Gambar 4.1.** Kenampakan tiga dimensi daerah penelitian dan sekitarnya yang menunjukkan morfologi perbukitan bergelombang serta kelurusan-kelurusan bukit dan lembah yang terpotong oleh suatu kelurusan lembah, yang mengindikasikan suatu kontrol struktur geologi berupa sesar (Sumber: Citra Satelit SRTM, 2007).



**Gambar 4.2 .** Interpretasi kelurusan lembah daerah penelitian dan sekitarnya disertai dengan hasil plotting arah kelurusan pada diagram roset. (Sumber: CitraSatelit SRTM, 2007).

Secara umum pola morfologi daerah penelitian cenderung dikontrol oleh litologi dan struktur geologi berupa sesar dan kekar. Beberapa morfologi pegunungan bergelombang kuat – sedang tersusun oleh batuan dengan resistensi tinggi seperti batuan beku (diorit) dan breksi. Sedangkan morfologi berupa pegunungan bergelombang lemah dan disusun oleh litologi dengan resistensi sedang-lemah dominan berupa batuan vulkanik seperti breksi-vulkanik, lava, batupasir-vulkanik, juga batu gamping. Sebagian besar morfologi yang berupa pegunungan juga dikontrol oleh struktur sesar dan kekar sehingga memperlihatkan adanya kelurusan pada punggungan dan lembah-lembahnya. Bentukan pola lereng serta topografi daerah penelitian sebagian besar membentuk pola berupa cekungan dan cembung.

#### 4.1.2 Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian

Secara regional daerah penelitian termasuk dalam Zona Pegunungan Selatan bagian timur yang berupa Pegunungan dimana tersusun oleh litologi beraneka ragam seperti batuan beku, batuan sedimen klastik, non-klastik, dan memiliki kenampakan morfologi dataran – pegunungan yang merupakan cerminan batuan gunung api berumur Oligosen dan sebagian batu gamping berumur Miosen awal.

Berdasarkan analisa peta topografi dan citra SRTM pola pengaliran dan didukung oleh hasil pengamatan lapangan dengan berbasis klasifikasi Van Zuidam (1983) dan Verstappen (1985), maka daerah penelitian dapat dibagi menjadi 3 bentukan asal dan 5 bentuklahan (**Lampiran 3**), yaitu:

1. Bentukan asal struktural: satuan bentuklahan perbukitan struktural (S1), satuan bentuklahan lereng homoklin (S2)
2. Bentukan asal fluvial: satuan bentuklahan dataran aluvial (F1), satuan bentuklahan tubuh sungai (F2)
3. Bentukan asal vulkanik: satuan bentuklahan bukit intrusi (V1),

##### 4.1.2.1 Bentukasal Stuktural

###### Bentuklahan Perbukitan Struktural (S1)

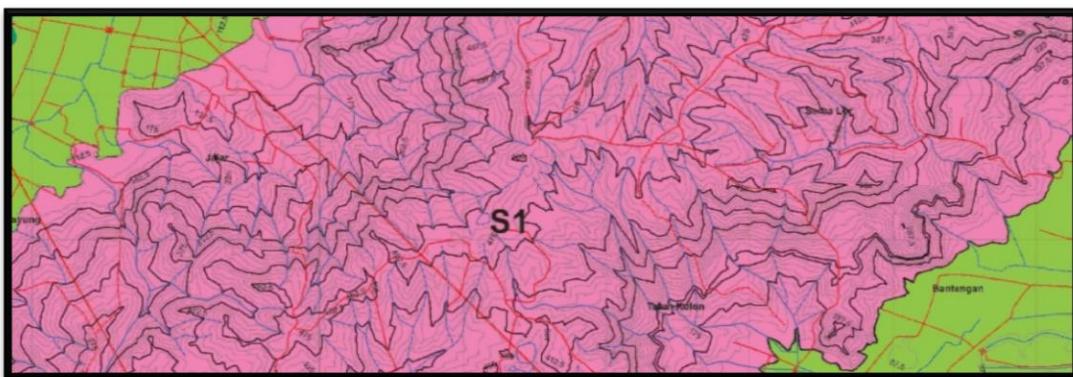
1. Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas kumpulan bukit dan lembah dengan lereng berbentuk cekung (**Gambar 4.3**). Secara morfometri perbukitan

ini berlereng miring - curam dengan perbedaan elevasi elevasi 112,5 – 550 mdpl. Bentuk lembah relatif V.

2. Aspek morfogenesa terdiri atas:

- a. Secara morfostruktur aktif kedudukan lapisan saling berlawanan membentuk lipatan dengan arah kedudukan barat laut tenggara, dan dikontrol oleh sesar.
- b. Secara morfostruktur pasif berdasarkan pola kontur, maka di interpretasikan, susunan batuan berupa sedimen klastik berbutir sedang- sangat kasar, dan batugamping.
- c. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh proses pelapukan dan erosi.

Berdasarkan data diatas didapatkan bentuklahan struktural yaitu perbukitan struktural. Didapatkan lembah yang berbentuk V dan mengalir pada *bedrock stream*. Pola pengaliran yang berkembang berupa sub-dendritik dan multibasinal. Bentuklahan ini juga sangat dipengaruhi oleh struktur yang berkembang yakni kekar dan sesar. Dengan litologi berupa batuan sedimen gunung api berbutir sedang – sangat kasar dan batugamping. (**Gambar 4.4**).



**Gambar 4.3.** Kenampakan pola kontur bentuklahan perbukitan struktural pada daerah penelitian

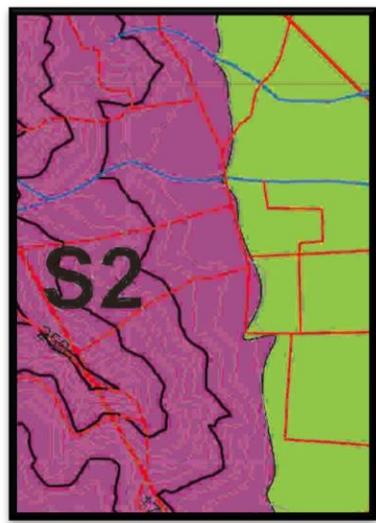


**Gambar 4.4** Kenampakan morfologi bentuklahan perbukitan struktural berada di Desa Pakel bentangalam diambil tepi lereng hutan pinus perhutani Desa pakel, arah kamera N 115 E (S1).

#### Bentuklahan Lereng Homoklin (S2)

1. Aspek morfologi: secara morfografi terdiri dari lereng berbentuk cembung berorientasi barat laut - tenggara (**Gambar 4.5**). Secara morfometri lereng ini landai - agak curam dengan perbedaan elevasi elevasi 112,5 – 250 mdpl. Bentuk lembah relatif V.
2. Aspek morfogenesa terdiri atas:
  - a. Secara morfostruktur aktif kedudukan lapisan cenderung berarah strike barat laut – tenggara dan dikontrol oleh sesar.
  - b. Secara morfostruktur pasif berdasarkan pola kontur, maka diinterpretasi disusun oleh batuan sedimen klastik berbutir sedang - sangat kasar.
  - c. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh proses pelapukan dan erosi.

Berdasarkan data diatas didapatkan bentukan asal struktural dengan bentuklahan berupa Lereng Homoklin. Didapatkan pola lereng yang memanjang dari barat laut – tenggara dengan kedudukan yang seragam cenderung berarah timur laut - barat daya dengan arah dip ke tenggara pola aliran yang berkembang yakni berupa pola aliran sub-dendritik. Bentuklahan ini juga sangat dipengaruhi oleh struktur yang berkembang yakni kekar dan sesar. Dengan litologi berupa batuan sedimen gunung api berbutir sedang – sangat kasar. (**Gambar 4.6**).



**Gambar 4.5.** Kenampakan pola kontur bentuklahan lereng homoklin pada daerah penelitian



**Gambar 4.6.** Kenampakan morfologi bentuklahan lereng homoklin berada di Desa Wonorejo, arah kamera N 280 E (S2).

#### **4.1.2.2 Bentukasal Fluvial**

Bentukasal fluvial berkaitan erat dengan aktifitas sungai dan air permukaan yang berupa pengikisan, pengangkutan, dan penimbunan pada daerah-daerah rendah seperti lembah, dan dataran aluvial. Proses penimbunan bersifat meratakan dari daerah-daerah cekung, sehingga umumnya bentuk asal fluvial mempunyai relief yang rata atau datar.

##### **Bentuklahan Dataran Aluvial (F1)**

1. Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas lembah yang memanjang dengan arah timur laut- barat daya (**Gambar 4.7**). Secara morfometri lembah ini mempunyai kelerengan datar dengan perbedaan elevasi 100-112.5 mdpl. Bentuk lembah relatif menyerupai U.
2. Aspek morfogenesa terdiri atas:
  - a. Secara morfostruktur pasif disusun oleh material lepas hasil rombakan dari batuan asal.
  - b. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh erosi, pelapukan dan pengendapan.

Berdasarkan data di atas, maka dapat ditentukan sebagai satuan bentuklahan dataran aluvial. Bentuklahan ini dalam asumsi memiliki resistensi lemah yang dipengaruhi oleh air, proses fluviatil masih terus berlangsung pada bentuklahan ini. Litologi penyusun bentuklahan ini adalah material lepas hasil rombakan batuan asal yang tertransport oleh aliran air sungai (**Gambar 4.8**).



**Gambar 4.7.** Kenampakan pola kontur bentuklahan dataran aluvial pada daerah penelitian

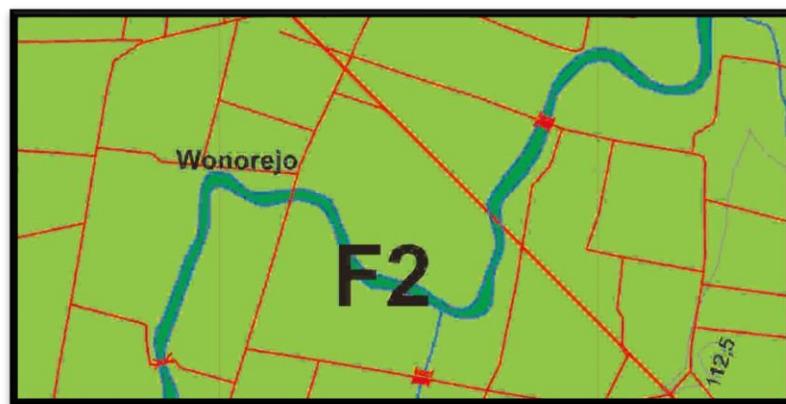


**Gambar 4.8.** Kenampakan morfologi bentuklahan dataran aluvial berada di Desa Ngrayung, arah kamera N 190 E (F1).

### Bentuklahan Tubuh Sungai (F2)

1. Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas lembah yang memanjang dengan arah timur laut- barat daya (**Gambar 4.9**). Secara morfometri lembah ini mempunyai kelerengan bergelombang. Bentuk lembah relatif menyerupai U.
2. Aspek morfogenesa terdiri atas:
  - a. Secara morfostruktur pasif disusun oleh material lepas hasil rombakan dari batuan asal.
  - b. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh erosi, pelapukan dan pengendapan.

Berdasarkan data di atas, maka dapat ditentukan sebagai satuan bentuklahan tubuh sungai. Bentuklahan ini dalam asumsi memiliki resistensi lemah yang dipengaruhi oleh air, proses fluviatil masih terus berlangsung pada bentuklahan ini, dari kenampakan peta topografi terdapat indikasi adanya sesar dari pola kerapatan kontur dan bentukan tubuh sungai yg berbelok. Tubuh sungai pada daerah penelitian termasuk jenis *aluvial stream*. Litologi penyusun bentuklahan ini adalah material lepas hasil rombakan batuan asal yang tertransport oleh aliran air sungai ( **Gambar 4.10** ).



**Gambar 4.9.** Kenampakan pola kontur bentuklahan tubuh sungai pada daerah penelitian



**Gambar 4.10.** Kenampakan morfologi bentuklahan tubuh sungai berada di Desa Wonorejo, arah kamera N 10 E (F2).

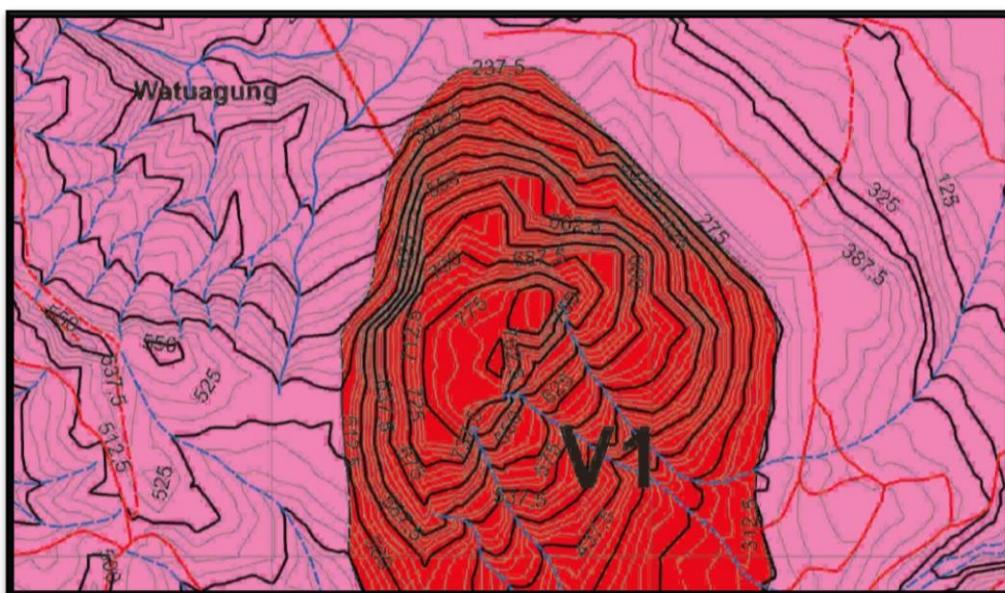
#### 4.1.2.3 Bentukasal Vulkanik

##### Bentuklahan Bukit Intrusi

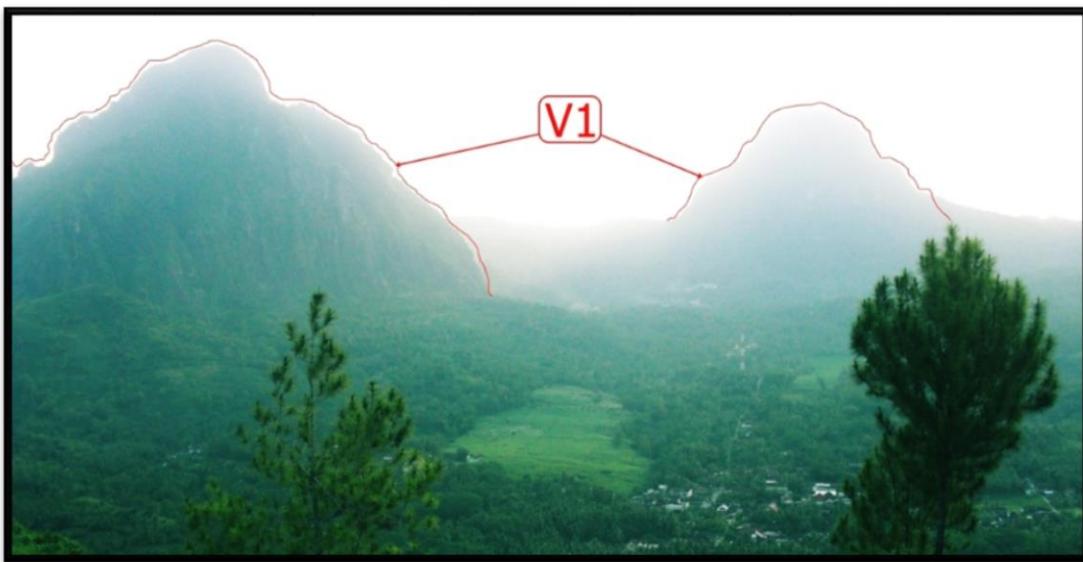
1. Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas bukit (**Gambar 4.11**). Secara morfometri kelerengan sangat curam dengan kisaran elevasi 275 - 825 mdpl.
2. Aspek morfogenesa terdiri atas:
  - a. Secara morfostruktur pasif disusun oleh batuan terobosan berupa diorit yang membentuk tinggian.

- b. Secara morfostruktur dinamik dipengaruhi oleh erosi sedang dan pelapukan yang rendah.
3. Aspek morfoasosiasi: bentuklahan ini berasosiasi dengan pegunungan dan perbukitan.

Berdasarkan data di atas, maka dapat ditentukan sebagai satuan bentuklahan bukit intrusi. Dapat dilihat pada kenampakan kontur yang rapat dan berpola lingkarang besar dan didukung oleh kenampakan lapangan yang didapati berupa bukit yang menjulang tinggi dan mempunyai litologi batuan beku. (**Gambar 4.12**).



**Gambar 4.11.** Kenampakan pola kontur bentuklahan bukit intrusi (V1) pada daerah penelitian.



**Gambar 4.12.** Kenampakan morfologi bentuklahan bukit intrusi berada di Desa Watuagung, arah kamera N 210 E (V1).

**Tabel 4.1** Karakteristik bentuklahan daerah penelitian berdasarkan penulis (2016).

Satuan Geomorfik \ Aspek Geomorfologi	Bukit Intrusi (V1)	Perbukitan Struktural (S1)	Lereng Homoklin (S2)	Dataran Aluvial (F1)	Tubuh Sungai (F2)
Morfologi	<b>Morfografi</b> Bukit intrusi dengan pola menyebar bere lief curam ekstrem dengan luasan 10%	Perbukitan begelombang sedang - sangat kasar dengan luasan 50%	Lereng yang bergelombang sedang dengan luasan 9%	Lembah yang besar dan menjadi dataran, dengan luasan 30%	Lembah yang dialiri sungai besar dengan luasan 1%
	<b>Kelerengan</b> Berupa bukit dengan tingkat kemiringan sangat curam - curam ekstrem	Secara umum kemiringan lereng agak miring - sangat curam	Kemiringan lereng, sedikit miring-agak curam	Kemiringan lereng datar	Secara keseluruhan berupa cekungan
	<b>Pola lereng</b> Secara umum mengarah kesegala arah dan menjulang ke atas (525 m)	Secara umum mengarah kesegala arah berpola lurus sampai kompleks (100m-500m)	Lereng secara umum memanjang dan barat laut - tenggara dan memiliki pola yang lurus (100 m - 150 m)	Secara umum pola lereng mengarah ke timur laut - barat daya	Secara umum mengarah ke segala arah dan memiliki pola lereng yang cekung (25m - 35m)
	<b>Relief</b> 300 m - 850 m	112,5 m - 550 m	112,5 m - 250 m	112,5	100 m - 112,5 m
	<b>Pola pengaliran</b> Sub-dendritik	Sub-dendritik	Sub-dendritik	Sub-dendritik	Sub-dendritik
	<b>Bentuk lembah</b> V	U - V	V	U	U
Morfogenesa	<b>Morfo struktur aktif</b> —	Kekar,vein-sesar	Kekar,vein-sesar	—	—
	<b>Morfo struktur pasif</b> Diorit	Breksi vulkanik - Batugamping	Breksi vulkanik	Breksi vulkanik	Breksi vulkanik
	<b>Morfo struktur dinamik</b> Tingkat pelapukan sedang dan erosi sedang	Tingkat pelapukan sedang dan erosi sedang - kuat	Tingkat pelapukan sedang dan erosi sedang	Tingkat pelapukan kuat dan erosi sedang	Tingkat pelapukan sedang dan erosi kuat
<b>Morfo asosiasi</b>	Perbukitan			Dataran	Sungai

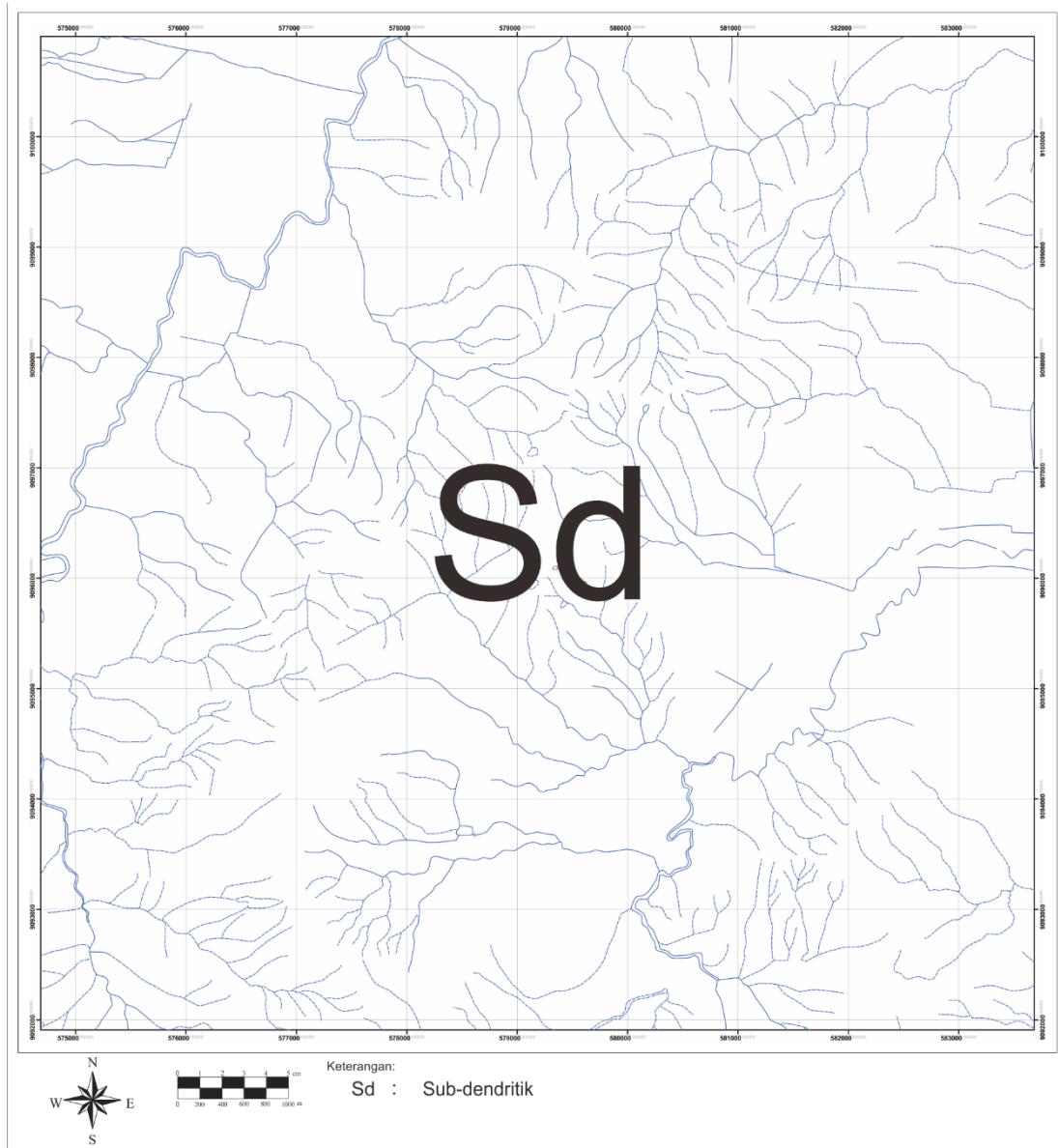
Klasifikasi menurut modifikasi Van Zuidam (1983)

Berdasarkan interpretasi pola pengaliran, peta rupa bumi, citra DEM SRTM dan kajian bentuklahan, maka dapat diketahui kaitan antara geomorfologi dan kondisi geologi di daerah penelitian, yaitu:

1. Batuan beku diorit yang menyusun satuan bentuklahan bukit intrusi pada bagian tengah, dicirikan dengan pola kontur yang rapat, membulat, dengan pola aliran sub-dendritik.
2. Sedimen klastika berbutir halus – sangat kasar, dan batugamping menyusun satuan bentuklahan perbuitan struktural pada bagian utara – selatan, dan tenggara daerah penelitian, dicirikan dengan pola kontur yang menunjukkan pola bukit yang saling berdekatan, pola lereng yang mengarah ke berbagai arah dan pola aliran beragam (sub-dendritik, multibasinal).
3. Batuan sedimen klastika berbutir sedang - sangat kasar menyusun satuan bentuklahan lereng homoklin pada bagian barat laut daerah penelitian, dicirikan dengan pola kontur yang memanjang barat laut – tenggara menunjukkan pola kelurusan dan dialiri oleh sungai yang secara umum membentuk pola sub-dendritik.
4. Material lepas menyusun satuan bentuklahan dataran aluvial dan tubuh sungai pada daerah penelitian, dicirikan dengan pola kontur yang sangat renggang dan didukung oleh adanya tubuh sungai sebagai tempat terjadinya proses *fluviatil* yang membawa material ini.

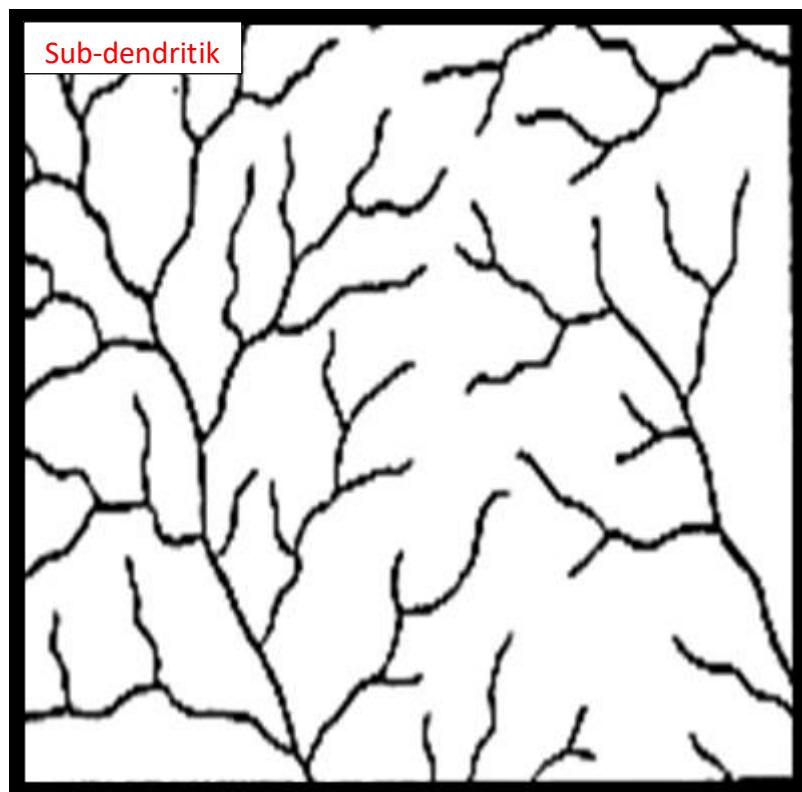
#### 4.1.3 Pola Pengaliran

Pola pengaliran adalah rangkaian aliran sungai pada zona lemah dimana terjadi erosi secara aktif, serta daerah rendahan tempat air permukaan mengalir (Howard, 1967). Pola pengaliran sungai pada daerah penelitian berdasarkan pengamatan dari Kecendrungan atau kesamaan dari beberapa obyek sungai yang teramat melalui pengamatan tidak langsung baik peta topografi maupun citra SRTM pada lokasi penelitian, sehingga dapat di dapatkan pola pengaliran sub-dendritik. (**Gambar 4.13**).



**Gambar 4.13.** Peta pola pengaliran daerah penelitian

Klasifikasi pola pengaliran menurut Howard (1967) adalah seperti pada Gambar 4.14.



**Gambar 4.14.** Pola pengaliran dasar (Howard., 1967)

1. Pola pengaliran sub-dendritik merupakan ubahan dari pola pengaliran dendritik yang membentuk percabangan menyerupai ranting pohon dimana anak sungai berbentuk tidak teratur. Pola pengaliran ini berkembang akibat pengaruh topografi yang miring, struktur, serta litologi penyusunnya. Pola pengaliran ini tersebar paling luas pada daerah penelitian, membentang dari utara hingga selatan.

#### **4.2. Stratigrafi Daerah Gandusari dan Sekitarnya**

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisis laboratorium, penulis membagi daerah penelitian menjadi beberapa satuan litostratigrafi dengan urutan dari tua ke muda sebagai berikut: **Gambar 4.15**

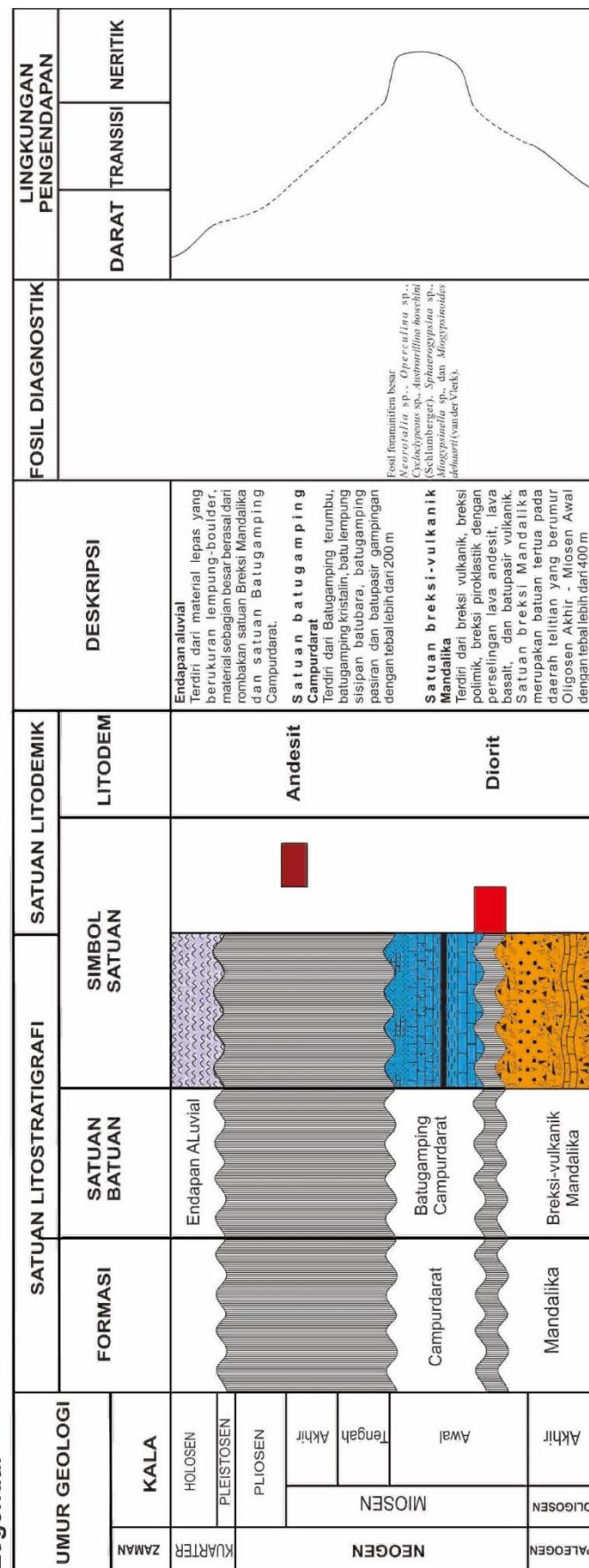
1. Satuan breksi-vulkanik Mandalika
2. Satuan Diorit
3. Satuan batugamping Campurdarat

4. Satuan Andesit
5. Endapan Alluvial

Penamaan satuan batuan tersebut berdasarkan pada ciri - ciri (karakter) litologi, meliputi tekstur, struktur batuan dan komposisi mineral serta kesamaan ciri litologi dominan yang ada pada daerah penelitian. Sebagian besar, daerah penelitian disusun oleh batuan-batuan vulkanik, intrusi dan batugamping. Hubungan stratigrafi antar satuan ditentukan berdasarkan posisi stratigrafi dan gejala – gejala stratigrafi yang dijumpai selama di lapangan.

Dalam penentuan umur, penulis mengacu kepada yang membahas umur satuan pada Formasi Mandalika, Formasi Campurdarat, yaitu Samodra., dkk (1990), serta didasarkan peninjauan dari rekontruksi pada peta geologi penulis.

### Legend:



Gambar 4.15. Kolom stratigrafi daerah Gandusari dan sekitarnya, oleh penulis (2016)

#### **4.2.1 Satuan breksi-vulkanik Mandalika**

Satuan breksi-vulkanik Mandalika merupakan breksi-vulkanik yang terdiri dari litologi breksi-vulkanik, batupasir-vulkanik, breksi-polimik, lava andesit dan lava basalt.

##### **4.2.1.1 Penamaan**

Penamaan satuan breksi-vulkanik Mandalika pada daerah penelitian merupakan penamaan satuan batuan yang tidak resmi, hal ini dikarenakan pelamparan yang tidak sempurna di daerah penelitian ataupun dikarenakan luasan daerah penelitian yang tidak cukup untuk menggambarkan urutan stratigrafi Formasi Mandalika secara lengkap. Penamaan satuan didasarkan atas keterdapatannya litologi yang mendominasi daerah penelitian yaitu berupa litologi berbasis material vulkanik.

##### **4.2.1.2 Ciri litologi**

Satuan breksi-vulkanik Mandalika secara umum tersingkap baik pada kali ngasinan di Desa, Pakel, Kec. Kampak. Bagian bawah sampai bagian tengah merupakan perulangan antara lava dan breksi-vulkanik komposisi fragmen basalt, andesit, dan matriks batupasir yang sebagian sudah terubah dengan jenis ubahan propilitik. Sedangkan pada bagian atas satuan ini disusun oleh breksi-vulkanik disisipi dengan batupasir-vulkanik berstruktur perlapisan dan breksi piroklastik dengan komposisi fragmen batupasir tufan, basal, andesit. Dibeberapa lokasi terdapat barubara sebagai fragmen didalamnya. Sebagian dari satuan ini teralterasi propilitik.

Breksi-vulkanik, berwarna coklat kehitaman yang mengalami pelapukan dan abu-abu dalam kondisi segar, ukuran fragmen kerikil – berangkal (2-256mm) terdiri dari basal, andesit, matriks batupasir ukuran halus - kasar (1/8 -1mm) menyudut tanggung- membundar tanggung, terpilah buruk, kemas terbuka, masif (**Gambar 4.16**).

Breksi-polimik, berwarna coklat yang mengalami pelapukan dan abu-abu dalam kondisi segar, ukuran fragmen kerikil – berangkal (2-256mm) terdiri dari andesit, batugamping, matriks batupasir ukuran halus - kasar (1/8 -1mm) menyudut

tanggung- membundar tanggung, terpilah buruk, kemas terbuka, masif (**Gambar 4.16**).

Breksi-piroklastik mengandung komponen aneka bahan dominan berupa batuan beku, *tuff*, serta batupasir pada beberapa tempat, dengan masa dasar tuf pasiran, berwarna abu – abu hingga coklat muda, masif, ukuran komponen berbutir pasir sampai dengan berangkal, memiliki bentuk fragmen menyudut sampai menyudut tanggung, mempunyai kemas tertutup dan terbuka (**Gambar 4.18** ).

*Tuff*, ukuran butir ash (1-1/4mm), menyudut, komposisi mineral yaitu mineral sialis kuarsa, hornblende, perlapisan sejajar (**Gambar 4.18**).

Lava andesit, berwarna hitam yang mengalami pelapukan dan berwarna abu-abu yang masih segar, derajat kristalisasi hipokristalin, afanitik, euhedral-subhedral, inequigranular vitroverik, komposisi mineral kwarsa, biotit, horblende dan masa dasar, vesikuler (**Gambar 4.20**). Lava basal, berwarna hitam Kecoklatan yang mengalami pelapukan dan berwarna hitam yang masih segar, derajat kristalisasi hipokristalin, afanitik, subhedral - anhedral, inequigranular vitroverik, komposisi mineral piroksen, biotit, horblende dan masa dasar, skoria (**Gambar 4.22**).

Batupasir-vulkanik dengan warna lapuk coklat tua, warna segar abu-abu, pasir halus (1/4-1/8mm), terpilah buruk, menyudut tanggung, kemas tertutup, dengan komposisi mineral fragmen berupa kuarsa, plagioklas, hornblende, *tuff* dengan semen silika, struktur sedimen perlapisan sejajar (**Gambar 4.23** ).

Hasil pengamatan secara mikroskopis pada contoh batuan yang diambil dari lokasi pengamatan LP 12, 125, 64, dan 26.

Pada LP 12 diambil *sample* batuan untuk disayat, *sample* berupa matriks breksi-vulkanik. Batuan sedimen klastik ataupun vulkanoklastik memiliki ciri pemerian berwarna hitam Kecoklatan, didukung matriks, kemas tertutup, dengan komposisi matriks sebagai berikut Lithik batuan beku; mineral opak; mineral oksida (s); plagioklas; kuarsa; mineral mafik; *mud/matrix*. *Lithic (volcanic) wacke* (**Gambar 4.17**).

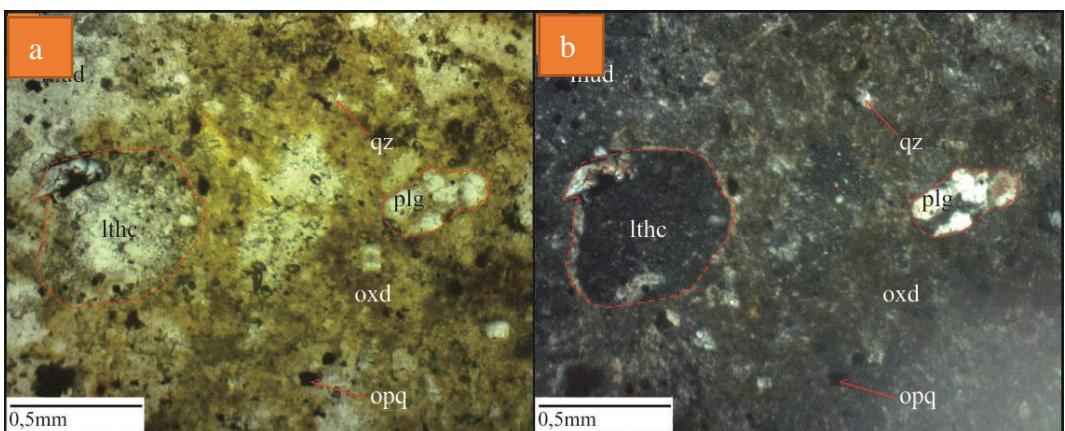
Pada LP 125 menunjukan bahwa *tuff* yang merupakan batuan sedimen klastik berwarna hijau keabu-abuan, berkomposisi: Gelas vulkanik; lithik (batuan vulkanik); kristal (plagioklas, mineral opak, kuarsa, piroksen); klorit (s); mineral oksida (s), *Poorly welded*, teralterasi lemah. ***Vitric tuff* (Gambar 4.19).**

Pada LP 64 menunjukan bahwa lava yang berkomposisi Plagioklas; piroksen; mineral opak; masa gelas; klorit (s); epidot (s); mineral opak (s); mineral oksida (s); alkali; terubah propilitik, Porfiritik; mineral opak kubik diduga pirit, teralterasi lemah. ***Andesit piroksen* (Gambar 4.21).**

Pada LP 26 dilakukan pengambilan *sample* batuan berupa matriks breksi-vulkanik. Komposisi matriks sebagai berikut: Lithik batuan beku (umumnya andesit); mineral opak; klorit (s); plagioklas; mineral mafik; *mud/matrix*; *Grain supported*, teralterasi lemah. ***Lithic (volcanic) arenite* (Gambar 4.24).**



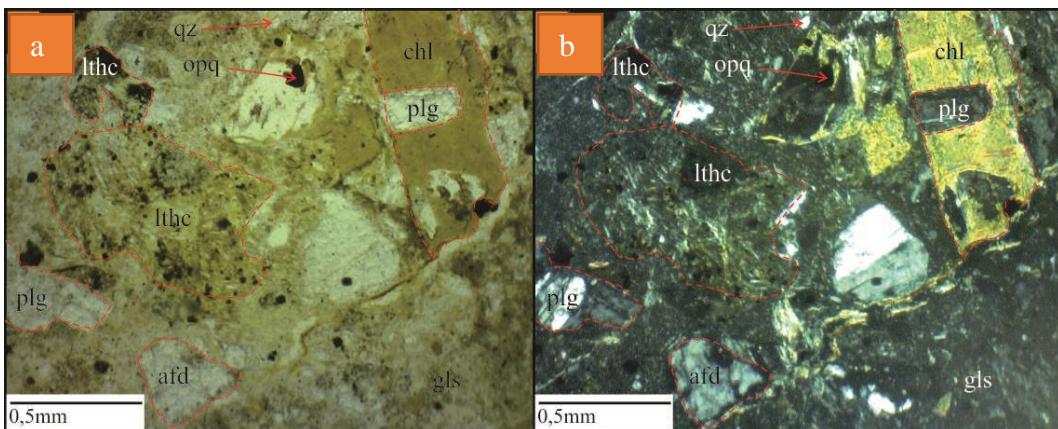
**Gambar 4.16.** (a) Foto singkapan dan foto parameter singkapan breksi-vulkanik di LP 12, arah kamera N 040°E. (b) Foto parameter fragmen basal, andesit dan batupasir-vulkanik. (c) Foto parameter fragmen berupa breksi singkapan batupasir-vulkanik. (d) Foto parameter fragmen andesit dan basal.



**Gambar 4.17.** (a) Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) matriks breksi-vulkanik (*Lithic (volcanic) wacke*) di LP 12.



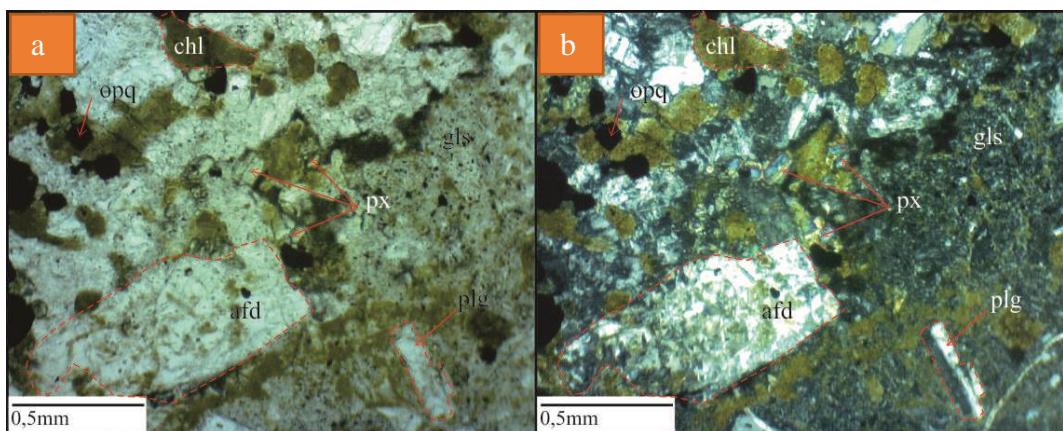
**Gambar 4.18.** (a) Foto *close up* dari singkapan. (b) Foto singkapan dan foto parameter singkapan breksi piroklastik dan *tuff* di LP 125, arah kamera N007°E. (c) Foto parameter *tuff*.



**Gambar 4.19.** Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) *tuff* (*Vitric tuff*) di LP 125.



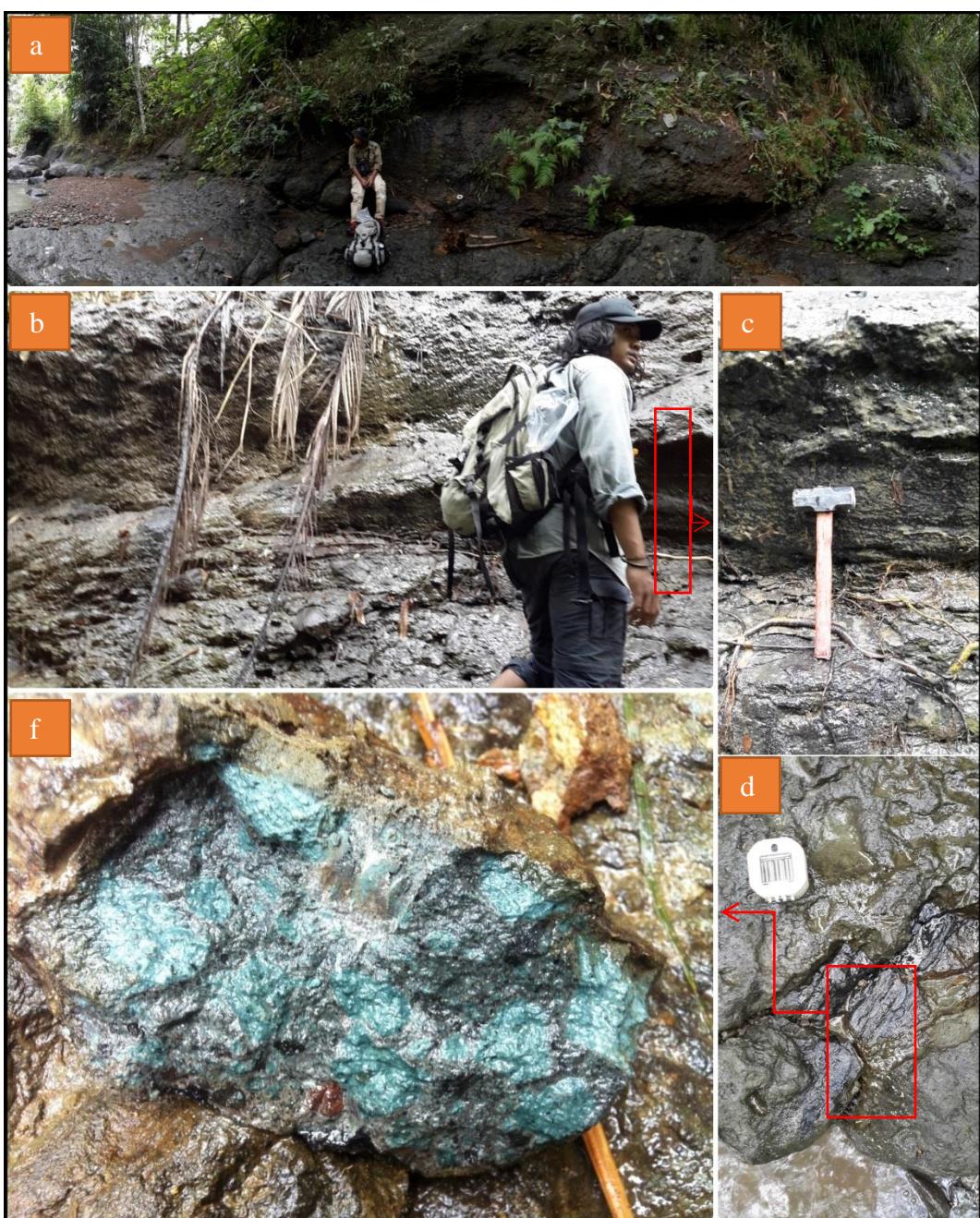
**Gambar 4.20.** (a) Foto singkapan dan foto parameter singkapan lava andesit di LP 64, arah kamera N 330°E. (b) Foto parameter.



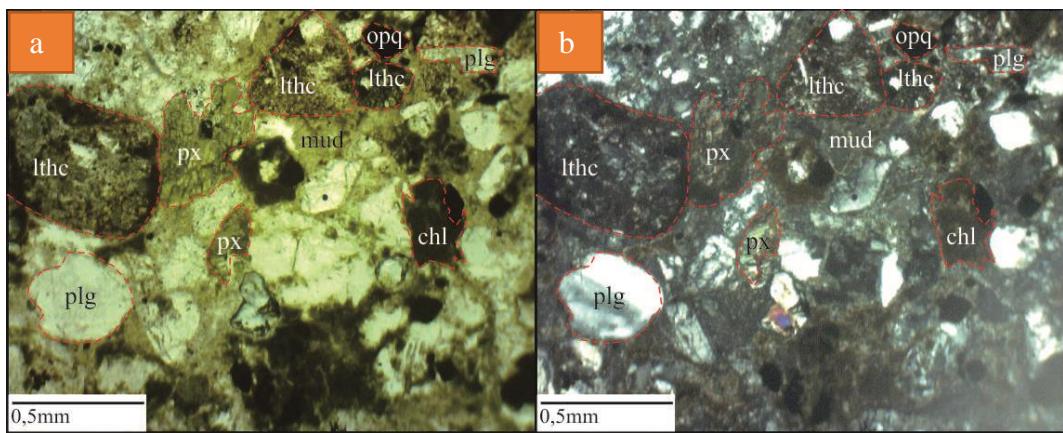
**Gambar 4.21.** Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) lava andesit (*Andesit piroksen teralterasi lemah*) di LP 64.



**Gambar 4.22.** (a) Foto singkapan dan foto parameter singkapan lava basal di LP 195, arah kamera N 210°E. (b) Foto parameter lava.



**Gambar 4.23.** (a) Foto singkapan singkapan breksi-vulkanik di LP 26 berada di sungai Ngasinan, Desa Pakel, arah kamera N 273°E. (b) Foto parameter singkapan breksi dan batupasir. (c) Foto *close up* parameter singkapan breksi dan batupasir. (d) Foto *close-up* parameter singkapan (f) Foto *sample* batuan, terdapat fragmen batubara, batupasir-vulkanik teralterasi, dan andesit.



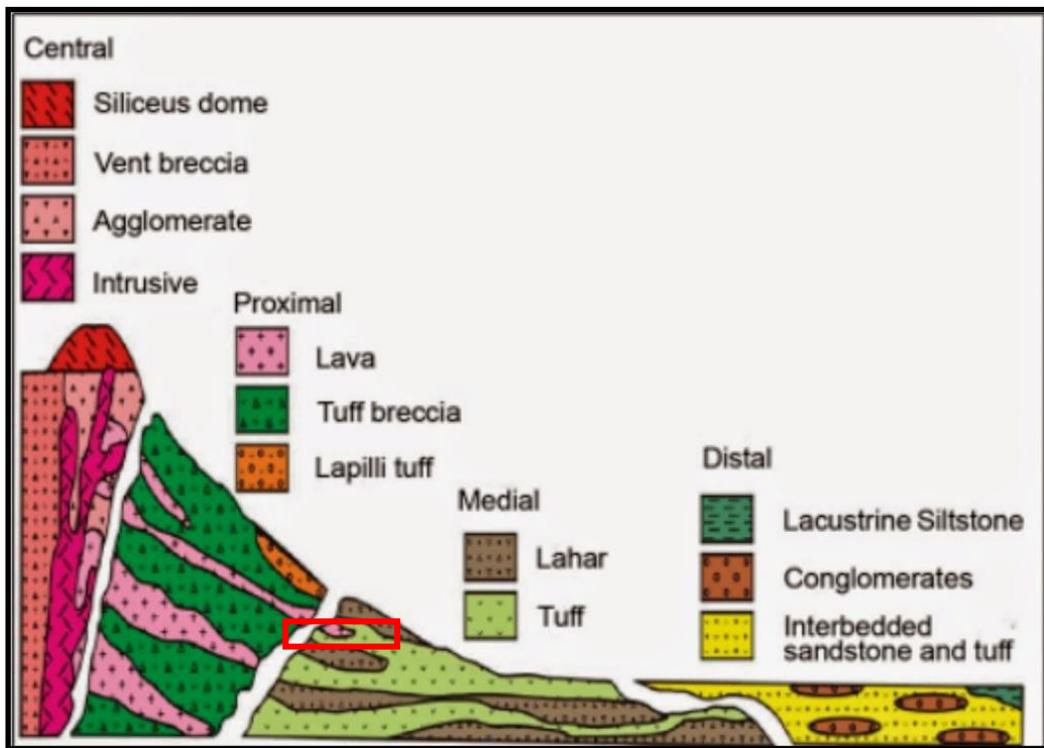
**Gambar 4.24.** Kenampakan mikroskopis matriks breksi-polimik. Nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) (*Lithic (volcanic) arenite*) di LP 26.

#### 4.2.1.3 Penyebaran dan Ketebalan Litologi

Satuan breksi-vulkanik Mandalika ini menempati 29% dari keseluruhan luas daerah penelitian, yaitu pada daerah Gandusari, Kampak, dan Watulimo. Umumnya bentukan kenampakan relief pegunungan dan lembah dari satuan ini memiliki pola kelerengan dari miring sampai dengan curam. Ketebalan satuan ini susah untuk diidentifikasi karena tidak ditemukan batas bawah dengan satuan batuan dibawahnya pada lokasi penelitian.

#### 4.2.1.4 Mekanisme dan Lingkungan Pengendapan

Penentuan lingkungan pengendapan didasarkan atas aspek fisik dari batuan penyusun. Aspek fisik dikaitkan dengan litologi berupa breksi-vulkanik. Aspek kimia berdasarkan pengamatan megaskopis pada fragmen dan matriks dikaitkan dengan komposisi dari batuan penyusun yang jelas merupakan material vulkanik yang sudah mengalami percampuran dengan mineral lain berukuran pasir seperti kuarsa, biotit, dan piroksen serta sedikit plagioklas. Sehingga dapat diambil suatu kesimpulan bahwa satuan ini diendapkan pada lingkungan vulkanik/ gunungapi dimana berdasarkan litologi yang ditemukan, satuan ini diendapkan pada fasies proksimal - medial (Bogie dan Mackenzie, 1998) (**Gambar 4.25**).



**Gambar 4.25.** Model lingkungan pengendapan menurut Bogie dan Mackenzie (1998), kotak merah merupakan cakupan lingkungan pengendapan satuan breksi-vulkanik Mandalika.

#### 4.2.1.5 Umur dan Hubungan Stratigrafi

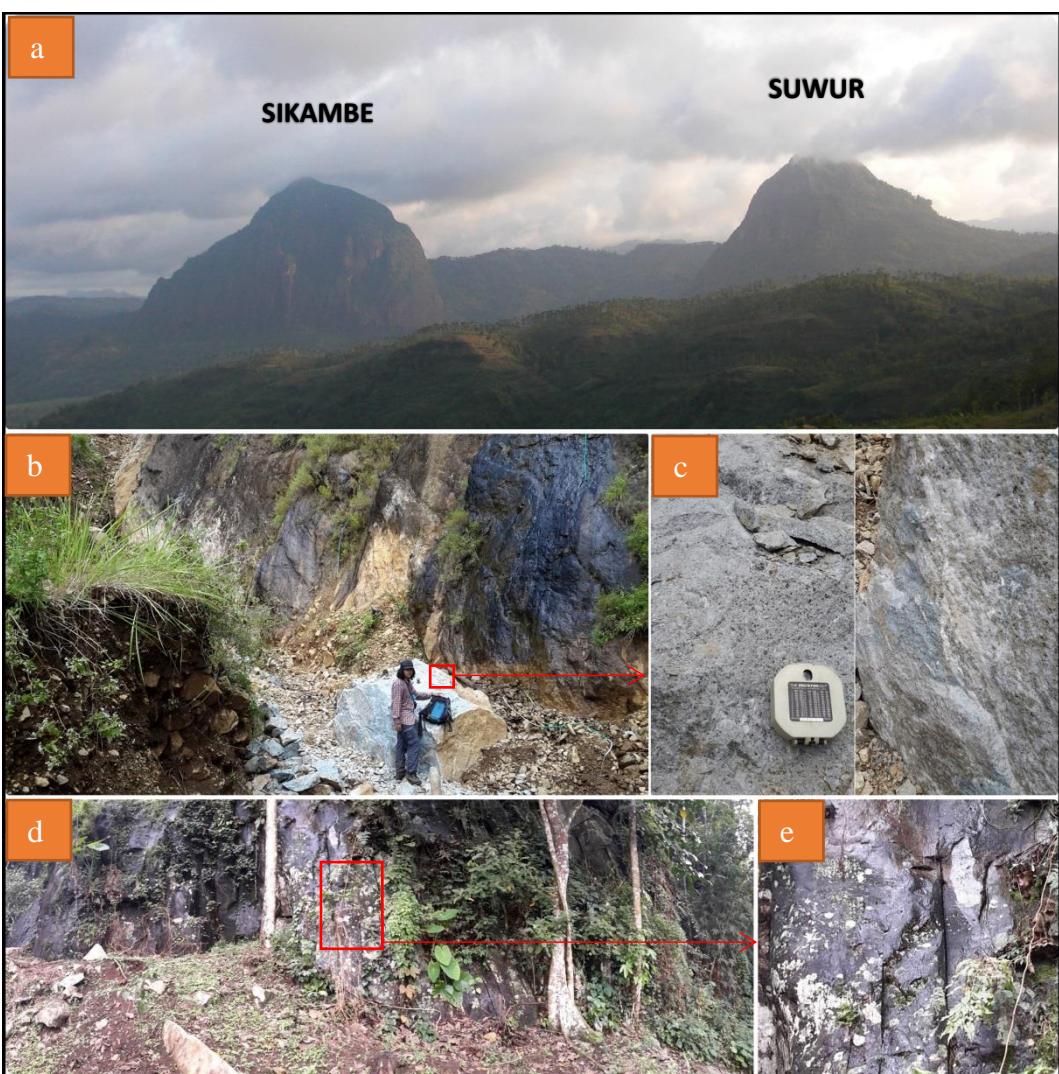
Dengan mengacu pada Samodra. dkk (1990), bahwa umur dari Satuan breksi-vulkanik Mandalika ini berkisar Oligosen Akhir dan berlangsung sampai Awal Miosen serta hubungan stratigrafi batuan ini memiliki hubungan tidak selaras secara *disconformity* dengan Satuan batugamping Campurdarat.

## **4.2.2 Satuan Diorit**

### **4.2.2.1 Ciri Litologi**

Intrusi Diorit pada lokasi penelitian ini, merupakan batuan beku intermediet plutonik. Satuan ini memiliki kenampakan intrusi berupa berbentuk masif. Didasarkan terhadap kehadirannya pada pengamatan di lapangan yang cukup luas, dengan luasan 10%. Penulis mengelompokan satuan ini ke dalam lithodem berupa intrusi pada lokasi penelitian. Hal ini pun memiliki kesamaan terhadap acuan penulis, yaitu: Samodra (1990), yang mengklasifikasikan batuan beku diorit ini ke dalam intrusi tua pada Kabupaten Trenggalek.

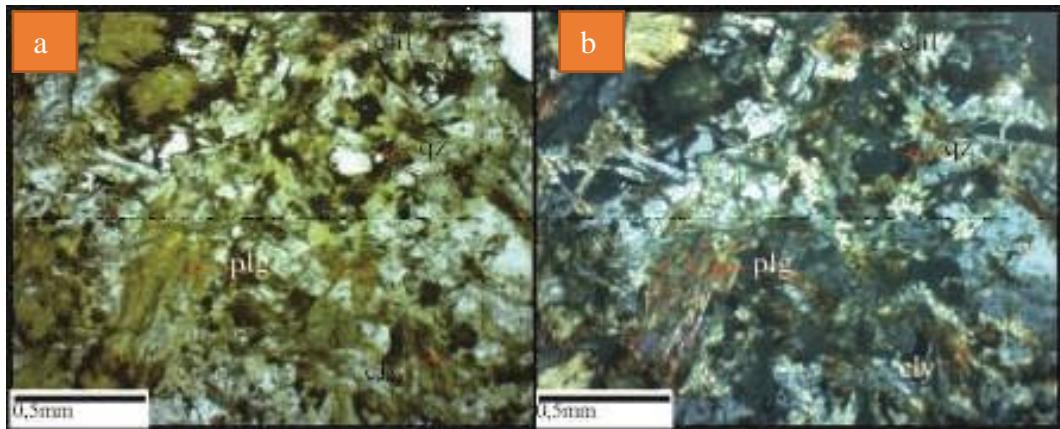
Kenampakan di lapangan, intrusi diorit pada lokasi penelitian ini memiliki ciri-ciri berwarna abu-abu kehitaman dan juga abu-abu kehijauan, bestruktur masif, memiliki tekstur derajat kristalisasi holokristalin, derajat granularitas fanerik kasar-halus, bentuk kristal euhedral – subhedral, dan relasi equigranular panidiomorfik granular, memiliki komposisi mineral utama kuarsa, feldspar, horblende, muskovit, masa dasar gelas, plagioklas. (**Gambar 4.26**).



**Gambar 4.26.** (a) Foto singkapan intrusi diorit yang berada di bukit (Gunung Sepikul) Sikambe dan Suwur, Desa Watuagung, Kec. Watulimo di selatan penelitian pada LP 257 (Suwur) dan LP 262 (Sikambe), arah kamera N 330°E dan N 210°E (b) Foto singkapan intrusi Diorit pada bukit Sikambe. (c) Foto *close up* singkapan. (d) Foto singkapan intrusi Diorit pada bukit Suwur. (e) Foto *close up* singkapan.

Hasil pengamatan secara mikroskopis pada contoh batuan yang diambil dari kaki bukit sepikul, tepatnya di lokasi pengamatan LP 217 menunjukkan bahwa intrusi diorit yang merupakan batuan beku olutonik intermediet yang memiliki ciri pemerian abu-abu kehijauan, holokristalin, granularitas fanerik halus- fanerik kasar, bentuk kristal subhedral-euhedral, hipidiomorfik granular, disusun oleh mineral Plagioklas; alkali feldspar; kuarsa (s); epidot (s); klorit (s); mineral lempung (s),

Klorit Fe, *vein* terisi epidot-kuarsa, teralterasi lemah, terubah propilitik, **Diorit** (**Gambar 4.27**).



**Gambar 4.27.** Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) intrusi diorit (*Diorite*) di LP 217.

#### 4.2.2.2 Penyebaran dan Ketebalan

Penyebaran dari Satuan Diorit berada pada selatan dari daerah penelitian tepatnya berada di Desa Watuagung, Kecamatan Watulimo Luas dan penyebaran Intrusi ini 10% dari keseluruhan luas daerah penelitian. Tebal dari intrusi bervariasi lebih dari 1000 meter, yang mengintrusi Formasi mandalika.

#### 4.2.2.3 Umur dan Hubungan Stratigrafi

Berdasarkan pengamatan di lapangan maka Satuan ini termasuk ke dalam intrusi tua yang memiliki umur intrusi Miosen Awal ( Samodra. dkk, 1990), serta didasarkan peninjauan dari rekontruksi pada peta geologi penulis, bahwa umur dari satuan intrusi diorit ini adalah Kala Miosen. Satuan Diorit ini memiliki hubungan *cross cutting* terhadap Satuan breksi-vulkanik Mandalika.

#### 4.2.3 Satuan batugamping Campurdarat

Satuan batugamping Campurdarat merupakan satuan batuan yang terdiri dari batugamping hablur dengan sisipan batulempung berkarbon.

#### **4.2.3.1 Ciri Litologi**

Satuan batugamping Campurdarat di lokasi penelitian tersusun atas batugamping terumbu, grainstone, batugamping- tersilikakan, batulempung sisipan batubara dan marmer.

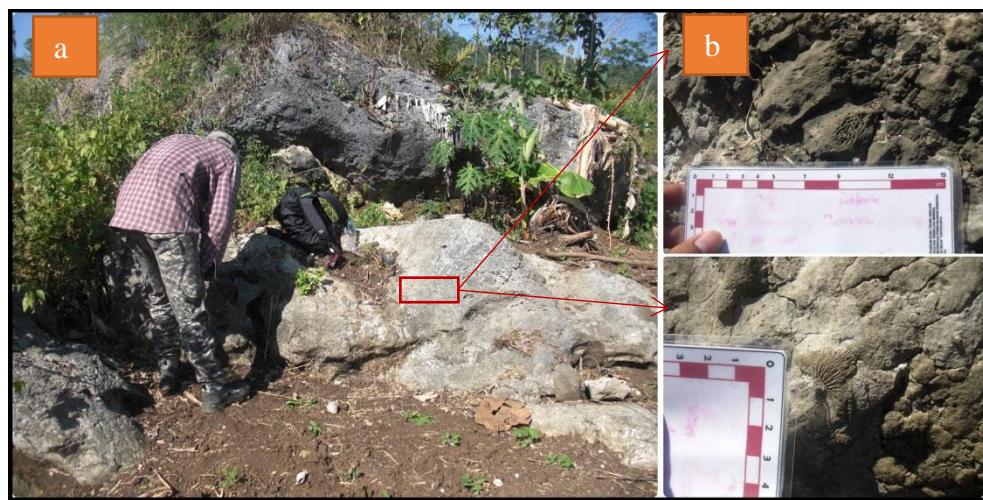
Batugamping terumbu, berwarna putih, komposisi utama tersusun oleh koral (utuh dan pecah sebagian) warna segar putih, warna lapuk: coklat, tekstur: *amorf*, monomineralik karbonat, struktur: *fossiliferous* (**Gambar 4.28**).

Batugamping tersilikakan, warna segar: coklat kemerahan; warna lapuk: coklat kehitaman; koral 40%; mineral Silika (umumnya kuarsa sekunder) 52%; mineral oksida 8%, Penggantian (replacement) oleh silika pada batugamping yang mengandung koral, di interpretasi ubahan batuan diakibatkan fluida hidrothermal yang naik melalui sesar sebagai channel (**Gambar 4.29**).

Grainstone, warna segar: putih kekuningan; warna lapuk: abu-abu kehitaman; didukung oleh lumpur; ukuran butir: > 2mm; *allochem*: foraminifera bentos besar, foraminifera bentos Kecil, pecahan cangkang, alga, *branching coral*; mikrit: kalsit, sparit: monomineralik karbonat; masif. (**Gambar 4.30**).

Batulempung sisipan batubara (**Gambar 4.31**).: batulempung, berwarna coklat kehitaman yang mengalami pelapukan dan abu-abu dalam kondisi segar, kemas tertutup, komposisi mineral; monomineralik lempung. Batubara: warna segar: hitam; warna lapuk: hitam ke abu-abuan; komposisi mineral: monomineralik karbon.

Marmer, berwarna abu-abu kemerahan, asal metamorfisme batugamping, struktu; non foliasi- *granulose*, butir halus, tidak nampak lagi akan kehadiran fosil.



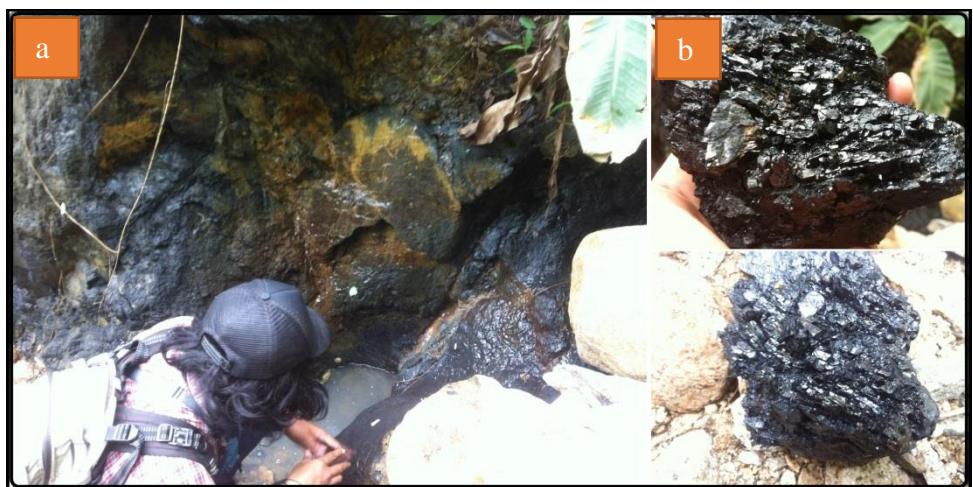
**Gambar 4.28.** (a) Foto singkapan batugamping terumbu yang berada di tenggara daerah penelitian, Desa Sambi, Kec. Watulimo pada LP 89, arah kamera N 80°E (b) Foto *close up* parameter batuan.



**Gambar 4.29.** (a) Foto singkapan batugamping tersilikakan berada di Desa Gandusari, Kec. Gandusari di utara lokasi penelitian pada LP 135 arah kamera N 330°E (b) Foto *closeup* batuan.



**Gambar 4.30.** Foto singkapan batugamping klastik grainstone dan batugamping pasiran. Lokasi pengamatan berada di sungai timurlaut daerah penelitian, Desa Sebalor, Kec. Watulimo, pada LP 199, arah kamera N 10°E.

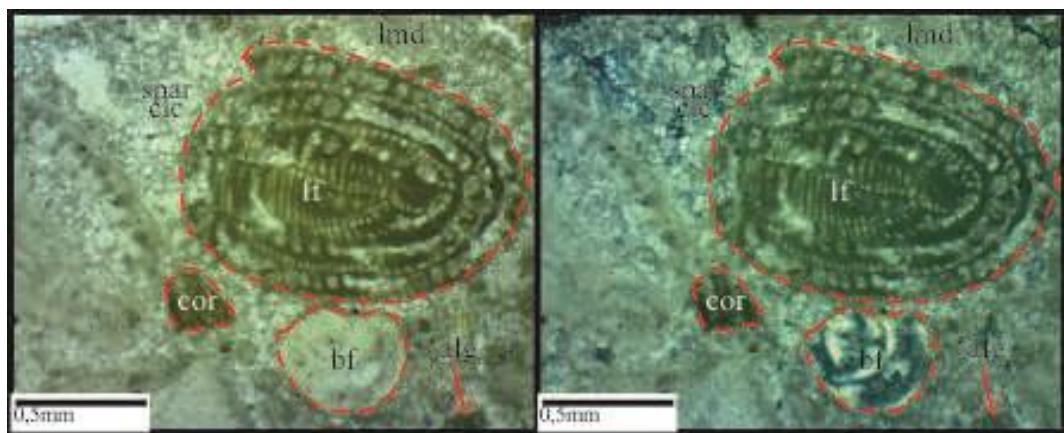


**Gambar 4.31.** (a) Foto singkapan batulempung karbonan sisipan batubara yang berada di kaki bukit (Gunung sepikul) Desa Watuagung, Kec. Watulimo di selatan penelitian pada LP 215, arah kamera N 150°E (b) Foto parameter batuan berupa lignit.

Pada Satuan batugamping Campurdarat dilakukan pengambilan beberapa contoh batuan untuk disayat yang kemudian dianalisa secara mikroskopis dan didapat antara lain :

### Batugamping

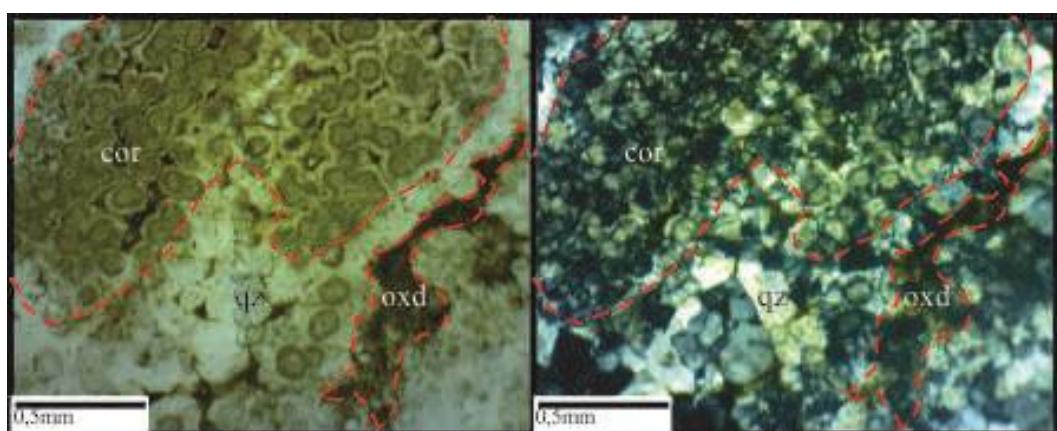
Hasil pengamatan secara mikroskopis pada contoh batuan yang diambil di sungai yang terletak pada Desa Sambi, Kec. Watulimo, tepatnya di lokasi pengamatan LP 89 menunjukan bahwa batugamping klastik yang merupakan batuan karbonat yang memiliki ciri pemerian Koral, foraminifera besar, foraminifera bentos, alga (umumnya dalam intraclast); lumpur karbonat; mikrospar; mineral opak; urat karbonat; kuarsa; lithik batuan beku, *mud supported, Intraclast Wackestone*. (**Gambar 4.32**).



**Gambar 4.32.** Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) batugamping (*Wackestone*) di LP 89.

### Batugamping tersilikakan

Hasil pengamatan secara mikroskopis pada contoh batuan yang diambil di Desa Sambi, Kec. Watulimo, tepatnya di lokasi pengamatan LP 135 menunjukkan bahwa batugamping tersilikakan yang merupakan batugamping yang sudah terubah sifatnya menjadi silikaan. Memiliki ciri pemerian: Koral 40%; Mineral Silika (umumnya kuarsa sekunder) 52%; mineral oksida 8%, Penggantian (*replacement*) oleh silika pada batugamping yang mengandung koral, teralerasi silisifikasi **Batugamping tersilikakan** (Gambar 4.33).



**Gambar 4.33.** Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) Batugamping tersilikakan di LP 135.

#### **4.2.3.2 Penyebaran dan Ketebalan Litologi**

Satuan batugamping Campurdarat ini menempati 37% dari keseluruhan luas daerah penelitian, yaitu pada daerah Gandusari, Kampak, dan Watulimo. Umumnya bentukan kenampakan relief pegunungan dan lembah dari satuan ini memiliki pola kelerengan dari miring sampai dengan curam. Ketebalan satuan ini > 100 m.

#### **4.2.3.3 Umur dan Lingkungan pengendapan**

Penentuan umur pada satuan Batugamping Campurdarat dilakukan dengan analisa mikrofosil pada beberapa sampel batuan. Pengambilan sampel untuk analisa mikrofosil ini berada pada lokasi pengamatan 199 (**Lampiran G.1**). Analisa di mikrofosil dari sampel *grainstone* yang berada di Desa Sebalor, Kec. Watulimo, dari hasil analisa di dapatkan fosil foraminifera planktonik *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerinoides subquadratus*, *Orbulina universa*. Setelah dilakukan penarikan umur relatif berdasarkan Blow (1969) didapatkan umur yaitu Miosen Tengah (N9-N12).

Penentuan lingkungan pengendapan pada satuan ini berdasarkan ciri – ciri litologi yang berkembang serta kehadiran foraminifera yang dapat digunakan untuk membantu menentukan lingkungan pengendapan batuan, seperti *Amphistegina lessoni*, *Quinqueloculins tenagos* dan ciri litologi pada lokasi pengamatan, batuan penyusun satuan ini adalah batuan rombakan batugamping terumbu. Maka dari batuan penyusun tersebut dapat disimpulkan bahwa satuan ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal atau neritik tepi, berdasarkan klasifikasi Barker (1960). Satuan ini memiliki hubungan tidak selaras dengan Satuan breksi-vulkanik Mandalika berupa *disconformity*.

## 4.2.4 Satuan Andesit

### 4.2.4.1 Ciri Litologi

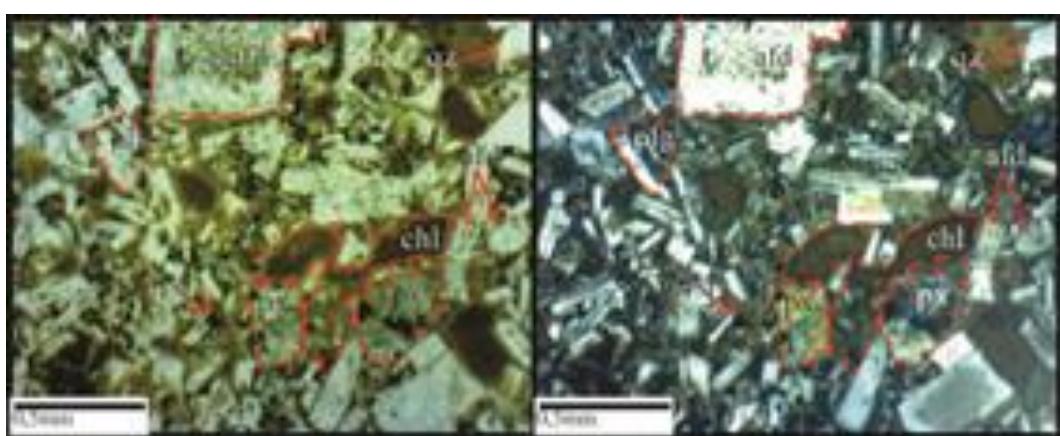
Satuan Andesit pada lokasi penelitian ini, merupakan batuan beku intermediet vulkanik. Satuan ini memiliki kenampakan intrusi berupa berbentuk *dyke* dengan struktur kekar kolom (*columnar joint*). Didasarkan terhadap kehadirannya pada pengamatan di lapangan hanya sedikit dan dimensi satuan yang Kecil. Penulis menggolongkan intrusi ini merupakan golongan intrusi yang cenderung lebih muda dari pada intrusi diorit yang berada di selatan daerah penelitian.

Kenampakan di lapangan, Satuan Andesit pada lokasi penelitian ini memiliki ciri-ciri berwarna abu-abu kehitaman dan juga abu-abu kehijauan, bestruktur bentuk kekar kolom, memiliki tekstur derajat kristalisasi hipokristalin, derajat granularitas afanitik-fanerik halus, bentuk kristal euhedral – subhedral, dan relasi inequigranular porfiritik, memiliki komposisi mineral utama piroksen, masa dasar gelas, plagioklas (**Gambar 4.34**). Adapun mineral-mineral sekunder yang banyak terdapat pada satuan ini antara lain, terdapatnya kehadiran mineral klorit. Sebagian tempat mengalami oksidasi.



**Gambar 4.34.** (a) Foto singkapan intrusi intermediet yang menunjukkan bentukan bukit pada LP 158 dengan kedudukan bidang pendinginan N 33° E/61, arah kamera N 276°E (b) *close up* intrusi, menunjukkan bentukan kekar kolom (*columnar joint*). (c) kenampakan tubuh intrusi. (d) Foto *close up* parameter batuan.

Hasil pengamatan secara mikroskopis pada contoh batuan yang diambil di sungai yang terletak pada Desa Sukoharjo, tepatnya di lokasi pengamatan LP 158 menunjukan bahwa Satuan Andesit yang merupakan batuan beku intermediet vulkanik memiliki ciri pemerian abu-abu kehijauan, hipokristalin, granularitas afanitik, bentuk kristal subhedral-euhedral, inequigranular, disusun oleh mineral Plagioklas; piroksen; mineral opak; masa gelas; alkali feldspar; mineral oksida (s); kuarsa (s); klorit (s), Tekstur aliran (buruk); gelas terubah klorit. (*Andesit piroksen teroksidasi kuat*) (Gambar 4.35).



Gambar 4.35. Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) intrusi andesit (*Andesit piroksen teroksidasi kuat*) di LP 158

#### 4.2.4.2 Penyebaran dan Ketebalan

Penyebaran dari Satuan Andesit berada pada utara dari daerah penelitian tepatnya berada di Desa Sukoharjo. Luas dan penyebaran Intrusi ini 4% dari keseluruhan luas daerah penelitian. Tebal dari intrusi bervariasi 20-200 meter, yang menembus Satuan breksi-vulkanik Mandalika dan Satuan batugamping Campurdarat

#### 4.2.4.3 Umur dan Hubungan Stratigrafi

Berdasarkan pengamatan di lapangan maka intrusi termasuk ke dalam intrusi muda dikarenakan kehadirannya yang muncul setelah Formasi Campurdarat

diketahui karena tubuh intrusi yang memotong Satuan batugamping Campurdarat tersebut, dan perkiraan umur dari Satuan intrusi ini adalah Kala akhir Miosen Tengah.

Hubungan antara satuan ini berdasarkan hasil pengamatan di lapangan yaitu berupa *cross cutting* terhadap Satuan breksi-vulkanik Mandalika dan Satuan batugamping Campurdarat. Hal ini dibuktikan dengan terubahnya batugamping disekitar intrusi menjadi marmer, walaupun tidak cukup luas batugamping yang terubah menjadi marmer. Lokasi pengamatan marmer pada LP 159.

#### 4.2.5 Endapan Aluvial

##### 4.2.5.1 Ciri Litologi

Endapan aluvial terdiri dari material lepas, tekstur berukuran pasir, krikil, kerakal dan bongkah. Material tersusun oleh hasil berbagai jenis rombakan batuan yang belum terkonsolidasi. (**Gambar 4.38**)



**Gambar 4.36.** Kenampakan endapan aluvial yang menjadi dataran dan tubuh sungai yang terletak di Sungai Desa Gandusari, arah kamera N 200°E.

#### **4.2.5.2 Penyebaran dan Ketebalan**

Satuan ini tersebar bagian tengah ke baratlaut dan timur laut lokasi penelitian, tepat pada Desa Gandusari Kecamatan Gandusari, dan Kecamatan Bandungan. Membentuk morfologi dataran dan tubuh sungai dengan menempati 20 % dari luas daerah penelitian, pada peta geologi berwarna abu-abu muda. Ketebalan satuan ini diduga tidak lebih dari 30 m.

#### **4.2.5.3 Umur dan Lingkungan Pengendapan**

Endapan Aluvial diendapkan selama Holosen. Satuan ini merupakan yang termuda di daerah penelitian. Lingkungan pengendapan dari satuan ini yaitu darat.

#### **4.2.5.4 Hubungan Stratigrafi**

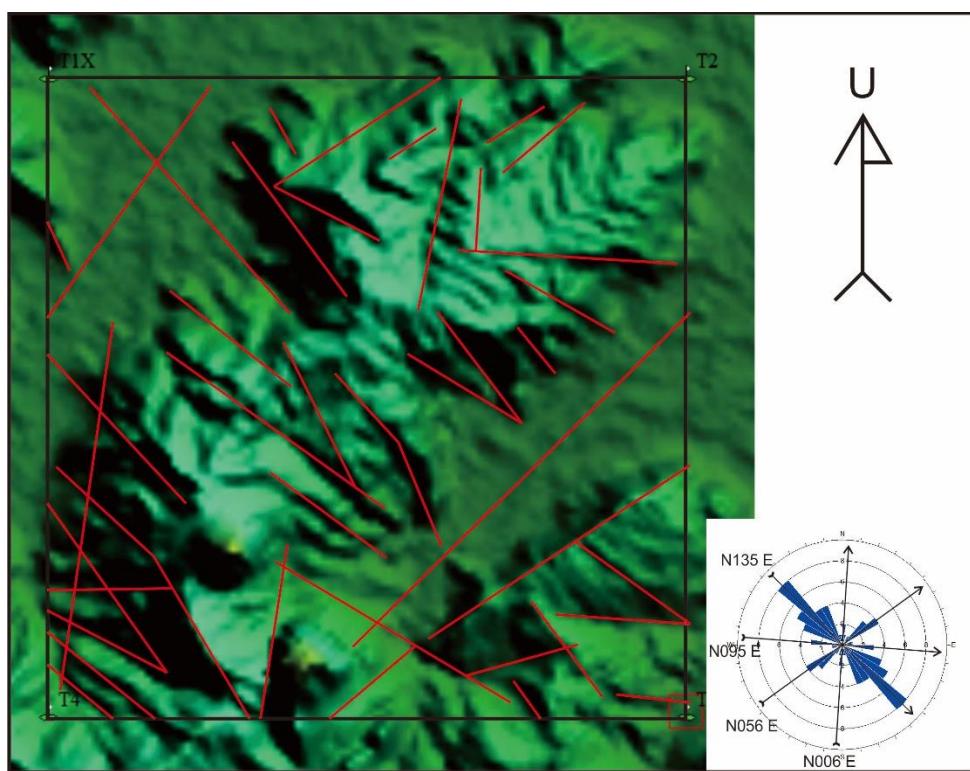
Satuan ini menindih secara tidak selaras terhadap satuan-satuan yang lebih tua.

### **4.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian**

#### **4.3.1 Pola Kelurusinan Daerah Penelitian**

Pola kelurusinan pada daerah penelitian diperoleh dari hasil penarikan kelurusinan sungai, bukit, dan punggungan pada citra SRTM yang kemudian dianalisis menggunakan diagram roset dengan interval  $10^\circ$  (**Gambar 4.46**). Berdasarkan pola kelurusinan tersebut diperoleh beberapa arah umum dengan interpretasi yaitu:

- a. Arah W – E, NE - SW dan NW - SE, arah ini berkaitan dengan arah kelurusinan struktur geologi yang berupa kelurusinan dari sesar mendatar
- b. Arah N – S hingga NE - SW, merupakan arah kelurusinan dari kedudukan lapisan batuan



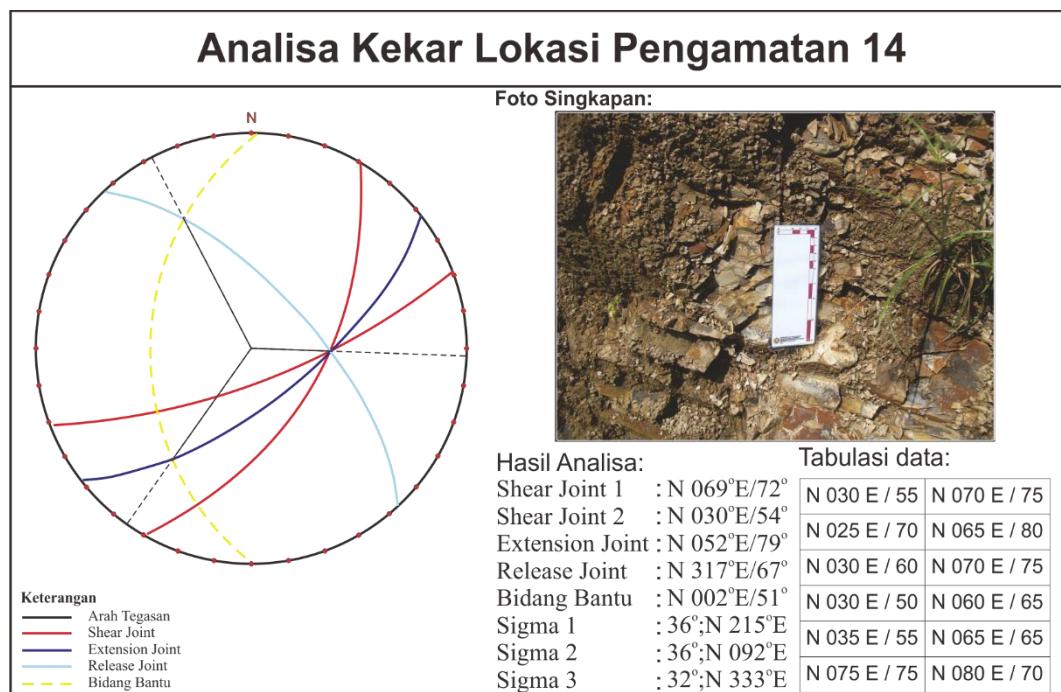
**Gambar 4.37.** Hasil analisa kelurusan morfologi berdasarkan peta DEM SRTM.

#### 4.3.2. Struktur Geologi

Struktur geologi pada daerah penelitian berkembang dengan baik, yang kenampakannya bisa diamati, diukur, dan dianalisa seacara langsung di lapangan, umumnya dijumpai kekar-kekar, baik itu kekar gerus maupun kekar tarik. Kekar gerus atau bisa disebut *shear joint* ini umumnya pada daerah penelitian memiliki arah relatif timur laut – barat daya dan barat laut – tenggara kemudian ada pada beberapa tempat terdapat arah relatif utara – selatan dan timur laut – barat daya. Selain kekar, sesar juga cukup banyak dijumpai di lapangan, setidaknya ada dua belas sesar pada daerah peneltian (**Gambar 4.41**). Berdasarkan hasil peneliian di lapangan, pengamatan citra SRTM, peta topografi, ditemukan struktur geologi pada daerah penelitian berupa kekar dan sesar yang secara regional pada daerah penelitian mempengaruhi kondisi gelogi pada daerah penelitian, bahkan diperkirakan sebagai faktor pendukung terjadinya proses alterasi dan mineralisasi pada daerah penelitian dikarenakan rekahan yang terbentuk dari sesar sebagai jalur larutan magma yang menerobos batuan induk atau batuan dinding (*channel way*).

#### 4.3.2.1 Struktur Kekar

Kekar relatif dijumpai pada daerah penelitian adalah berupa *shear fracture* sebagai dari hasil *compression stress*, dan *gash fracture* sebagai hasil dari *tensional joint*. Kenampakan kekar *shear fracture* di lapangan ditunjukan oleh bidang lurus dan rata, dan umumnya berpasangan. Sedangkan *gash fracture* di lapangan terlihat dengan bidang kekar yang sedikit terbuka dan kasar. Pengukuran kekar – kekar di lapangan bertujuan untuk mengetahui arah umum kekar dan selanjutnya mengetahui tegasan utama dari kekar – kekar tersebut sehingga dapat diinterpretasikan arah umum gaya yang berkembang dikontrol oleh struktur geologi didaerah penelitian. Hasil analisis di lapangan didapat tegasan relatif berarah:



**Gambar 4.38.** analisa kekar pada lokasi pengamatan 14, arah kamera N 090 E.

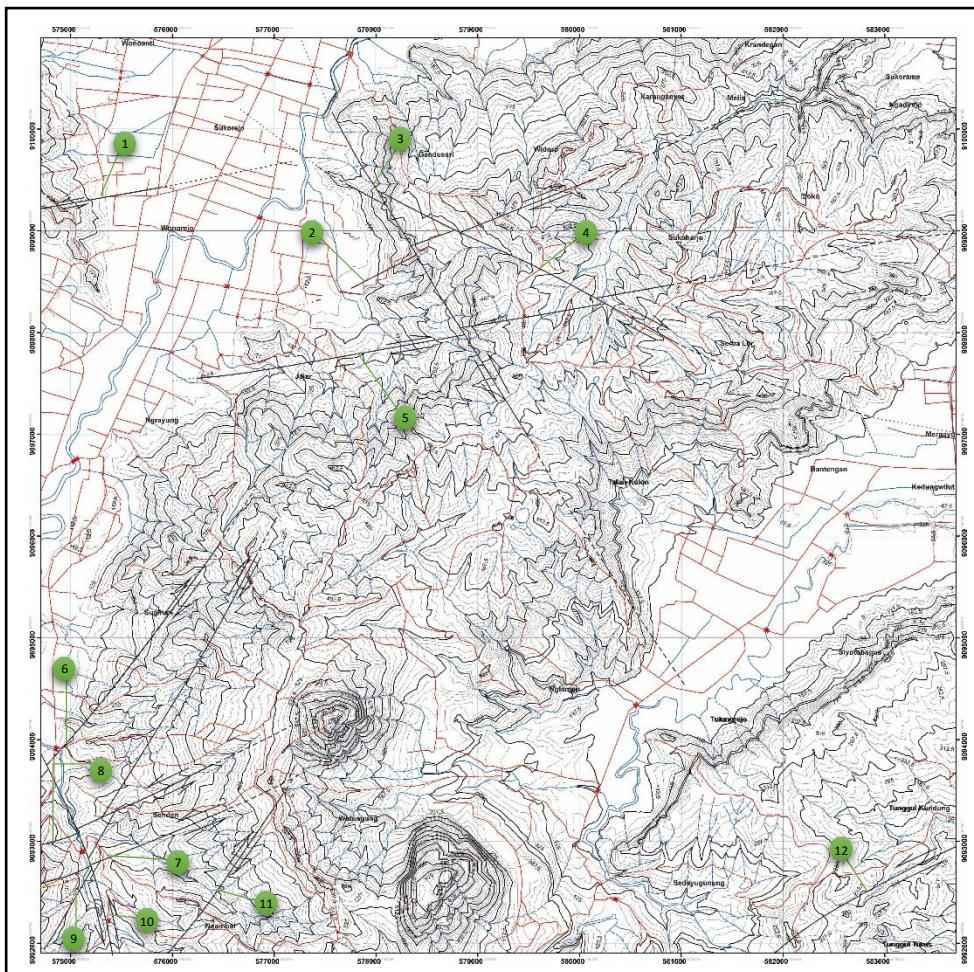
#### 4.3.2.2 Struktur Sesar

Gejala sesar yang dijumpai pada lokasi penelitian berupa data struktur bidang sesar, zona hancuran (breksiasi), *slickensides*, dan struktur penyerta lainya berupa kekar, jejak hasil sebab sesar pada daerah penelitian dapat terlihat berupa kelurusan sungai, dan pembelokan sungai ekstrim, hal ini didasarkan terhadap analisis arah pola pengaliran pada pola pengaliran, dari analisis tersebut menunjukkan

keberadaan struktur geologi berupa sesar pada daerah penelitian relatif berkembang dengan baik. Sesar yang dijumpai pada daerah penelitian relatif mendatar dan sesar normal, yaitu :

- Sesar Plagen
- Sesar Jajar 2
- Sesar Jajar 1
- Sesar Keling
- Sesar Nglompang
- Sesar Tempel
- Sesar Sanden 1
- Sesar Sanden 2
- Sesar Sanden 3
- Sesar Ngasinan
- Sesar Begagan
- Sesar Nguluh

Analisis yang dilakukan berdasarkan klasifikasi Rickard., 1972.

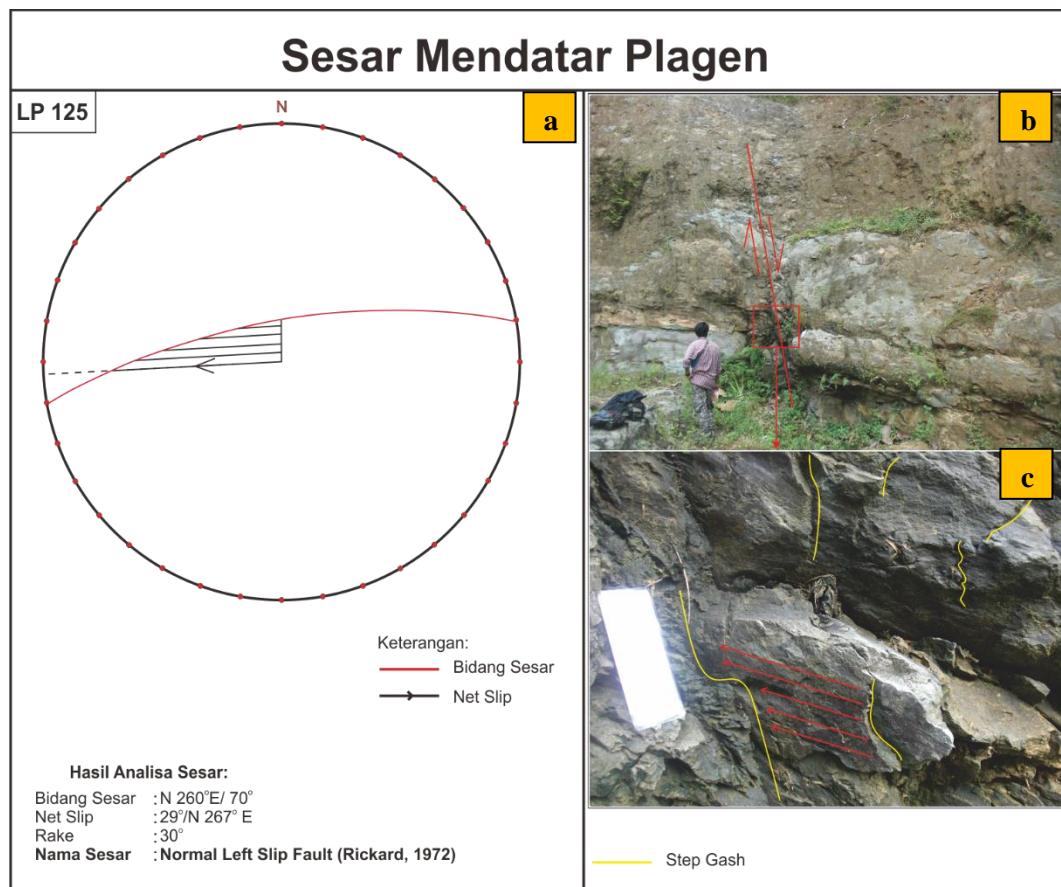


Keterangan: 1) Sesar Plagen; 2) Sesar Jajar I; 3) Sesar Jajar II; 4) Sesar Keling; 5) Sesar Nglompang; 6) Sesar Tempel; 7) Sesar Sanden I; 8) Sesar Sanden III; 9) Sesar Sanden II; 10) Sesar Ngasinan; 11) Sesar Begagan; 12) Sesar Nguluh.

**Gambar 4.39.** Indeks lokasi beberapa penemuan bukti sesar.

#### 4.3.2.2.1 Sesar Mendatar Plagen

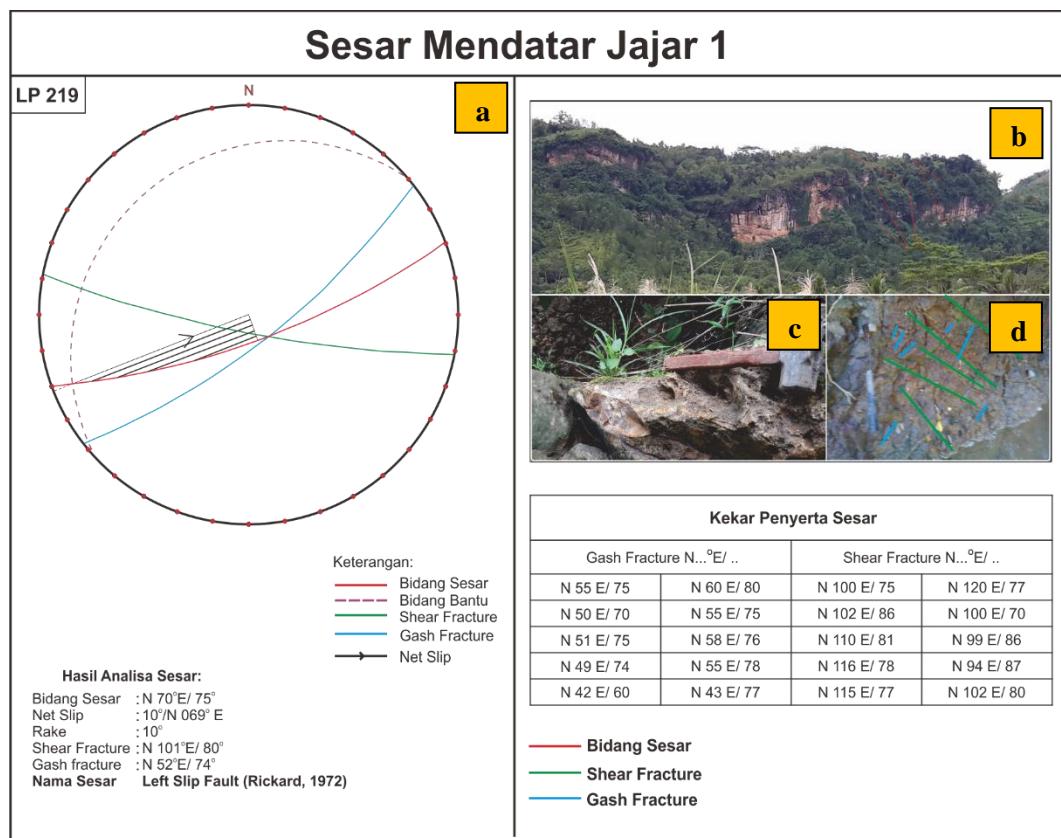
Penamaan sesar Plagen diambil dari nama daerah pada sekitar daerah tersingkapnya sesar ini, yaitu pada lokasi pengamatan 125. Pada sesar Plagen ini ditemukan data pendukung sesar berupa bidang sesar, gores garis, dan zona hancuran (breksiasi). Hasil analisa didapatkan bidang sesar N  $260^{\circ}$  E /  $70^{\circ}$ , gores garis  $29^{\circ}$  / N  $267^{\circ}$  E, dan rake  $30^{\circ}$ . Dari hasil analisis pada data pendukung sesar Plagen diperoleh nama sesar kiri turun atau (*Normal left slip fault*), Rickard., 1972.



**Gambar 4.40** (a) Analisa streografis pada LP 125. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N  $270^{\circ}$ . (c) foto kenampakan gores garis pada bidang sesar.

#### 4.3.2.2 Sesar Mendatar Jajar 1

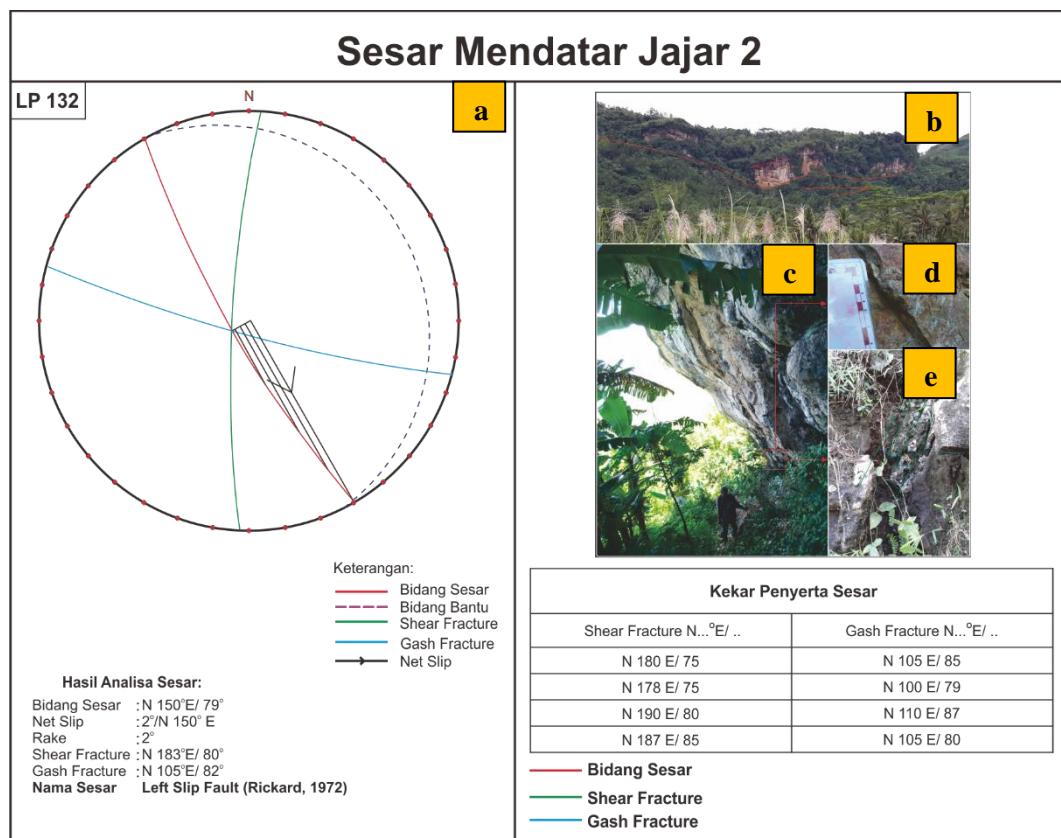
Penamaan sesar Jajar 1 diambil dari nama Desa tempat tersingkapnya sesar ini. Sesar Jajar 1 bukti di lapangan ditemukan pada lokasi pengamatan 219. Pada lokasi pengamatan 219 ditemukan bukti berupa bidang sesar, batugamping silikaan, serta *gash fracture* dan *shear fracture*. Hasil analisa didapatkan bidang sesar N 70° E / 75°, net slip 10° / N 69° E, rake 10°, *shear fracture* N 101° E / 80°, dan *gash fracture* N 52° E / 74°. Dari hasil analisa didapatkan nama sesar mendatar kanan (*right slip fault*) Rickard., 1972.



**Gambar 4.41.** (a) Analisa streografis pada LP 219. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 120°. (c) batugamping silikaan pada bidang sesar (d) Foto kenampakan *shear* dan *gash*.

#### 4.3.2.2.3 Sesar Mendatar Jajar 2

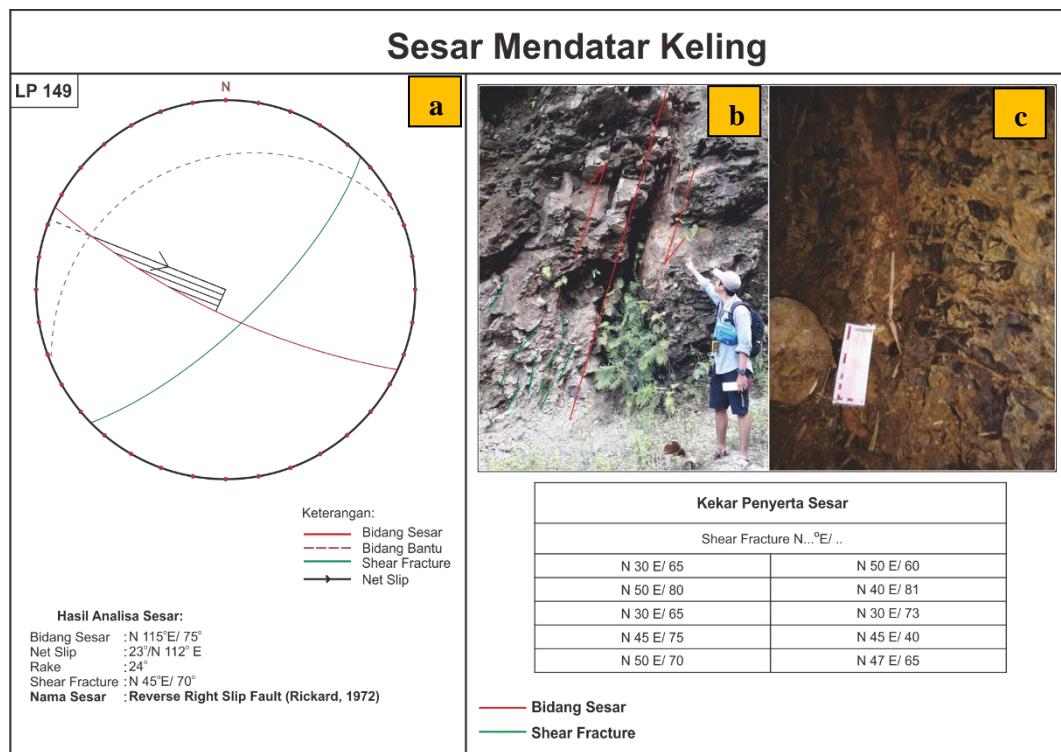
Penamaan sesar Gemaharjo berdasarkan letak singkapan dari sesar tersebut berada pada Desa Jajar, yaitu pada lokasi pengamatan 132. Bukti lapangan yang didapat yakni bidang sesar, *gash fracture* dan *shear fracture*. Dari hasil analisa data pendukung sesar Jajar 2 didapatkan arah bidang sesar N  $150^{\circ}$  E /  $79^{\circ}$ , gores garis  $2^{\circ}$  / N  $150^{\circ}$  E, dan rake  $2^{\circ}$ . Hasil analisa tersebut didapati nama sesar mendatar kiri (*left slip fault*) Rickard., 1972. Sesar ini relatif memanjang dari barat laut - tenggara pada lokasi penelitian.



**Gambar 4.42.** (a) Analisa streografis pada LP 132. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N  $120^{\circ}$ . (c) Foto *close up* kenampakan bidang sesar, arah kamera N  $150^{\circ}$ . (d) Foto kenampakan batugamping terubah. (e) foto kenampakan *shear fracture* dan *gash fracture*.

#### 4.3.2.2.4 Sesar Mendatar Keling

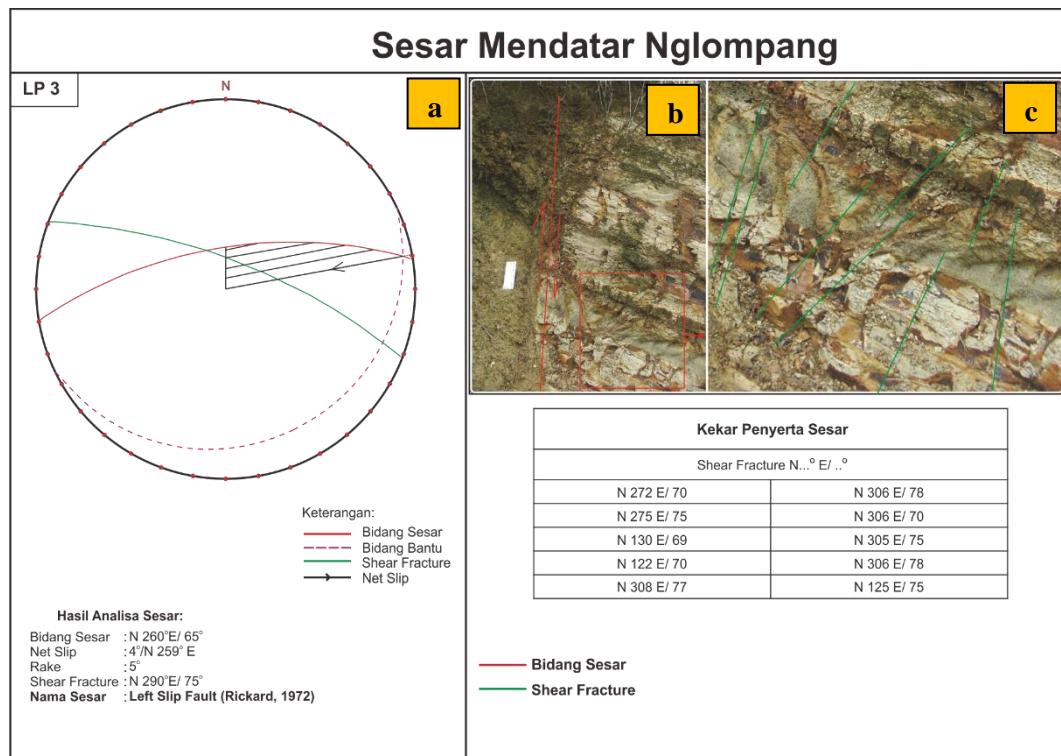
Penamaan sesar Keling diambil dari nama Desa tempat tersingkapnya sesar ini. Sesar Keling bukti di lapangan ditemukan pada lokasi pengamatan 149. Pada lokasi pengamatan 149 ditemukan bukti berupa bidang sesar dan *shear fracture*. Hasil analisa didapatkan bidang sesar N  $115^{\circ}$  E /  $75^{\circ}$ , net slip  $23^{\circ}$  / N  $112^{\circ}$  E, dan rake  $24^{\circ}$ . Dari hasil analisa didapatkan nama sesar mengiri turun (*reverse left slip fault*) Rickard., 1972.



**Gambar 4.43.** (a) Analisa streografis pada LP 149. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N  $260^{\circ}$ . (c) Kenampakan breksi yang terubah pada bidang sesar.

#### 4.3.2.2.5 Sesar Mendatar Nglompang

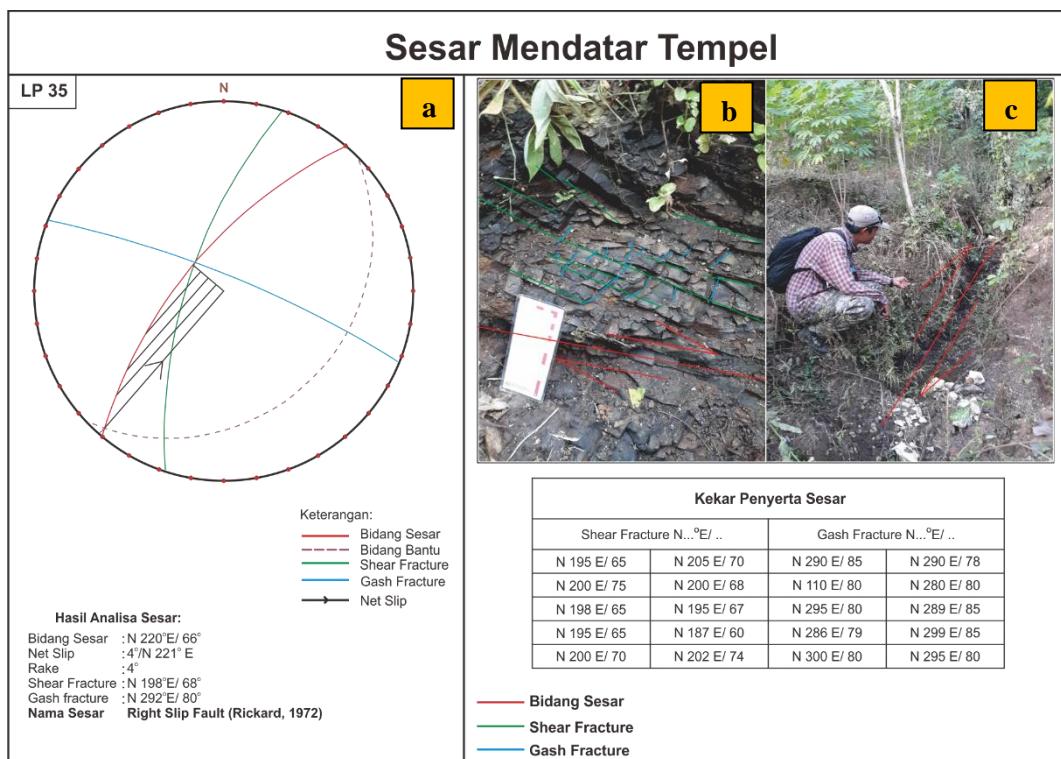
Penamaan sesar Nglompang diambil dari nama Desa tempat tersingkapnya sesar ini, yaitu pada lokasi pengamatan 3. Pada sesar Nglompang ini ditemukan data pendukung sesar berupa bidang sesar, dan kekar pendukung sesar berupa *shear fracture*. Hasil analisa didapatkan bidang sesar N  $260^{\circ}$  E /  $65^{\circ}$ , net slip  $4^{\circ}$ /N $259^{\circ}$ E, rake  $5^{\circ}$ , dan *shear fracture* N  $290^{\circ}$  E /  $72^{\circ}$ . Dari hasil analisis pada data pendukung sesar Nglompang diperoleh nama sesar mendatar kanan atau (*left slip fault*), Rickard., 1972. Sesar ini relatif memanjang ke arah timur– barat pada lokasi penelitian.



**Gambar 4.44.** (a) Analisa stereografis pada LP 3. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N  $270^{\circ}$ E. (c) Foto kenampakan *shear fracture*.

#### 4.3.2.2.6 Sesar Mendatar Tempel

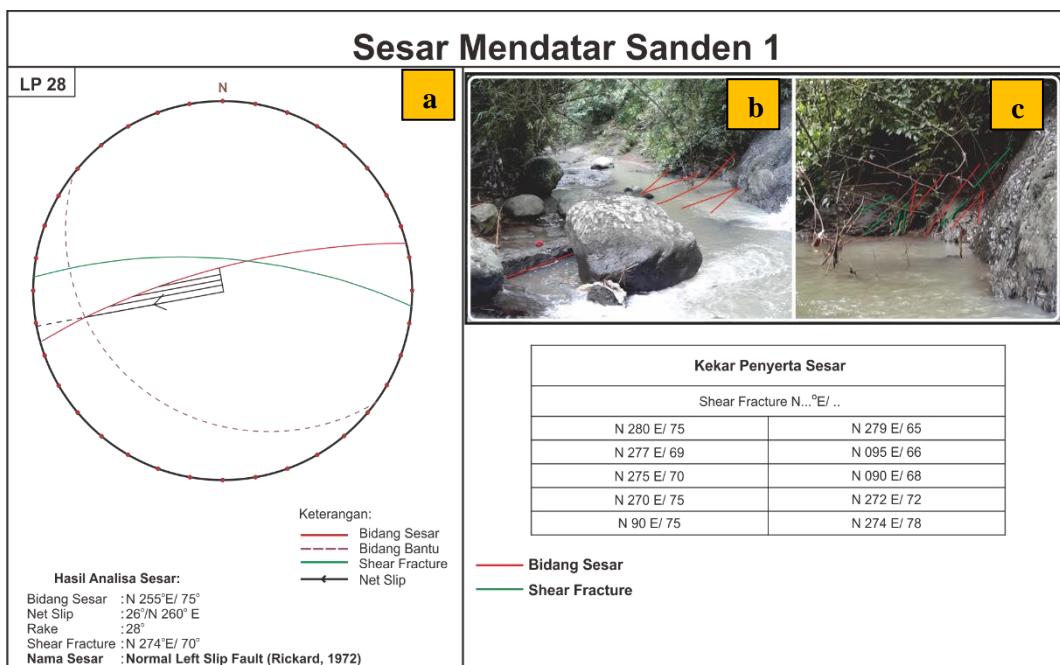
Penamaan sesar Tempel diambil dari nama Desa daerah tersingkapnya sesar ini, yaitu pada lokasi pengamatan 35. Pada sesar Tempel ini ditemukan data pendukung sesar berupa bidang sesar, *shear fracture* dan *gash fracture*. Hasil analisa didapatkan bidang sesar N 220° E / 66°, gores garis 4°/ N 221° E, dan rake 4°, *shear fracture* N 198° E / 68°, *gash fracture* N 292° E / 80°. Dari hasil analisis pada data pendukung sesar Tempel diperoleh nama sesar mendatar kanan atau (*right slip fault*), Rickard., 1972. Sesar ini relatif memanjang ke timurlaut – baratdaya pada lokasi penelitian.



**Gambar 4.45.** (a) Analisa streografis pada LP 35. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 285°. (c) Foto kenampakan cermin sesar (*step gash* dan *step shear*). (d) foto kenampakan gores garis.

#### 4.3.2.2.7 Sesar Mendatar Sanden 1

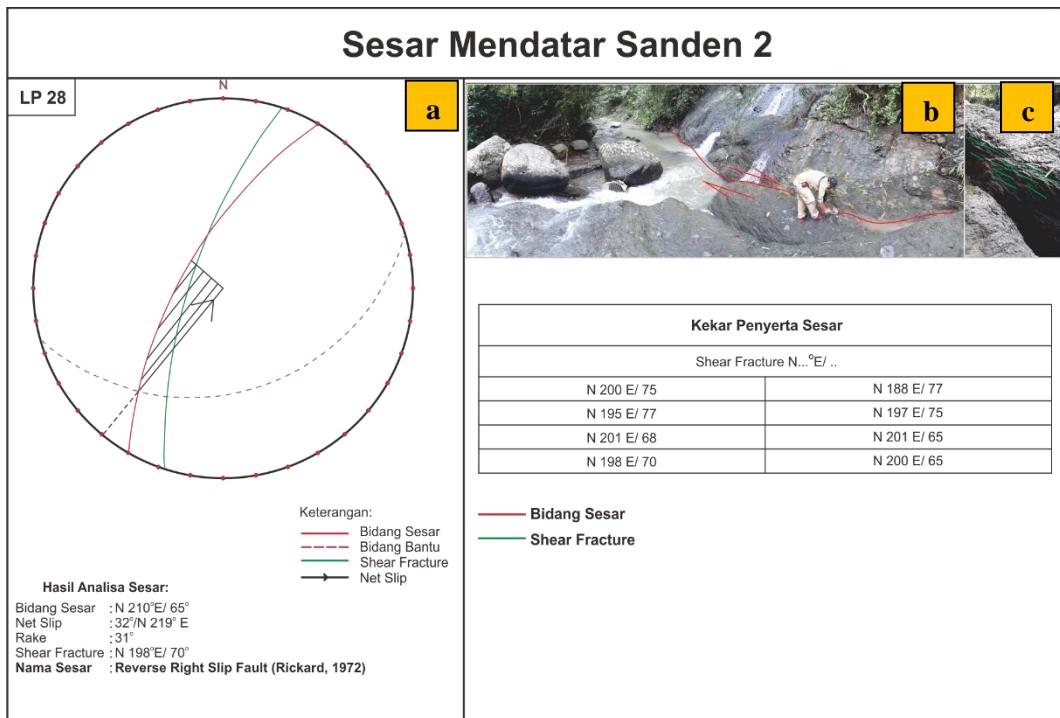
Penamaan sesar Sanden diambil dari nama sungai pada sekitar daerah tersingkapnya sesar ini, yaitu pada lokasi pengamatan 28. Pada sesar Sanden ini ditemukan data pendukung sesar berupa bidang sesar, kekar pendukung sesar (*shear fracture*), dan cermin sesar (*step gash*). Hasil analisa didapatkan bidang sesar N 255° E / 75°, net slip 26°/ N 260° E, rake 28°, *shear fracture* N 274° E / 70°. Dari hasil analisis pada data pendukung sesar Sanden 1 diperoleh nama sesar mendatar kiri atau *normal left slip fault*, (Rickard., 1972).



**Gambar 4.46.** (a) Analisa streografis pada LP 28. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 80°. (c) Foto kenampakan *shear fracture*.

#### 4.3.2.2.8 Sesar Mendatar Sanden 2

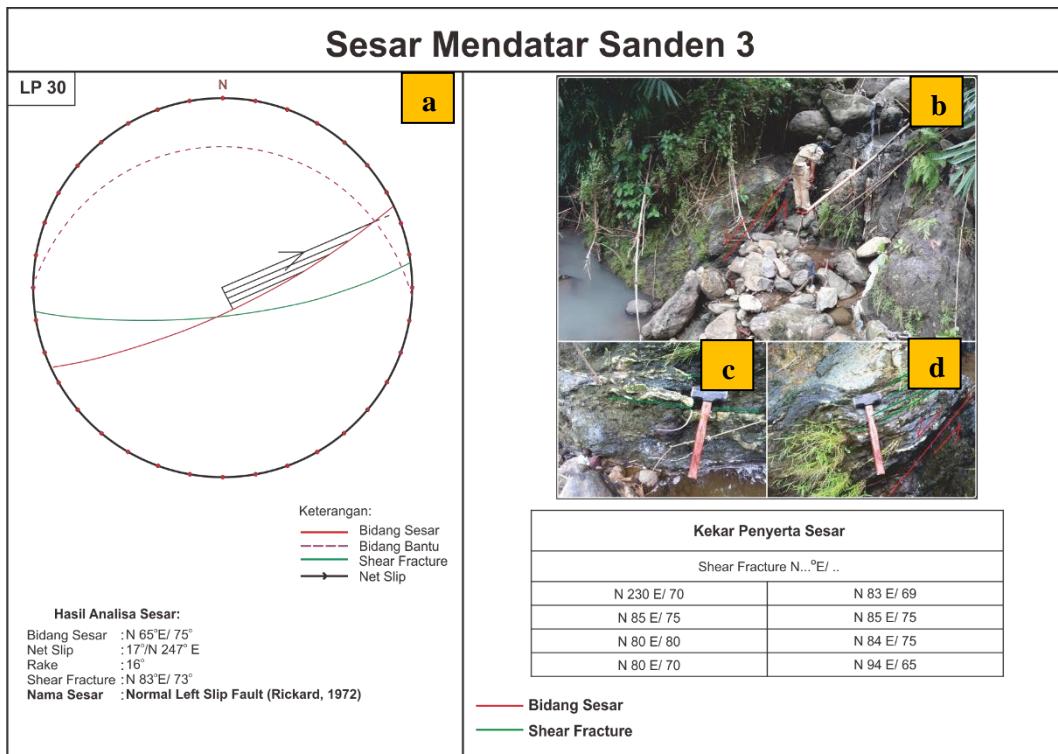
Penamaan sesar Sanden 2 diambil dari nama daerah tersingkapnya sesar ini. Bukti di lapangan ditemukan pada lokasi pengamatan 28. Pada lokasi pengamatan 28 data yang didapat adalah bidang sesar, dan *shear fracture*. Hasil analisa didapatkan bidang sesar N 210° E / 65°, net slip 32° / N 219° E, dan rake 31°, *shear fracture* N 198°E / 70°. Dari hasil analisa didapatkan nama sesar mendatar kanan atau *reverse right slip fault* (Rickard., 1972). Sesar Sanden 2, relatif mengarah baratdaya – timurlaut pada lokasi penelitian, sesar ini dipotong oleh sesar Sanden 1.



**Gambar 4.47.** (a) Analisa streografis pada LP 28. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 80°. (d) Foto kenampakan *shear fracture*, arah kamera N 250°.

#### 4.3.2.2.9 Sesar Mendatar Sanden 3

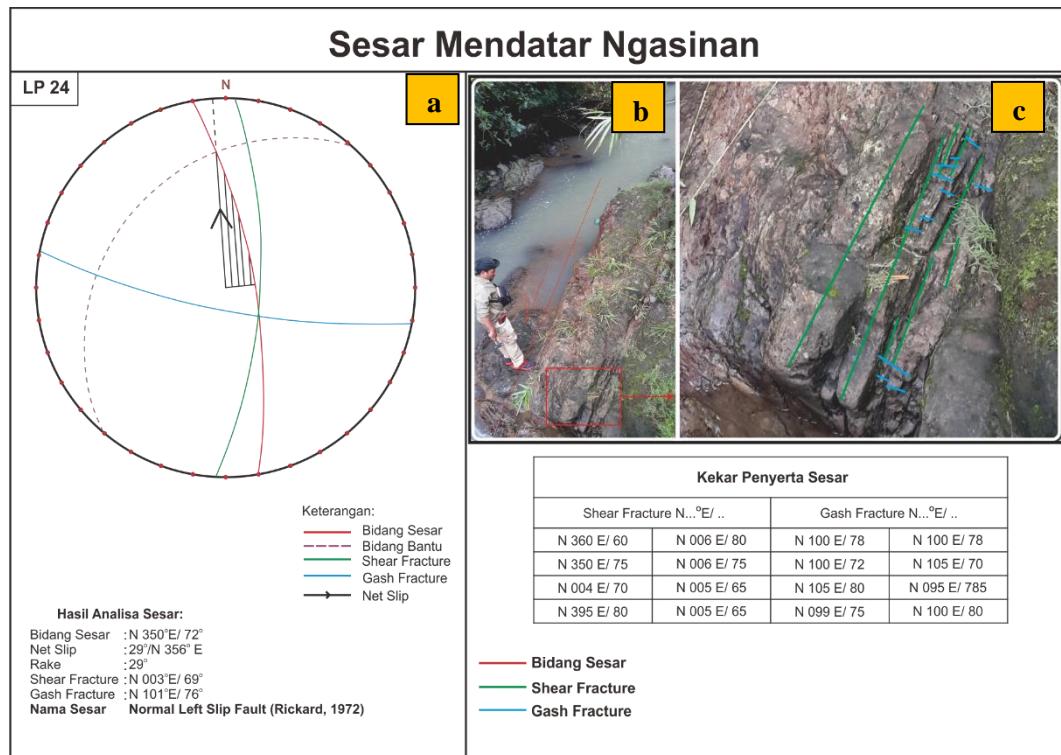
Penamaan sesar Sanden 3 diambil dari nama daerah dan pada daerah tersingkapnya sesar ini. Sesar Sanden 3 bukti di lapangan ditemukan pada lokasi pengamatan 30. Pada lokasi pengamatan 30 data yang didapat adalah bidang sesar, dan *shear fracture*. Hasil analisa didapatkan bidang sesar N 65° E / 75°, *net slip* 17° / N 247° E, dan rake 16°, *shear fracture* N 83° E / 73°. Dari hasil analisa didapatkan nama sesar mendatar kanan atau *normal left slip fault* (Rickard., 1972). Sesar Sanden 3 pada lokasi pengamatan 30.



**Gambar 4.48.** (a) Analisa streografis pada LP 30. (b)(d) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 200°. (c) Foto kenampakan *shear fracture*, arah kamera N 180° E.

#### 4.3.2.2.10 Sesar Mendatar Ngasinan

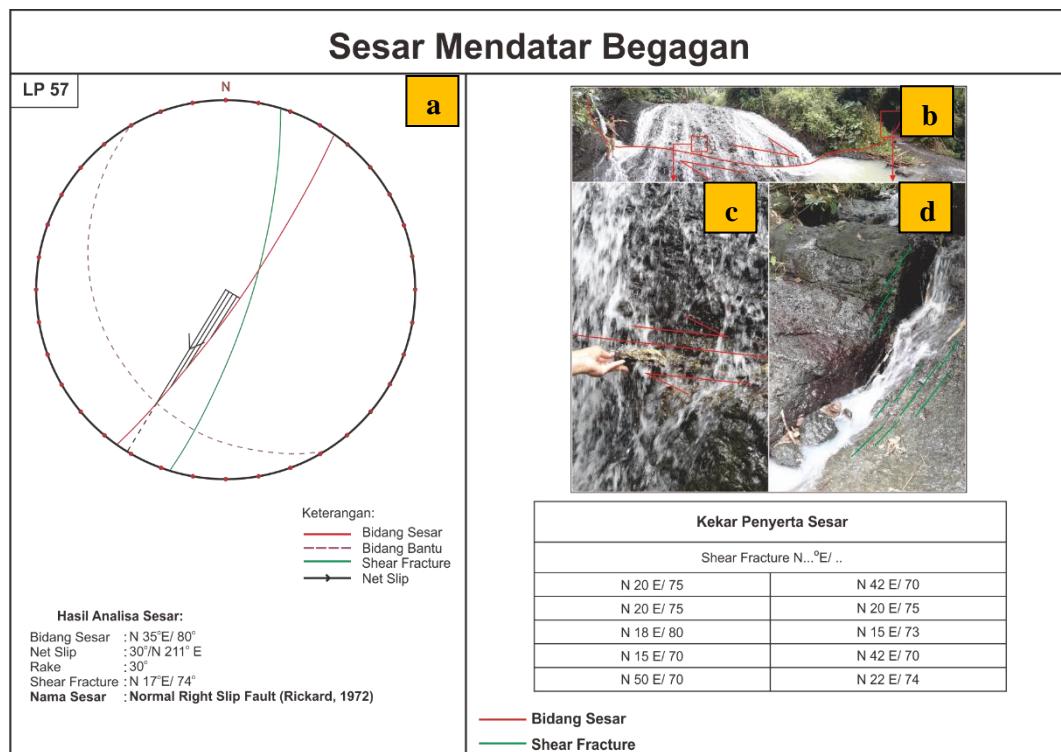
Penamaan sesar Ngasinan diambil dari nama Sungai daerah tersingkapnya sesar ini. Bukti di lapangan sesar Ngasinan ditemukan pada lokasi pengamatan 24. Pada lokasi pengamatan 24 data yang didapat adalah bidang sesar, *shear fracture* dan *gash fracture*. Hasil analisa didapatkan bidang sesar N 350° E / 75°, *net slip* 29° / N 356° E, dan rake 29°. Dari hasil analisa didapatkan nama sesar mendatar kanan atau *normal left slip fault* (Rickard., 1972).



**Gambar 4.49.** (a) Analisa streografis pada LP 24. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 300°. (c) Foto kenampakan *shear fracture* dan *gash fracture*, arah kamera N 300° E

#### 4.3.2.2.11 Sesar Mendatar Begagan

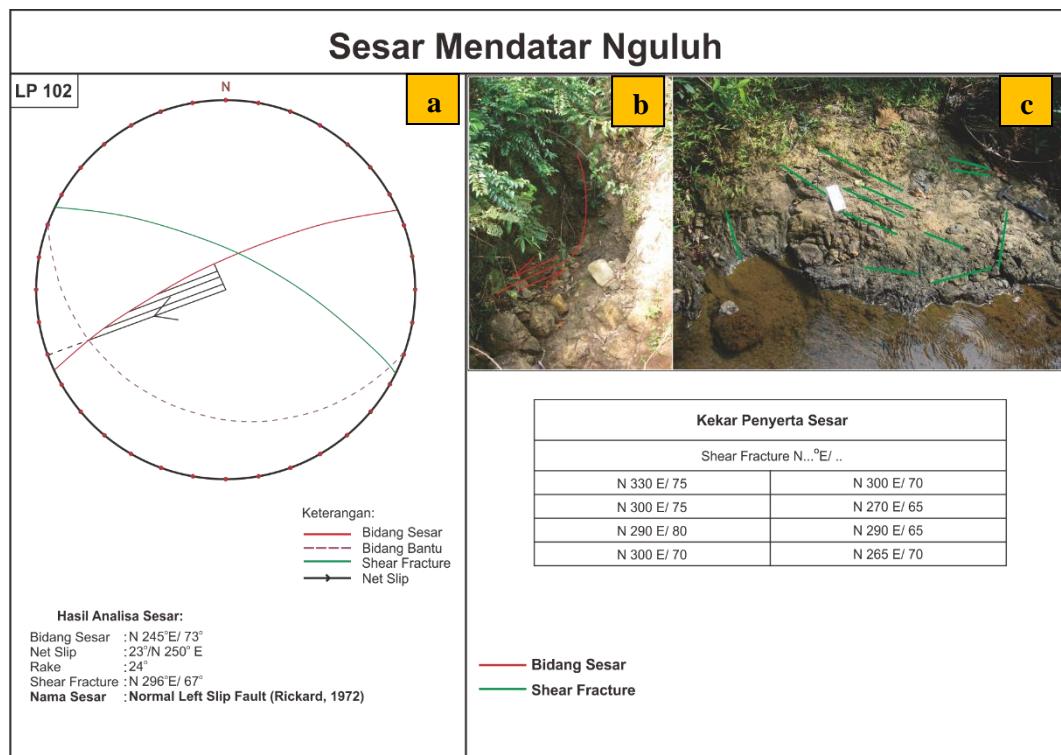
Penamaan sesar Begagan diambil dari nama sungai pada daerah tersingkapnya sesar ini. Bukti di lapangan sesar Begagan ditemukan pada lokasi pengamatan 57. Pada lokasi pengamatan 57 data yang didapat adalah bidang sesar, dan *shear fracture*. Hasil analisa didapatkan bidang sesar N  $65^{\circ}$  E /  $75^{\circ}$ , *net slip*  $30^{\circ}$  / N  $211^{\circ}$  E, dan rake  $30^{\circ}$ . Dari hasil analisa didapatkan nama sesar mendatar kanan atau *normal right slip fault* (Rickard., 1972). Sesar Begagan pada lokasi pengamatan 57.



**Gambar 4.50.** (a) Analisa streografis pada LP 57. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N  $180^{\circ}$ . (c) Foto kenampakan bidang sesar terisi vein kuarsa, arah kamera N  $180^{\circ}$ . (d) Foto kenampakan *shear fracture*, arah kamera N  $240^{\circ}$  E

#### 4.3.2.2.12 Sesar Mendatar Nguluh

Penamaan sesar Nguluh diambil dari nama sungai pada daerah tersingkapnya sesar ini. Bukti di lapangan sesar Nguluh ditemukan pada lokasi pengamatan 102. Pada lokasi pengamatan 102 data yang didapat adalah bidang sesar, dan *shear fracture*. Hasil analisa didapatkan bidang sesar N 245° E / 73°, *net slip* 23° / N 250° E, dan rake 24°. Dari hasil analisa didapatkan nama sesar mendatar kanan atau *normal right slip fault* (Rickard., 1972). Sesar Begagan pada lokasi pengamatan 102.



**Gambar 4.51.** (a) Analisa streografis pada LP 102. (b) Foto kenampakan bidang sesar, arah kamera N 65° E. (c) Foto kenampakan *shear fracture*, arah kamera N 10° E

#### 4.4. Sejarah Geologi

##### 1. Eosen Akhir-Oligosen Awal

Kala Eosen Akhir-Oligosen Awal terjadi tumbukan mikrokontinen Jawa Timur yang mengakibatkan terjadinya proses deformasi di Pulau Jawa. Tumbukan mikrokontinen ini menyebabkan terjadinya subduksi di selatan mikrokontinen Jawa Timur, tumbukan ini dipicu oleh meningkatnya Kecepatan pergerakan benua Australia ke arah utara (Prasetyadi, 2007). Subduksi ini mengakibatkan munculnya aktifitas vulkanisme yang berperan besar pada pembentukan zona gunungapi di

bagian selatan Pulau Jawa (Sribudiyani dkk, 2003). Selain terjadinya aktifitas vulkanisme, tektonik juga membentuk cekungan di daerah penelitian yang menjadi tempat mengendapnya material sedimen.

## 2. Oligosen Akhir-Miosen Akhir

Kala Oligosen Akhir - Miosen Awal sudut kemiringan subduksi bertambah yang menyebabkan pengurangan Kecepatan lempeng Australia ke utara (Hall, 2002). Akibatnya terjadi pengangkatan dan peningkatan aktifitas gunungapi yang menghasilkan material vulkanik. Pengangkatan mengakibatkan terbentuknya cekungan yang besar baik didarat maupun dilaut. Berdasarkan posisi kedudukan stratigrafi satuan breksi-vulkanik Mandalika pada daerah penelitian menjadi satuan paling tua, Pembentukan batuan vulkanik tersebut terus berlangsung hingga aktifitas vulkanisme berakhir pada akhir dari Miosen Awal. Pada Kala Miosen Awal, daerah penelitian masih berupa daratan dimana terdapat gunungapi aktif, sehingga batuan penyusun daerah penelitian pada saat itu terdiri dari breksi-vulkanik.

Tidak ditemukannya fosil pada satuan tersebut, atas dasar ciri litologi, tidak ditemukannya material laut, dan didukung oleh aktifitas vulkanisme maka satuan breksi-vulkanik Mandalika diduga diendapkan di lingkungan darat.

Pada Kala Miosen Tengah aktifitas vulkanisme mulai berhenti dan terjadi kenaikan muka air laut. Sehingga daerah penelitian yang pada awalnya berupa daratan berubah menjadi laut dangkal yang terletak diantara gunungapi atau disebut dengan *intra arc basin*. Pada lingkungan laut dengan kondisi tenang dan hangat inilah Formasi Campurdarat mulai terbentuk. Pembentukan formasi ini diawali dengan pembentukan batugamping terumbu yang berkembang di utara busur gunungapi dan menghasilkan deretan batugamping terumbu yang hampir sejajar dengan garis pantai yang dikenal dengan *barrier reef*. Di selatan *barrier reef* tersebut kemudian diendapkan batugamping klastik hasil rombakan dari batugamping terumbu. Proses pengendapan formasi ini diperkirakan masih dipengaruhi oleh batuan – batuan terobosan, sehingga dibeberapa tempat ditemukan batugamping yang sudah tidak dapat diketahui tekstur pengendapaanya dan disebut dengan batugamping tersilikakan. Formasi Campurdarat terbentuk secara terus menerus hingga tengah Miosen Tengah.

Pada akhir Miosen Tengah terjadi proses tektonik yang menyebabkan Formasi Mandalika dan Formasi Campurdarat mengalami pengangkatan serta perlipatan, sehingga kedudukan batuan dari kedua formasi tersebut berubah.

Kala Miosen Tengah – Miosen Akhir, terjadi transgresi diikuti dengan berhenti fase vulkanisme daerah penelitian

### **3. Pliosen-Resen**

Kala Pliosen fase tektonik kembali terjadi sehingga mengakibatkan pengangkatan, perlipatan, dan persesaran khususnya pada daerah selatan Pulau Jawa. Akibat adanya proses tektonik ini, mengakibatkan terjadinya pengangkatan sehingga mulai terjadi proses pelapukan, erosi yang berlangsung sampai saat ini, hal ini dibuktikan dengan terendapkannya endapan aluvial pada Kala Holosen. Endapan aluvial ini terendapan dengan lingkungan darat.

## **4.5. Potensi Geologi**

Berdasarkan manfaat dan ancaman, potensi geologi daerah penelitian dapat dibedakan menjadi dua, yaitu potensi geologi positif dan potensi negatif.

Potensi geologi positif yakni mengacu kepada kondisi geologi daerah penelitian yang disusun terutama oleh batuan-batuhan beku, breksi, dan batugamping, maka produk di daerah tersebut dapat dikategorikan ke dalam susunan batuan dari yang komposit. Luasnya sebaran dan besarnya volume produk gunungapi dan batugamping tersebut telah membentuk sumber daya bahan galian C yang signifikan di wilayah Gandusari dan sekitarnya, sehingga menciptakan potensi untuk dikelola dan dimanfaatkan secara optimal sebagai penunjang perekonomian daerah. Selain bahan galian C potensi positif yang lain adalah Geowisata.

Potensi geologi negatif merupakan potensi yang merugikan dalam hal ini berupa bencana alam.

#### 4.5.1. Potensi Geologi Positif

##### 1. Bahan Galian C Diorit, Andesit dan batugamping.

Jenis bahan galian ini berasal dari perbukitan yang berada di beberapa Desa daerah penelitian. Terdiri atas bahan galian diorit berasal dari G. Sepikul, dan bahan galian andesit berasal dari K. Ancargebang, Desa Sukoharjo (**Gambar 4.52-4.53.**). Bahan galian tersebut mempunyai kuantitas yang cukup melimpah, yang dapat digunakan untuk bahan bangunan, ornamen dan kerajinan tangan. Bahan galian batugamping dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk hiasan rumah, lantai dan untuk bahan baku pembuatan semen.



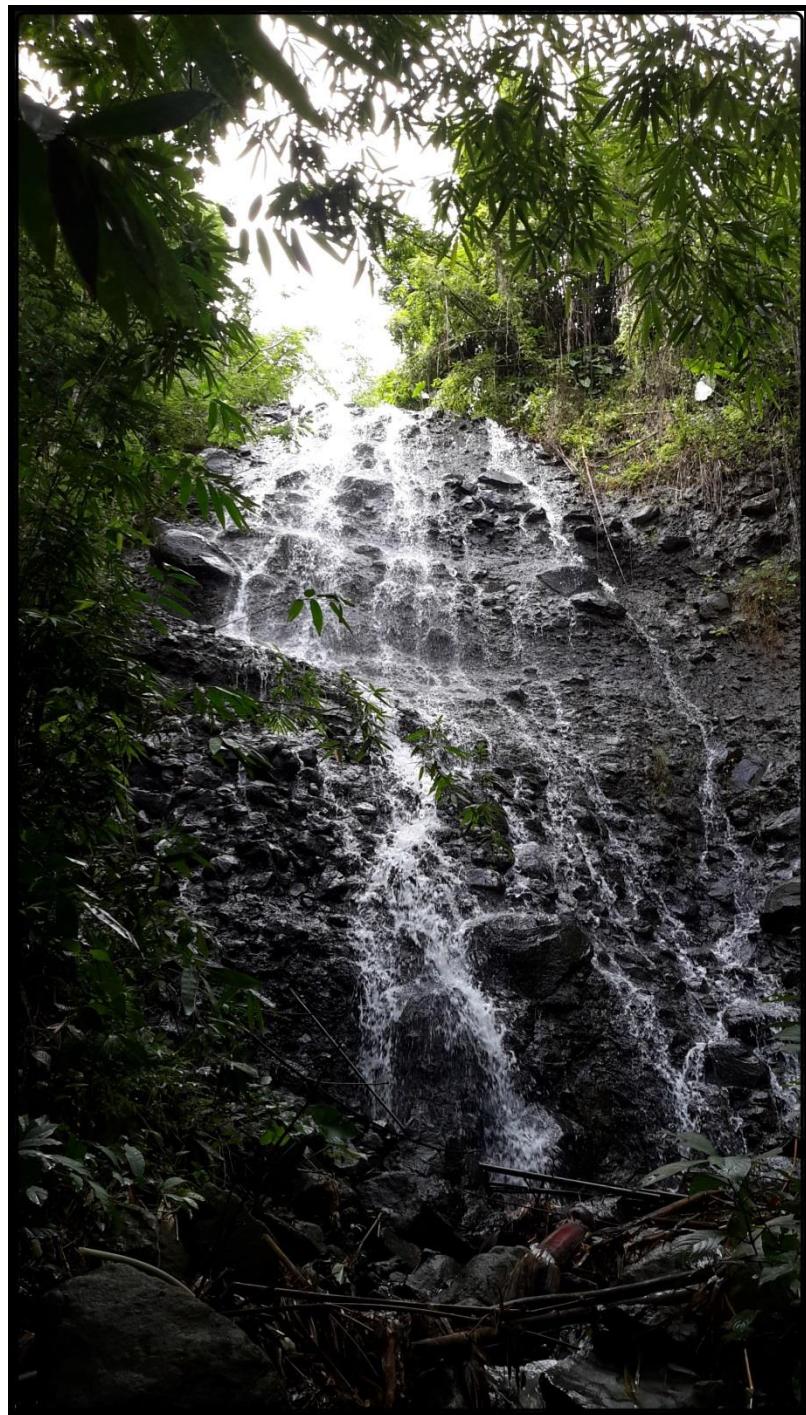
**Gambar 4.52.** Bahan galian C berupa diorit berada di Desa Watuagung, Kec. Watulimo, Arah kamera N 242°E



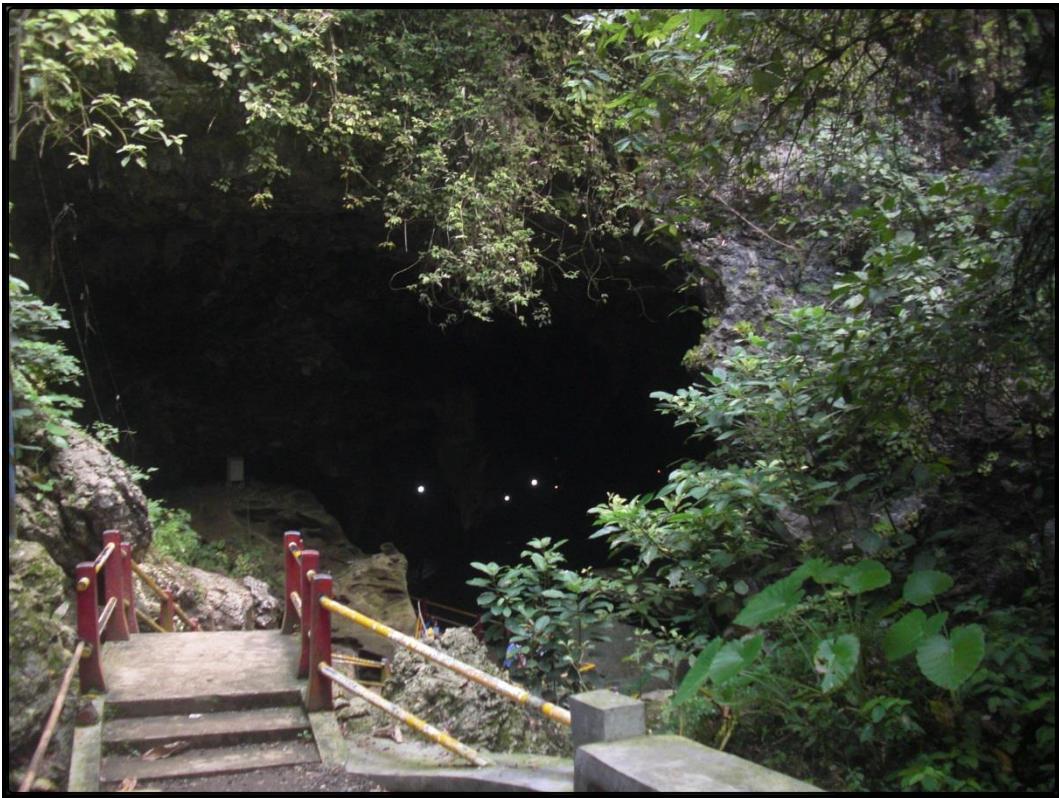
**Gambar 4.53.** Bahan galian C berupa gamping berada di Desa Widoro, Kec. Gandusari, Arah kamera N 50°E

## 2. Geowisata

Bentukan geomorfologi berupa pegunungan dan perbukitan pada daerah penelitian sangat baik digunakan sebagai obyek wisata, hamparan bukit yang sangat luas ditambah dengan adanya curug atau air terjun (**Gambar 4.56**) serta adanya sebuah bukit yang disusun oleh diorit, terdapat goa mengingat bahwa daerah penelitian sebagian di susun oleh batugamping yang menambah keindahan geowisata pada daerah penelitian (**Gambar 4.57-4.59**).



**Gambar 4.54.** Objek wisata air terjun kali Teklik di Desa Pakel, arah kamera N 180°E



**Gambar 4.55.** Objek wisata Goa lowo, arah kamera N 140°E

## 4.5.2 Potensi Geologi Negatif

### 1. Potensi gerakan tanah

Gerakan tanah pada umumnya intensif terjadi pada Satuan breksi-vulkanik Mandalika yang rentan terhadap proses erosi, struktur geologi, dan juga batuan yang sudah teralterasi menjadi material yang mempunyai kandungan lempung didalamnya, hal ini juga didukung dengan kemiringan lereng yang terjal yang dapat menyebabkan terjadinya longsor (**Gambar 4.56.**) Longsor ini berbahaya bagi pengendara kendaraan karena berlokasi di pinggir jalan.



**Gambar 4.56.** Longsor di Desa Kampak, arah kamera N 100°E

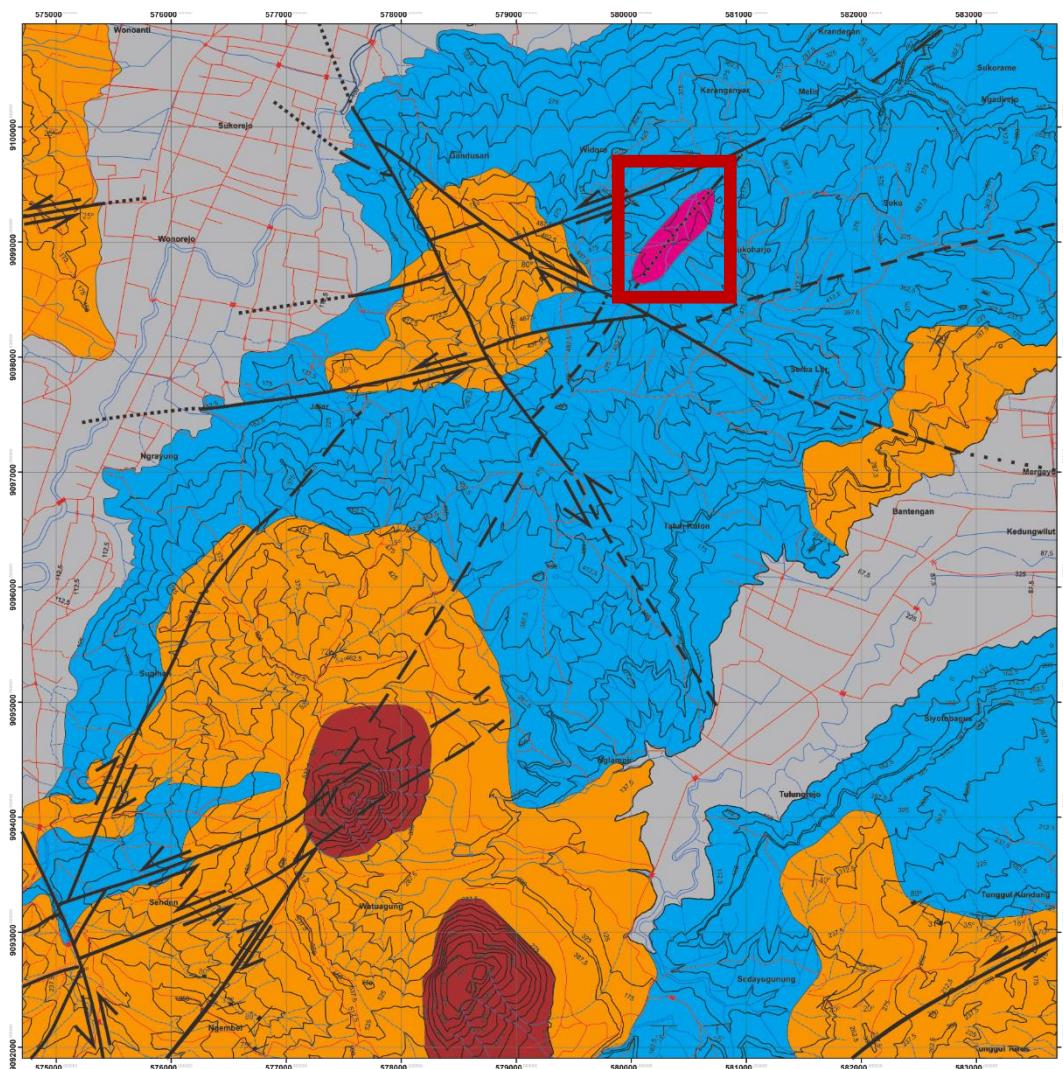
## BAB 5

### ALTERASI

#### 5.1 Alterasi Daerah Penelitian

Alterasi merupakan perubahan komposisi mineralogi batuan (dalam keadaan padat) karena pengaruh Suhu dan Tekanan yang tinggi dan **tidak dalam kondisi isokimia** menghasilkan mineral lempung, kuarsa, oksida atau sulfida logam. Proses alterasi merupakan peristiwa sekunder, berbeda dengan metamorfisme yang merupakan peristiwa primer. Alterasi terjadi pada intrusi batuan beku yang mengalami pemanasan dan pada struktur tertentu yang memungkinkan masuknya air meteoric untuk dapat mengubah komposisi mineralogi batuan.

Zona alterasi pada daerah penelitian diawali dengan zona alterasi silisifikasi, zona argilik, zona propilitik, dan terdapat urat kuarsa yang mengisi sesar-sesar yang berarah timur laut – barat daya dan barat laut - tenggara. Diperkirakan sumber panas berasal dari Intrusi Andesit sebelah utara daerah penelitian. Fluida hidrothermal ini melewati zona lemah berupa sesar-sesar di daerah penelitian. (**Gambar 5.1**)



**Gambar 5.1.** Sumber pembentukan alterasi daerah penelitian dari intrusi adesit

### 5.1.1 Tipe Silisifikasi

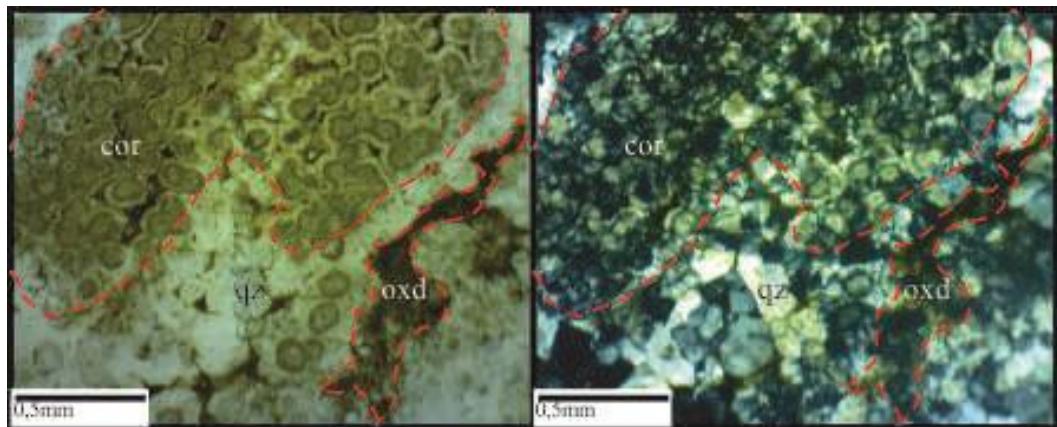
Zona alterasi memiliki luasan 5% dari total luasan daerah penelitian pembentukan zona alterasi silisifikasi dikarenakan proses metasomatisme batuan dan penggantian mineral primer oleh mineral sekunder. Zona silisifikasi merupakan zona pengkayaan mineral kuarsa menggantikan mineral primer, zona silisifikasi terlingkupi oleh zona argilik kontrol struktur pada zona ini yang paling berperan, antara lain sesar Keling. Sesar Keling mempunyai arah bidang barat laut – tenggara sehingga pola zona yang dihasilkan mengikuti pola sesar Keling itu sendiri.

Alterasi silisifikasi ditemukan pada litologi batugamping, batugamping menjadi kaya akan silika, menggantikan kandungan kalsit pada batuan. Lokasi zona ubahan secara administratif terletak pada Kecamatan Gandusari, Desa gandusari dan Desa Widoro dengan lokasi pengamatan pada LP 139, LP 149, dan LP 219 (**Gambar 5.2**).



**Gambar 5.2.** (a) Foto singkapan batugamping tersilikakan berada di Desa Gandusari, Kec. Gandusari di utara lokasi penelitian pada LP 135 arah kamera N 330°E (b) Foto *closeup* batuan.

Berdasarkan hasil analisa petrografis: Koral 40%; Mineral Silika (umumnya kuarsa sekunder) 52%; mineral oksida 8%, Penggantian (*replacement*) oleh silika pada batugamping yang mengandung koral, teralerasi silisifikasi ***Batugamping tersilikakan*** (**Gambar 5.3**).



**Gambar 5.3.** Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (kiri) dan nikol silang (kanan) *Batugamping tersilikakan* di LP 135.

### 5.1.2 Tipe Argilik

Zona alterasi ini menyebar 15% dari total luasan daerah penelitian pembentukan zona alterasi argilik ini diakibatkan pada tahapan metasomatisme batuan serta terjadinya penggantian dan perombakan ulang susunan kimia mineral primer pada tubuh batuan oleh mineral sekunder. Zona alterasi ini menyebar relatif didalam zona alterasi profilitik. Kontrol struktur terhadap ubahan ini sangat berpengaruh antara lain yakni sesar keling yang berada dilokasi penelitian sebelah utara dan sesar sanden yang berada pada selatan daerah penelitian.

Alterasi argilik yang ditemukan di daerah penelitian dijumpai pada litologi batupasir-vulkanik, breksi-vulkanik, dan lava andesit.

Tipe ubahan alterasi ini sebagian terdapat di sungai Ngasinan, contoh alterasi argilik pada LP 30, LP 59 dan LP 76 yang didominasi oleh mineral kaolin (**Gambar 5.4**).



**Gambar 5.4.** (a) Foto singkapan altersi argilik pada LP 30. (b) *close up* altersi argilik (kaolin). Tekstur *massive silicate*. (c) Singkapan Alterasi argilik pada LP 76. (d) *close up* altersi argilik kaolin. (e) Singkapan alterasi argilik pada LP 59. (f) *close up* singkapan.

Dengan mengacu terhadap Corbett *and* Leach., (1998), secara spesifik telah membahas tentang kisaran temperatur mineral ubahan pH, penulis memasukkan kisaran temperatur keterbentukan zona alterasi agilik ini berkisar  $200^{\circ}\text{ C}$  -  $300^{\circ}\text{ C}$  dan pH mendekati normal yaitu 3- 4 (Stoffregen., 1987 dalam Corbett *and* Leach., 1998), dengan mempertimbangkan komposisi himpunan mineral ubahan yang terdapat pada lokasi pengamatan dilapangan salah satunya adalah mineral kaolinit yang merupakan hasil dari kondensi voalatil magnetik. Serta keterbatasan dari analisa pendukung sebagai penentu kisaran temperatur keterbentukan zona alterasi pada lokasi penelitian.

### 5.1.2 Tipe Propilitik

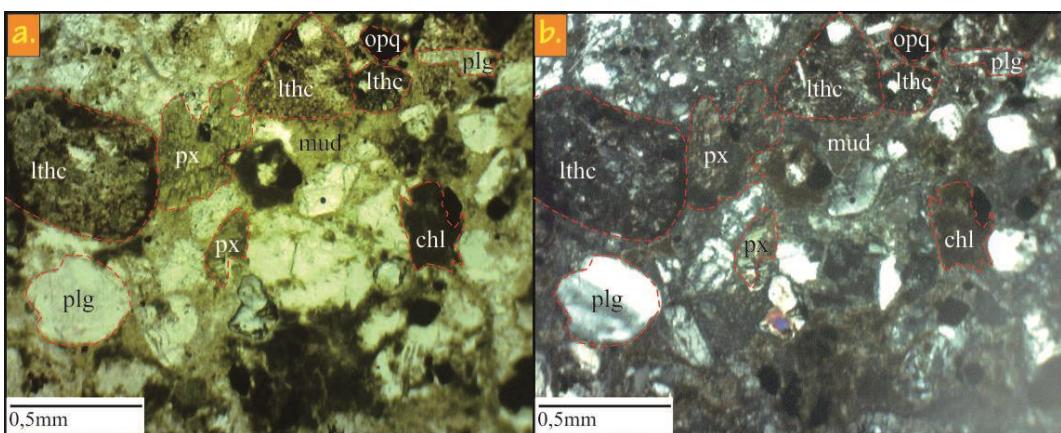
Zona alterasi propilitik di daerah penelitian memiliki luasan 25% Himpunan mineral terdiri dari klorit, epidot, kalsit dan kuarsa  $2^{nd}$ . Zona alterasi ini menyebar dibagian luar dari zona alterasi argilik. Alterasi propilitik daerah penelitian ditemukan terubah sedang-lemah, yang tedapat pada batuan breksi vulkanik, lava, dan breksi piroklastik. Alterasi ini dipengaruhi oleh struktur sehingga membentuk pola ubahan mengikuti pola struktur yang berkembang pada daerah penelitian.

Tipe ubahan alterasi ini terdapat di sepanjang sungai Ngasinan, dan desa Plagen. Contoh alterasi propilitik pada LP 26, LP 64 dan LP 32 yang didominasi oleh mineral kuarsa, dan klorit (Gambar 5.5).



**Gambar 5.5.** (a) Singkapan breksi vulkanik terubah propilitik pada LP 26. (b) *Close up* ubahan propilitik. (c) Singkapan lava andesit terubah propilitik pada LP 64. (d) *Close up* ubahan propilitik. (e) Singkapan tuff terubah propilitik pada LP 125. (f) *Close up* ubahan propilitik.

Berdasarkan hasil analisa petrografi dari matriks breksi-vulkanik (Lampiran F.6) dari sampel pada lokasi pengamatan 26 (Gambar 4.30), didapatkan presentase komposisi mineral terdiri dari mineral lithik batuan beku (umumnya andesit) 45 %; mineral opak 5%; klorit (s) 5%; plagioklas 20%; mineral mafik 15%; *mud/matrix* 10%; *Grain supported. Lithic (volcanic) arenite* (**Gambar 5.6**).



**Gambar 5.6.** Kenampakan mikroskopis nikol sejajar (a) dan nikol silang (b) breksi terubah propilitik di LP 26.

Dengan mengacu terhadap Corbett *and* Leach., (1998), secara spesifik telah membahas tentang kisaran temperatur mineral ubahan pH, penulis memasukkan kisaran temperatur keterbentukan zona alterasi prophilitik ini berkisar  $240^{\circ}\text{C}$  -  $320^{\circ}\text{C}$  dan pH 5 -6, dengan mempertimbangkan komposisi himpunan mineral ubahan yang terdapat pada lokasi pengamatan dilapangan adalah klorit, epidot dan kalsit merupakan himpunan mineral yang membentuk alterasi prophilitik.

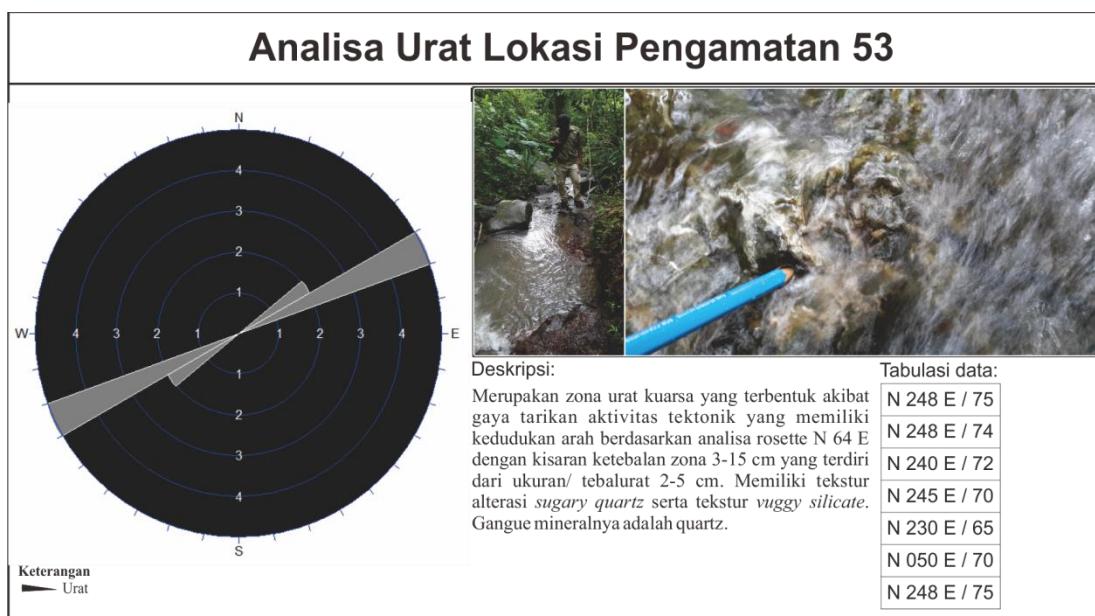
### 5.2.1 Urat Kuarsa, Kalsit

Urat Kuarsa, kalsit yang terbentuk pada daerah penelitian terdapat di sesar dan kekar, Kuarsa, kalsit ini mengisi zona lemah yang realtif mengarah Baratlaut-Tenggara. Terdapat singkapan urat Kuarsa, kalsit pada LP 30 dengan kedudukan N  $042^{\circ}\text{E}$  /  $72^{\circ}$ , tebal urat ini mencapai 2,6-10 cm. Urat ini terdapat di sepanjang Kali Ngasinan dengan tipe alterasi sekitarnya argilik. (Gambar 5.7)



Gambar 5.7. Singkapan urat kuarsa, kalsit pada LP 30, arah kamera N $010^{\circ}\text{E}$

Urat kuarsa yang terbentuk pada daerah penelitian terdapat di sesar dan kekar, kuarsa ini mengisi zona lemah yang realtif mengarah Timurlaut-Baratdaya. Terdapat singkapan urat kuarsa pada LP 53 dengan kedudukan N  $245^{\circ}\text{E}$  /  $73^{\circ}$ , tebal urat ini mencapai 2-5 cm. Urat ini terdapat di sepanjang kali Teklik dengan tipe alterasi sekitarnya propilitik. (Gambar 5.8)



**Gambar 5.8.** Singkapan urat kuarsa pada LP 59 dengan tebal 50 cm, arah kamera  $N030^{\circ}E$

## 5.2 Paragenesa Alterasi Daerah Penelitian

Berdasarkan pembagian zona alterasi pada daerah penelitian menunjukkan adanya perubahan kondisi temperatur dan pH dari larutan hidrothermal. Berdasarkan pengelompokan mineral alterasi hidrothermal menurut Corbett dan Leach (1996) dapat diketahui perkiraan tahapan zona alterasi. Tahapan zona alterasi pada daerah penelitian diawali dengan pembentukan zona silisifikasi, Zona Argilik pada (illit-skemita-kuarsa-kalsit) yang ditandai dengan mineral lempung terbentuk pada temperatur 100 - 250° C dan pH 4 - 5. Kemudian pada bagian terluar terdapat Zona Prophilitik (klorit-epidot-kalsit-zeolit) yang terbentuk pada kisaran temperatur 240 - 320° C dan pH 5 – 6. Kedua zona alterasi ini menunjukkan adanya perubahan secara mineralogi akibat perubahan temperatur dan pH larutan hidrothermal.

### **5.3 Fase Alterasi Pada Daerah Penelitian**

Terdapat beberapa faktor yang dapat mengubah suatu zona batuan terubah menjadi zona alterasi salah satunya adalah permeabilitas, dalam daerah penelitian sesar berperan sebagai zona permeabilitas atau zona tempat naiknya fluida. Berdasarkan ini, zona alterasi terbentuk setelah proses pensesaran terbentuk.

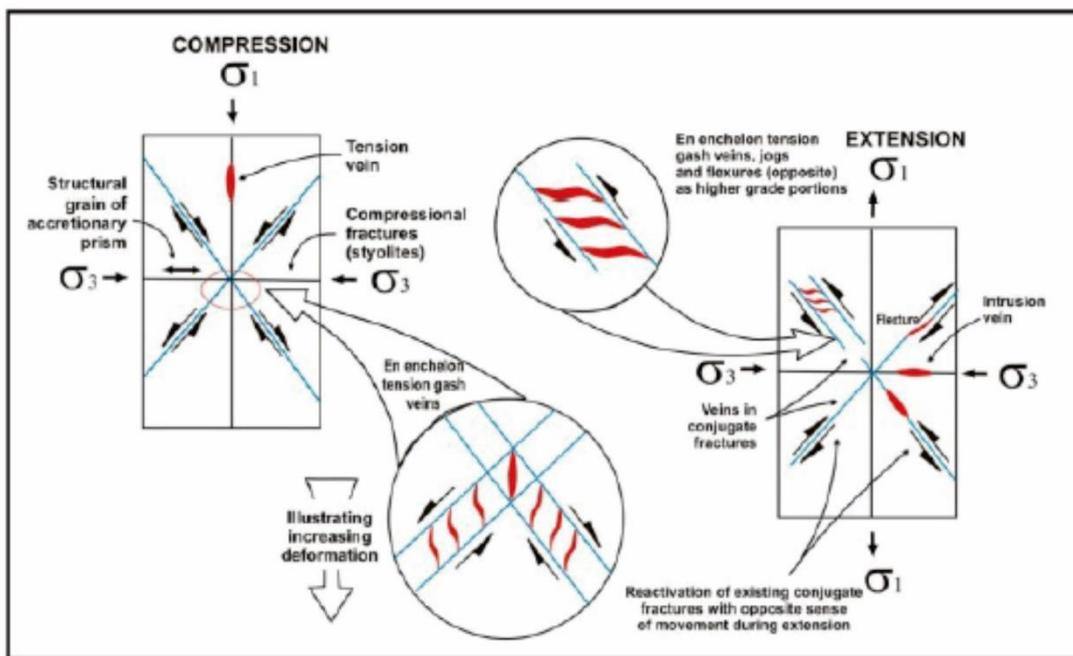
Terbentuknya zona alterasi daerah penelitian setelah proses pensesaran terjadi dan dapat dibuktikan dengan batuan yang tersingkap di sekitar zona sesar terubah komposisi mineral primernya, sementara singkapan yang jauh dari zona sesar komposisi mineral masih berupa mineral-mineral primer. Pembuktian mengenai hal ini yaitu dengan batugamping yang terdapat di daerah penelitian sebagian tidak terubah (LP 89) dan sebagian terubah menjadi batugamping yang bersifat silikaan (LP 135). Diketahui bahwa sesar yang terbentuk pada daerah penelitian berumur akhir Miosen Tengah, hal ini didasari oleh Satuan batugamping yang berumur Miosen Tengah terpotong oleh sesar. Berdasarkan ini fase alterasi daerah penelitian berumur kisaran Miosen Akhir – Pliosen.

### **5.4 Hubungan Struktur Terhadap Alterasi**

Hasil analisa sesar di daerah penelitian terdapat sesar-sesar yang saling berpotongan. Pada pembahasan sebelumnya bahwa sesar merupakan syarat pembentukan alterasi, karena sesar adalah jalur lewatnya fluida panas yang dapat mengubah komposisi batuan samping. Zona alterasi pada daerah penelitian dapat berbeda meskipun dalam zona sesar yang sama contohnya, zona sesar Keling. Zona sesar Keling memiliki dua zona alterasi yaitu, zona alterasi silisifikasi dan zona argilik, menurut hasil analisa hal ini disebabkan oleh adanya zona yang terbuka lebih lebar dalam satu zona tersebut yakni, sesar keling memotong zona sesar yang sebelumnya terbentuk sehingga mengakibatkan bukaan yang lebih besar dan membuat zona alterasi baru yaitu zona silisifikasi yang dilingkupi oleh zona alterasi argilik. (**Gambar 5.8**)

Dapat disimpulkan zona sesar merupakan tempat mengalirnya fluida yang mengubah batuan samping. Pada satu zona sesar dapat terubah semua, tetapi jenis ubahan dalam satu zona sesar dapat terbentuk berbeda.

Pada daerah penelitian terdapat zona titik regangan yang mana zona ini merupakan zona perpotongan antara sesar. Perpotongan ini menjadi titik yang sangat lemah, maka tempat ini adalah zona yang ideal untuk lewatnya fluida. Pada daerah penelitian perpotongan sesar ini terdapat banyak urat kuarsa, kalsit, yang terletak pada alterasi argilik dan propilitik. (**Gambar 5.8**)



**Gambar 5.9.** Sistem rekahan yang memperlihatkan pola regangan pada tatanan konvergensi ortogonal (Corbett & Leach, 1998)

## 5.5 Mineralisasi Daerah Penelitian

Mineralisasi adalah proses pembentukan mineral baru pada tubuh batuan yang diakibatkan oleh proses magmatik ataupun proses yang lainnya, namun mineral yang dihasilkan bukanlah mineral yang sudah ada sebelumnya. Alterasi hidrotermal adalah salah satu proses yang dapat menyebabkan mineralisasi.

Larutan hidrotermal yang melewati batuan, ketika berinteraksi atau kontak dengan batuan tersebut maka larutan hidrotermal akan membawa ion-ion atau

kation-kation yang diambil dari batuan tersebut, di dalam perjalanannya ion-ion dan kation-kation tersebut dapat berikatan membentuk senyawa, lalu dalam proses pendinginan, larutan tersebut menjadi jenuh dan terjadi presipitasi mineral-mineral baru, dapat berupa mineral-mineral logam atau mineral-mineral bijih, seperti tembaga, emas, molibdenum dll.

Pada daerah penelitian fluida *meteoric* berperan dominan dalam pembentukan alterasi, sehingga tidak membentuk mineralisasi dengan baik. Mineral logam yang terbentuk berupa ±pirit, ±kalkopirit (Gambar 5.12). Berlum terdapat mineral ekonomis yang dominan dalam pengamatan. Sehingga dapat disimpulkan mineralisasi daerah penelitian kurang berkembang dengan baik.



**Gambar 5.10.** (a). Kenampakan pirit pada LP 29. (b) Kenampakan pirit dan kalkopirit LP 76.

## 5.6 Karakteristik Tipe Endapan

Penentuan karakteristik tipe endapan di daerah penelitian dilakukan penulis dengan cara pendekatan terhadap parameter kunci yang mengarah pada tipe endapan tertentu. Penentuan tipe alterasi dan penentuan tipe endapan mengacu pada Corbett dan Leach (1997).

**Tabel 5.1** Tabel Karakteristik Tipe Endapan:

<b>Intrusi</b>	Andesit, diorit
<b>Wall rock</b>	Breksi vulkanik
<b>Tipe ubahan</b>	Argilik, Propilitik
<b>Mineral ubahan</b>	Kuarsa, klorit, kalsit, kaolin, mineral lempung, ±epidot.
<b>Komoditi logam</b>	Fe, Cu
<b>Tekstur utama</b>	<i>Vuggy, massive quartz, sugary quartz</i>
<b>Kontrol mineralisasi dan alterasi</b>	Struktur geologi (sesar dan kekar)
<b>Lingkungan pembentukan</b>	Fasies gunung api <i>proximal - medial</i>

Berdasarkan data dan parameter-parameter pada Tabel 5.1, maka penulis menyimpulkan bahwa tipe endapan pada daerah Gandusari dan sekitarnya termasuk dalam tipe sulfidasi rendah kontrol struktur (*epithermal low-sulfidation*)

## BAB 6

### KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil interpretasi kemudian di buktikan dengan data lapangan, dan didukung oleh hasil laboratorium pada daerah Gandusari dan sekitarnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Daerah penelitian dapat dibagi menjadi 3 bentukan asal dan 5 bentuklahan (**Lampiran C**), yaitu:
  - a. Bentukan asal struktural: satuan bentuklahan perbukitan homoklin (S1), satuan bentuklahan lereng homoklin (S2)
  - b. Bentukan asal fluvial: satuan bentuklahan dataran aluvial (F1), satuan bentuklahan tubuh sungai (F2)
  - c. Bentukan asal vulkanik: satuan bentuklahan bukit intrusi (V1).
2. Stratigrafi pada daerah penelitian dapat dibagi menjadi 6 satuan stratigrafi, urutan dari tua ke muda yaitu Satuan breksi-vulkanik Mandalika, Satuan Diorit, Satuan batugamping Campurdarat, Satuan Andesit, Satuan Marmer, dan endapan aluvial.
3. Struktur yang berkembang yaitu sesar Plagen, sesar Jajar 2, sesar Jajar 1, sesar Keling, sesar Nglompang, sesar Tempel, sesar Sanden 1, sesar Sanden 2, sesar Sanden 3, sesar Ngasinan, sesar Begagan, sesar Nguluh.
4. Zona alterasi daerah penelitian dibagi menjadi dua zona yaitu zona argilik, dan propilitik dengan mineral ubahan berupa kuarsa, klorit, kaolin, mineral lempung, ±epidot. Zona alterasi daerah penelitian sangat terpengaruh oleh struktur yang berkembang.
5. Pola mineralisasi di daerah penelitian terdapat di kekar dan sesar yang bertekstur *vuggy*, *sugary quartz*, dan *massive quatrz*. Mineral logam yang muncul pirit, kalkopirit. Tipe endapan di daerah penelitian yaitu sulfida rendah kontrol struktur (*low-sulfidasi structural controlled*)
6. Potensi positif daerah penelitian adalah tambang bahan galian C berupa diorit pada daerah Watulimo, batugamping pada daerah Gandusari dan sekitarnya, tempat wisata antara lain Goa Lowo daerah Watulimo.

Sedangkan potensi negatif berupa longsor di daerah Kampak dan banjir daerah Gandusari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barker, R. Wright, 1960, *Taxonomix Notes, Society of Economic Paleontologist and Mineralogist*. Special Publication No.9. Tulsa, Oklahoma, U.S.A.
- Bateman, A. M., 1956. *Economic Mineral Deposits*: New York, John Wiley and Sons, Inc., 916 p.
- Blow, W.H., 1969, Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy : International Conference Planktonic Microfossils 1st, *Proceedings of The First International Conference On Planktonic Microfossils*, Geneva 1967, Proc.Leiden, E.J. Buill. V.1. 422 p.
- Bothe, A.CH.G., 1929, *Jiwo Hills and Soutern Range, Excursion Guide*. IV<sup>th</sup> Pacific Sci. Cong. Bandung.
- Bogie, I., Mackenzie, K. M., 1998. The Application of A Volcanic Facies Model To An Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal, System at Wayang Windu, Java, Indonesia, *Proceedings of the 20th New Zealand Geothermal Workshop*, h.265-270.
- Bronto, S, dkk., 1994, Penyelidikan Awal Lava Bantal Watuadeg Bayat dan Karangsambung, Jawa Tengah. *Proceedings Geologi dan Geoteknik P. Jawa, Sejak Akhir Mesozoik hingga Kuater*, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta, hal. 143 – 150.
- Corbett, G.J. and Leach, T.M., 1996, *Southwest Pacific Rim Gold-copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization*, A Workshop Presented for the Society of Exploration Geochemists at Townville.
- Corbett, G.J. and Leach, T.M., 1998, *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization*: Society of Economic Geologists, USA, Special Publication No. 6.

Dunham, R. J. 1962, *Classification of carbonates rocks according to deposition rexture*, p. 108-121. In : Ham, W.E (ed) Classification of carbonates rocks, Tulsa, okla, AAPG mem. 1, 279 p.

Hall,R., 2002. Cenozoic geological and plate tectonics evolution of the SE Asia and the SW Pacific: computer based reconstruction, model and animations, *Journal of Asian Earth Sciences*, 20, p.353-434.

Hedenquist, J.W., 1987, Epithermal Gold, A Short Course on Theory and Practical Application, Goverment of New Zealand & Directorate General of Geology and Mineral Resources, Bandung  
Howard, A. D. (1967). Drainage Analysis in Geologic Interpretations: *A Summation. American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Bulletin*, vol. 51, 2246-2259.

Katili, J. A., 1975, *Volcanism and Plate Tectonics in The Indonesia Island Arcs. Tectonographysics*, 165-188.

Manur H. dan Barraclough R. 1994. Structural Control on Hydrocarbon Habitat in the Bawean area. *Proceedings Indonesian Petroleum Association, 23th Annual Convention*, 129-144.

Nahrowi, T.; Suratman, Y.; Namida, S.; Hidayat, S. (1978). *Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur*, Bagian Explorasi PPTMGB, Lemigas, Cepu.

Pettijohn F. J. 1975. Sedimentary Rocks: Harper & Row Publishers, New York-Evanston-San Fransisco-London.

Prasetyadi, C., 2007. *Evolusi Tektonik Jawa Bagian Timur*. Dr Disertasi pada Program Studi Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung, h. 177 – 194.

Pulunggono dan Martodjojo, S., 1994, *Perubahan Tektonik Paleogene – Neogene Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa*, Proceeding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa, Percetakan NAFIRI, Yogyakarta.

Purwanto, H.S., 2002, *Pemineralan Emas dan Kawalan Struktur Pada Kawasan Penjom, Pahang dan Lubok Mandi Terengganu, Semenanjung Malaysia*. Disertasi Doktor, Universitas Kebangsaan Malaysia Hal 39-83, tidak dipublikasikan.

Rickard. 1972. *Classification of Translational Fault Slip*: Geological Society of America.

Samodra, H., Gafoer, S., dan Tjokrosapoetro, S. 1992. *Tatanan Stratigrafi dan Tektonik Pegunungan Selatan Jawa Timur Antara Pacitan – Ponorogo*, Bidang Pemetaan Geologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Sartono, S., 1964, *Stratigraphic and Sedimentation of The Eastern Mostpart of Gunung Sewu, East Java*, Publikasi Teknik Geologi Umum, No.1, Direktorat Geologi Bandung.

Sribudiyani, Muchsin N., Ryacudu R., Kunto T., Astono P., Prastyo I., Sapiie B., Asikin S., Harsolumakso A. H., Yuliato I., 2003, The Collision of The East Java Microplate and its Implication for Hydrocarbon Occurrences in The East Java Basin, *Indonesia Petroleum Association 29th Annual Convention Proceedings*.

Surono, Toha, B., dan Sudarno, I. 1992. *Peta Geologi Lembar SurakartaGiritontro, Jawa, Skala 1 : 100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Van Bemmelen, R.W, (1949). *The Geology of Indonesia* (Vol. 1). Hague: Governor Printing Office.

Van Zuidam, R.A, 1983, *Guide to Geomorphology Aerial Photographic Interpretation And Mapping*, ITC, Enschede The Netherlands.

Verstappen, H. Th, 1985, *Geomorphological Surveys for Environmental Development*, Elsevier Science Publishing Company Lnc, Amsterdam.

White N.C. and Hedenquist J.W., 1995, *Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration*, Soc. Econ. Geol. Newsletter 21, (accepted).

Wiliams, H., Turner, F. J., and Gilbert, C.M., 1954, *Petrography. An introduction to study of rocks in thin sections.* W.H. Freeman and Company Inc., San Francisco.

# LAMPIRANE

# Urat Berkomposisi Kuarsa dan Mineralisasi Mineral Bijih

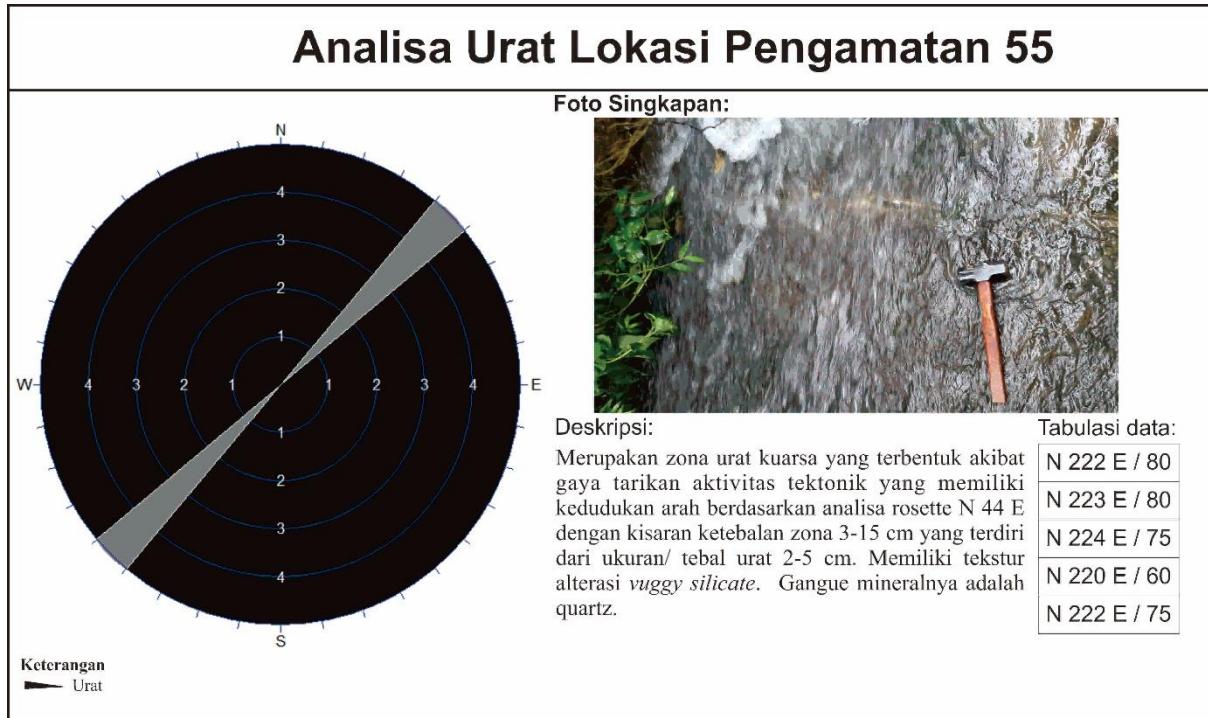
## Analisa E1



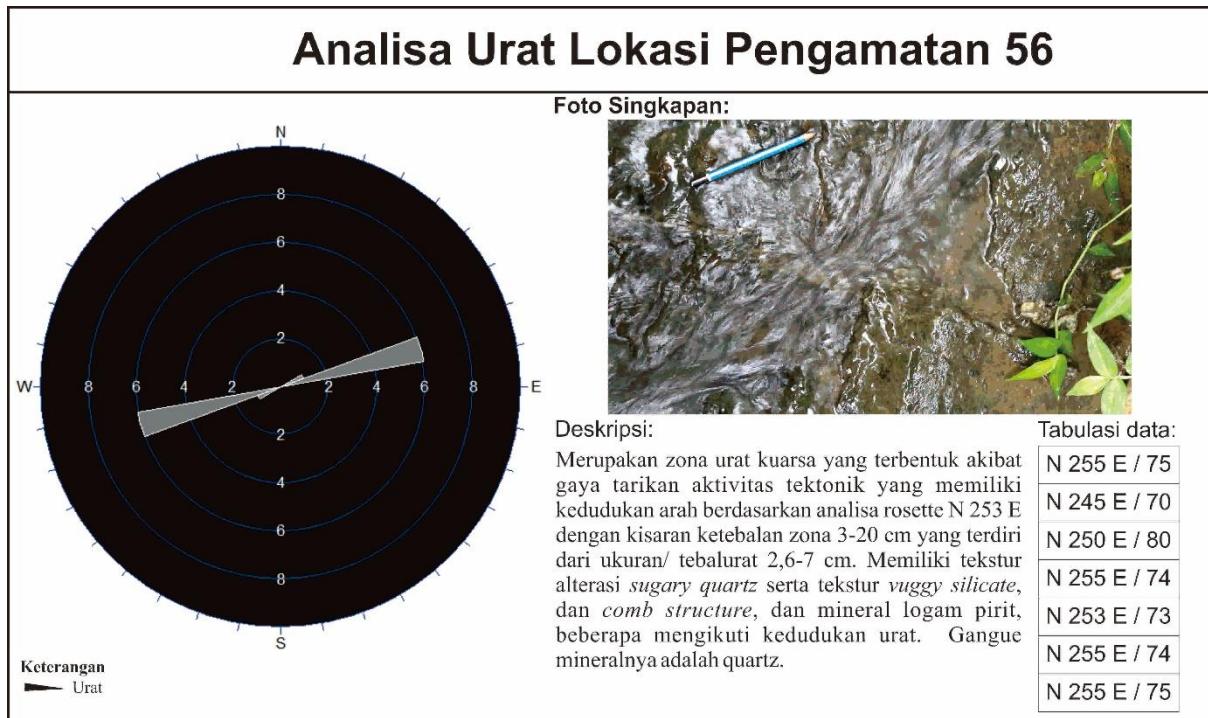
## Analisa E2



### Analisa E3



### Analisa E4



## Analisa E5



### Analisa E6



### Analisa E7



### Analisa E8



Foto Singkapan:



Deskripsi:

Merupakan zona urat kuarsa yang terbentuk akibat gaya tarikan aktivitas tektonik yang memiliki kedudukan arah berdasarkan analisa rosette N 230 E dengan kisaran ketebalan zona 3-30 cm yang terdiri dari ukuran/ tebalurat 5-16 cm. Memiliki tekstur alterasi serta tekstur *vuggy silicate*, dan *massive silicate*, beberapa mengikuti kedudukan urat. Gangue mineralnya adalah quartz.

Tabulasi data:

N 225 E / 80
N 235 E / 75
N 240 E / 90
N 235 E / 77
N 225 E / 70

### Analisa E9



Foto Singkapan:



Tabulasi data:

N 160 E / 80
N 350 E / 75
N 160 E / 80
N 165 E / 80
N 160 E / 75
N 150 E / 80
N 155 E / 75

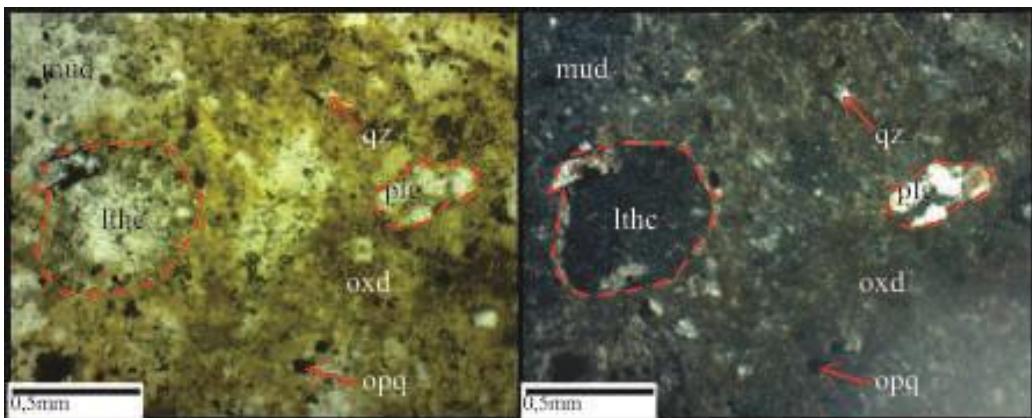
Deskripsi:

Merupakan zona urat kuarsa yang terbentuk akibat gaya tarikan aktivitas tektonik yang memiliki kedudukan arah berdasarkan analisa rosette N 164 E dengan kisaran ketebalan zona 3-15 cm yang terdiri dari ukuran/ tebalurat 5-10 cm. Memiliki tekstur alterasi serta tekstur *vuggy silicate*, dan *massive silicate*, beberapa mengikuti kedudukan urat. Gangue mineralnya adalah quartz.

# LAMPIRAN F



Kode Sayatan : A10-2-012  
Nomor LP : 12  
Formasi : Mandalika  
Nama lapangan : Matriks breksi-vulkanik



### **Pemerian Petrografis :**

Sayatan tipis batuan sedimen, tesktur klastik, warna cokelat, ukuran 0.5-0.1 mm, bentuk butir agak menyudut, matrix supported, terpilah buruk, kontak butiran float-point contact, disusun oleh litik batuan beku, mineral opak, mineral oksida, plagioklas, kuarsa, mineral mafic, mud/matrix.

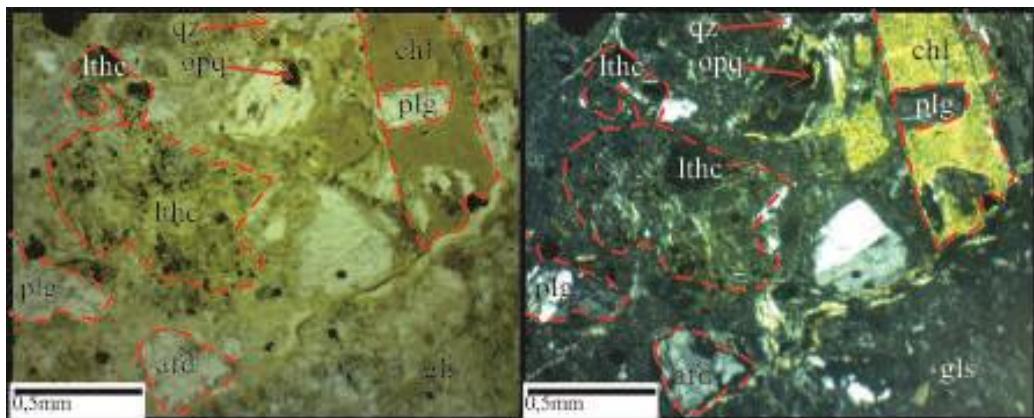
### **Komposisi Mineral :**

1. Litik batuan beku (40 %) : warna hitam, ukuran 0.5 mm, bentuk butir agak menyudut-agak membundar, hadir menyebar pada sayatan sebagai fragmen.
2. Mineal opak (10 %) : warna hitam, ukuran 0.2-0.1 mm, bentuk butir agak membulat, hadir setempat pada sayatan.
3. Mineral oksida (5 %) : warna oranye, hadir sebagai mineral sekunder.
4. Plagioklas (10 %) : warna putih, ukuran 1-0.5 mm, bentuk butir agak membulat, hadir menyebar pada sayatan.
5. Kuarsa (10 %) : warna putih, ukuran 0.2 mm, bentuk butir agak membundar, hadir menyebar pada sayatan.
6. Mineral mafic (5 %) : warna cokelat, ukuran 0.3 mm, bentuk butir agak membundar, hadir menyebar pada sayatan.
7. Mud/Matrix (20 %) : warna abu-abu, hadir menyebar sebagai matriks.

**Nama Batuan :** *Lithic (Volcanic) Wacke* (Gilbert, 1954)



Kode Sayatan : A10-3-125  
Nomor LP : 125  
Formasi : Mandalika  
Nama lapangan : Tuf



### **Pemerian Petrografis :**

Sayatan tipis batuan piroklastik, tesktur klastik, warna cokelat, ukuran 1.0-0.3 mm, bentuk butir agak menyudut, poorly welded, disusun oleh gelas vulkanik, litik (batuan vulkanik), plagioklas, mineral opaq, kuarsa, piroksen, klorit, mineral oksida.

### **Komposisi Mineral :**

#### Primer:

1. Gelas vulkanik (20 %) : warna abu-abu, hadir sebagai gelas.
2. Litik (10 %) : warna hitam, ukuran 1.0-0.3 mm, bentuk butir agak menyudut.
3. Plagioklas (15 %) : warna putih, ukuran 0.5 mm, bentuk butir agak meyudut.
4. Kuarsa (15 %) : warna putih, ukuran 0.3 mm, bentuk butir agak membundar.
5. Piroksen (20 %) : warna oranye, ukuran 1.0 mm, bentuk butir agak menyudut.

#### Sekunder:

6. Klorit (7 %) : warna hijau, hadir sebagai mineral sekunder sebagian menggantikan mineral mafik seperti piroksen.
7. Mineral opak (10 %) : warna hitam, ukuran 0.3 mm, bentuk butir agak menyudut hadir setempat dalam sayatan, sebagai mineral sekunder akibat proses hidrotermal.
8. Mineral Oksida (3 %) : warna cokelat, hadir sebagai mineral ubahan.



Persentase mineral Primer : Plagioklas (15%), Piroksen (20%), Kuarsa (15%)

Persentase mineral Sekunder : Klorit (7%) & Opak (10%)

Total persentase mineral : 67%

$\Sigma$  Min. Sekunder :  $\Sigma$  mineral = 17% : 67%

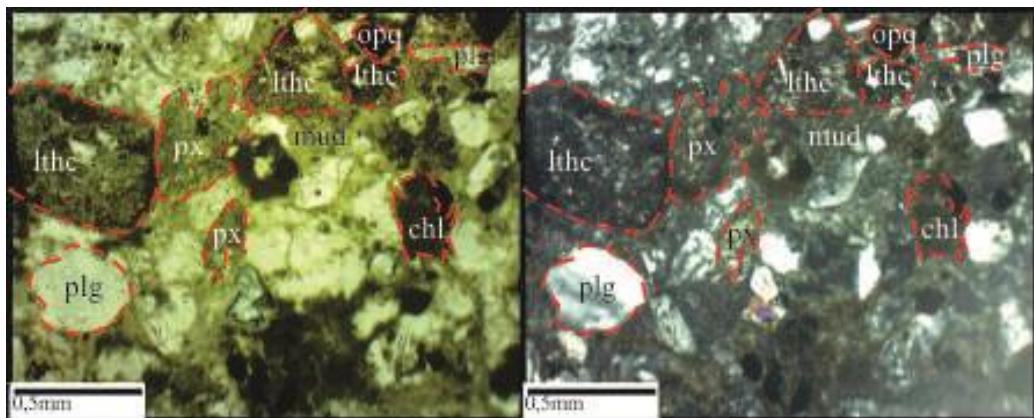
= 0,25 Intensitas terubah lemah, **Browne (1989)**

Terubah **Kloritisasi (Profilitik)**

**Nama Batuan :** *Vitrific* Tuf teralterasi lemah (*After Pettijohn, 1975*)



Kode Sayatan : A10-4-026  
Nomor LP : 26  
Formasi : Mandalika  
Nama lapangan : Matriks breksi-vulkanik



### **Pemerian Petrografis :**

Sayatan tipis batuan sedimen, tesktur klastik, warna cokelat, ukuran 0.75-0.1 mm, bentuk butir agak menyudut, grain supported, terpilah sedang, kontak butiran long-point contact, disusun oleh litik batuan beku, mineral opak, klorit, plagioklas, mineral mafic, mud/matrix.

### **Komposisi Mineral :**

#### Primer:

1. Litik batuan beku (45 %) : warna hitam, ukuran 0.75-0.5 mm, bentuk butir agak menyudut-agak membundar, hadir menyebar pada sayatan sebagai fragmen.
2. Plagioklas (20 %) : warna putih, ukuran 0.5 mm, bentuk butir agak membulat, hadir menyebar pada sayatan.
3. Mineral mafic (15 %) : warna cokelat, ukuran 0.3 mm, bentuk butir agak membundar, hadir menyebar pada sayatan.
4. Mud/Matrix (10 %) : warna abu-abu, hadir menyebar sebagai matriks.

#### Sekunder:

5. Klorit (5 %) : warna hijau, hadir sebagai mineral sekunder, menyebar dalam sayatan, sebagian menggantikan mineral mafik.
6. Mineral opak (5 %) : warna hitam, ukuran 0.2-0.1 mm, bentuk butir agak membulat, hadir setempat pada sayatan, sebagai mineral sekunder akibat proses hidrotermal.

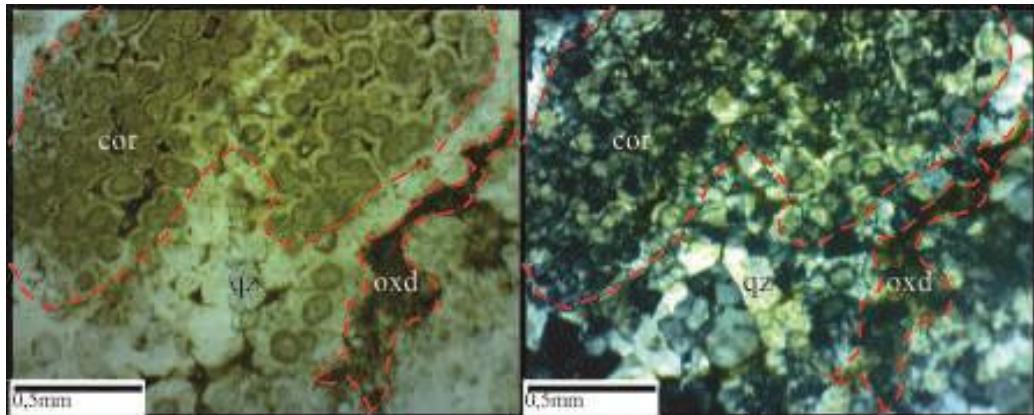


Persentase mineral Primer : Plagioklas (20%), Mineral mafic (15%)  
Persentase mineral Sekunder : Klorit (5%) & Opak (5%)  
Total persentase mineral : 45%  
 $\Sigma$  Min. Sekunder :  $\Sigma$  mineral = 10% : 45%  
= 0,22 Intensitas terubah lemah, **Browne (1989)**  
Terubah **Kloritisasi (Profilitik)**

**Nama Batuan :** *Lithic (Volcanic) Wacke* teralterasi lemah (Gilbert, 1954)



Kode Sayatan : A10-5-135  
Nomor LP : 135  
Formasi : Campurdarat  
Nama lapangan : Batugamping silikaan



#### **Pemerian Petrografis :**

Sayatan tipis batuan sedimen karbonat, warna cokelat, ukuran 2.0-0.1 mm, disusun oleh koral, kuarsa, mineral oksida.

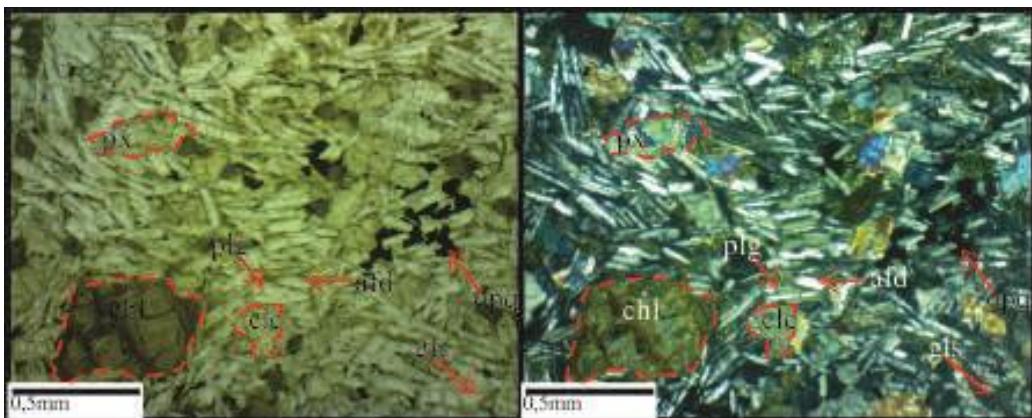
#### **Komposisi Mineral :**

1. Koral (40 %) : warna cokelat, ukuran 2.0-1.0 mm, hadir menyebar pada sayatan
2. Kuarsa (52 %) : warna putih, ukuran 1.0-0.1 mm, hadir sebagai mineral silika sekunder yang menyeluruh pada sayatan.
3. Mineral oksida (8 %) : warna cokelat, ukuran <1.0 mm, hadir setempat pada sayatan.

#### **Nama Batuan :** Batugamping Tersilikakan



Kode Sayatan : A10-6-164  
Nomor LP : 164  
Formasi : Mandalika  
Nama lapangan : Fragmen Breksi-vulkanik



### **Pemerian Petrografis :**

Sayatan tipis batuan beku vulkanik; warna netral; indeks warna 10 %; kritalinitas hipokristalin; granularitas fanerik halus – afanitik; bentuk kristal anhedral – subhedral ; ukuran kristal 0.1 – 0.5 mm; relasi inequigranular vitroferik; tekstur khusus aliran; terkloritisasi lemah; disusun oleh plagioklas, piroksen, alkali feldspar, kalsit, mineral opaq, masa gelas, klorit.

### **Komposisi Mineral :**

#### Primer:

1. Plagioklas (30%) : warna putih, relief rendah, bentuk kristal subhedral, indek bias  $Nm > Nkb$ , menunjukkan kembaran albit, pada fenokris berukuran 0.3 mm dengan An-46 jenis Andesin, dan pada mikrolit berukuran 0.2 mm dengan An-44 jenis Andesin, hadir merata pada sayatan.
2. Piroksen (10 %) : warna oranye, relief tinggi, belahan 2 arah tegak lurus, bentuk kristal subhedral, hadir menyebar pada sayatan.
3. Alkali feldspar (10%) : warna putih, relief sedang, menunjukkan adanya belahan, bentuk kristal subhedral, hadir menyebar dalam sayatan.
4. Masa gelas (20 %) : waran abu-abu, hadir menyeluruh pada sayatan.

#### Sekunder:

5. Mineral opaq (5 %) : warna hitam, bentuk kristal euhedral, hadir menyebar dalam sayatan, merupakan mineral sekunder akibat proses hidrotermal.



6. Klorit (20 %) : warna hijau, hadir sebagai mineral sekunder, hasil dari ubahan piroksen.
7. Kalsit (5%) : warna cokelat, hadir sebagai mineral sekunder menggantikan mineral plagioklas.

Persentase mineral Primer : Plagioklas (30%), Piroksen (10%), Alkali feldspar (10%)

Persentase mineral Sekunder : Klorit (20%), Kalsit (5%) & Opak (1%)

Total persentase mineral : 76%

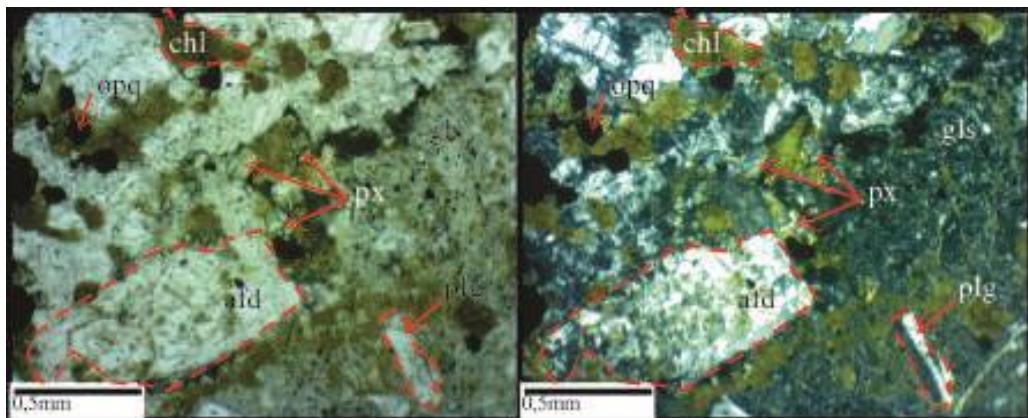
$\Sigma$  Min. Sekunder :  $\Sigma$  mineral = 26% : 76%

= 0,34 Intensitas terubah sedang **Browne (1989)**

Terubah **Kloritisasi (Profilitik)**

**Nama Batuan :** Andesit Piroksen terkloritisasi sedang (Klasifikasi William, 1954)

Kode Sayatan : A10-7-064  
Nomor LP : 64  
Formasi : Mandalika  
Nama lapangan : Lava andesit



### Pemerian Petrografis :

Sayatan tipis batuan beku vulkanik; warna netral; indeks warna 10 %; kritalinitas hipokristalin; granularitas fanerik halus – afanitik; bentuk kristal anhedral – subhedral ; ukuran kristal 0.1 – 0.75 mm; relasi inequigranular vitroferik; teralterasi lemah; disusun oleh plagioklas, piroksen, masa gelas, klorit, epidot, mineral oksida, alkali feldspar, mineral opaq.

### Komposisi Mineral :

#### Primer:

1. Plagioklas (25%) : warna putih, relief rendah, bentuk kristal subhedral, indek bias  $N_m > N_{kb}$ , menunjukkan kembaran albit, pada fenokris berukuran 0.5 mm dengan An-50 jenis Andesin, dan pada mikrolit berukuran 0.3 mm dengan An-46 jenis Andesin, hadir merata pada sayatan.
2. Piroksen (10 %) : warna oranye, relief tinggi, belahan 2 arah tegak lurus, bentuk kristal subhedral, hadir menyebar pada sayatan.
3. Masa gelas (25 %) : waran abu-abu, hadir menyeluruh pada sayatan.
4. Alkali feldspar (5 %) : warna putih, relief sedang, menunjukkan adanya belahan, bentuk kristal subhedral, hadir menyebar dalam sayatan.

#### Sekunder:

5. Klorit (15 %) : warna hijau, hadir *spotted* dalam sayatan, sebagian besar menggantikan mineral mafik hadir sebagai mineral sekunder akibat proses hidrotermal.
6. Mineral oksida (7 %) : warna cokelat, hadir *spotted* dalam sayatan.



7. Epidot (3 %) : warna cokelat, hadir *spotted* dalam sayatan, sebagian besar menggantikan mineral plagioklas dan mineral mafik serta menggantikan klorit, hadir sebagai mineral sekunder akibat proses hidrotermal.
8. Mineral opaq (10 %) : warna hitam, perawan kubik diduga pirit, hadir sebagai mineral sekunder akibat proses hidrotermal.

Persentase mineral Primer : Plagioklas (25%), Piroksen (10%), Alkali feldspar (5 %)

Persentase mineral Sekunder : Klorit (15%), Epidot (3 %) & Opak (10%)

Total persentase mineral : 68%

$\Sigma$  Min. Sekunder :  $\Sigma$  mineral = 28% : 68%

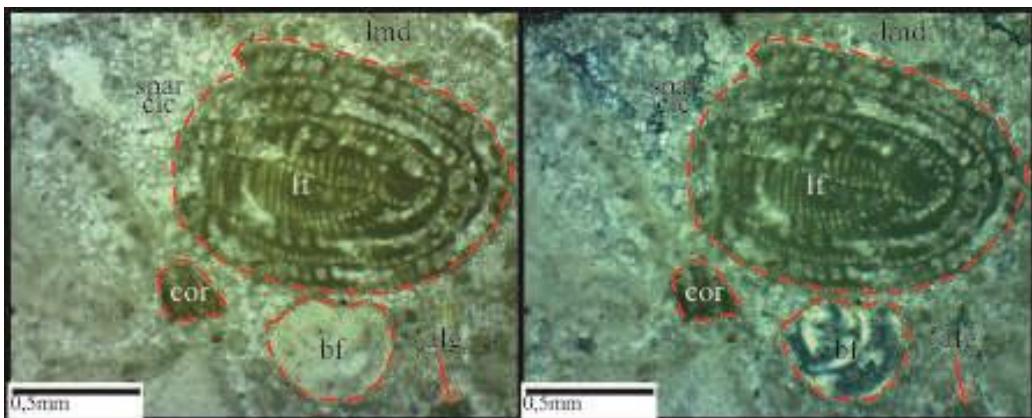
= 0,41 Intensitas terubah sedang, **Browne (1989)**

Terubah **Kloritisasi (Profilitik)**

**Nama Batuan :** Andesit Piroksen terkloritisasi sedang (Klasifikasi William, 1954)



Kode Sayatan : A10-8-089  
Nomor LP : 89  
Formasi : Campurdarat  
Nama lapangan : Batugamping terumbu



#### **Pemerian Petrografis :**

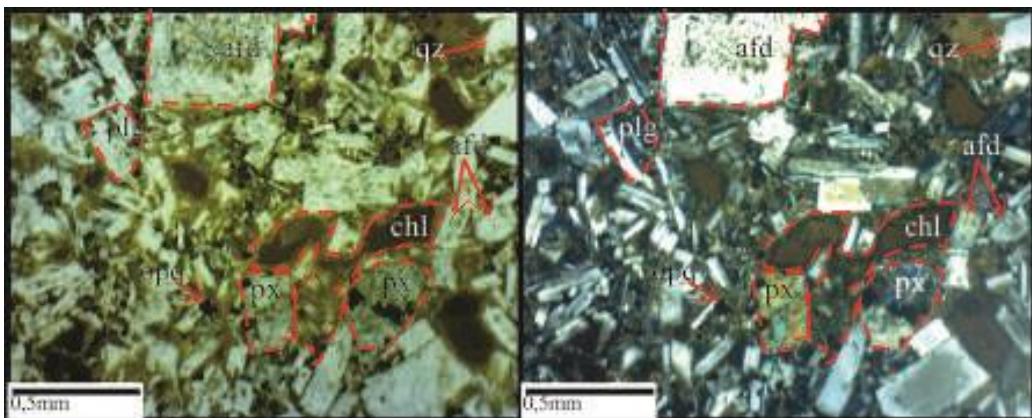
Sayatan tipis batuan sedimen karbonat, tesktur klastik, warna cokelat, ukuran 0.6-0.1 mm, bentuk butir membundar-agak membundar, matrix supported, terpilah buruk, kontak butiran float-point contact, disusun oleh koral, foram besar, foram bentos, algae, lumpur karbonat, mikrospar, mineral opaq, urat karbonat, kuarsa, litik batuan beku.

#### **Komposisi Mineral :**

1. Koral (15 %) : warna cokelat, ukuran 0.2 mm, hadir menyebar pada sayatan.
2. Foram besar (10 %) : warna cokelat, ukuran 0.5 mm, hadir menyebar pada sayatan.
3. Foram bentos (5 %) : warna cokelat, ukuran 0.2 mm, hadir menyebar pada sayatan.
4. Algae (10 %) : warna cokelat, ukuran 0.5 mm, hadir menyebar pada sayatan.
5. Lumpur karbonat (40 %), warna cokelat, hadir sebagai micrite.
6. Mikrospar (5 %) : warna cokelat, ukuran 0.2 mm, hadir menyebar pada sayatan.
7. Mineral opaq (2 %) : warna hitam, ukuran 0.1 mm, hadir setempat pada sayatan.
8. Kuarsa (3 %) : warna putih, ukuran 1.0-0.1 mm, hadir setempat pada sayatan.
9. Litik (5 %) : warna hitam, ukuran 0.5 mm, hadir setempat pada sayatan.

**Nama Batuan :** Intraclast Wackestone (Dunham, 1962)

Kode Sayatan : A10-9-158  
Nomor LP : 158  
Formasi : Satuan Andesit  
Nama lapangan : Andesit



### **Pemerian Petrografis :**

Sayatan tipis batuan beku vulkanik; warna netral; indeks warna 15 %; kritalinitas hipokristalin; granularitas fanerik halus – afanitik; bentuk kristal anhedral – subhedral ; ukuran kristal 0.2 – 0.75 mm; relasi inequigranular vitroferik; tekstur khusus aliran lemah; teroksidasi kuat dan gelas terubah klorit; disusun oleh plagioklas, piroksen, mineral opaq, masa gelas, alkali feldspar, mineral oksida, kuarsa, klorit.

### **Komposisi Mineral :**

#### Primer:

1. Plagioklas (25 %) : warna putih, relief rendah, bentuk kristal subhedral, indek bias  $N_m > N_{kb}$ , menunjukkan kembaran albit, pada fenokris berukuran 0.5 mm dengan An-49 jenis Andesin, dan pada mikrolit berukuran 0.2 mm dengan An-40 jenis Andesin, hadir merata pada sayatan.
2. Piroksen (5 %) : warna oranye, relief tinggi, belahan 2 arah tegak lurus, bentuk kristal subhedral, hadir menyebar pada sayatan.
3. Masa gelas (25 %) : warna abu-abu, hadir menyeluruh pada sayatan.
4. Alkali feldspar (2 %) : warna putih, relief sedang, menunjukkan adanya belahan, bentuk kristal subhedral, hadir menyebar dalam sayatan.
5. Mineral oksida (20 %) : warna cokelat, hadir sebagai mineral sekunder.
6. Kuarsa (3 %) : warna putih, hadir sebagai mineral sekunder.



Sekunder:

7. Klorit (15 %) : warna hijau, hadir sebagai mineral sekunder, merupakan ubahan dari mineral piroksen akibat proses hidrotermal.
8. Mineral opaq (5 %) : warna hitam, bentuk kristal euhedral, hadir menyebar dalam sayatan.

Persentase mineral Primer : Plagioklas (25%), Piroksen (5%), Alkali feldspar (2 %), Kuarsa (3%)

Persentase mineral Sekunder : Klorit (15%) & Opak (5%)

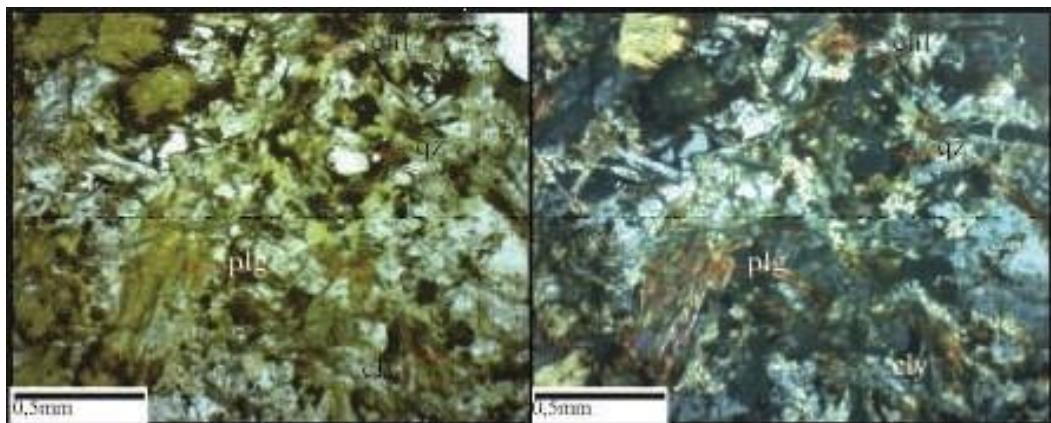
Total persentase mineral : 55%

$$\begin{aligned}\sum \text{Min. Sekunder} : \sum \text{mineral} &= 20\% : 55\% \\ &= 0,36 \text{ Intensitas terubah sedang, } \textbf{Browne (1989)} \\ &\quad \text{Terubah Kloritisasi (Profilitik)}\end{aligned}$$

**Nama Batuan :** Andesit Piroksen Terkloritisasi Sedang (Klasifikasi William, 1954)



Kode Sayatan : A10-10-080  
Nomor LP : 158  
Formasi : Litodem Diorit  
Nama lapangan : Diorit



### **Pemerian Petrografis :**

Sayatan tipis batuan beku vulkanik; warna netral; indeks warna 28 %; kritalinitas hipokristalin; granularitas fanerik halus – afanitik ; bentuk kristal anhedral – subhedral ; ukuran kristal 0.1 – 1 mm; relasi inequigranular vitroferik ; kloritisasi Fe lemah; vein terisi epidot kuarsa : terubah propilitik.

### **Komposisi Mineral :**

#### Primer:

1. Plagioklas (30%) : warna putih, relief rendah, bentuk kristal subhedral, indek bias  $N_m > N_{kb}$ , menunjukkan kembaran albit, pada fenokris berukuran 1 mm dengan An-52 jenis Labradorit, dan pada mikrolit berukuran 0.5 mm dengan An-49 jenis Andesin, hadir merata pada sayatan.
2. Alkali feldspar (8 %) : warna oranye, relief seeang, bentuk kristal subhedral, hadir menyebar pada sayatan.
3. Kuarsa (15 %) : warna putih, hadir sebagai mineral sekunder
4. Mineral lempung (8 %) : hadir menyebar pada sayatan

#### Sekunder:

5. Epidot (5 %) : warna oranye, hadir sebagai mineral sekunder, merupakan hasil dari ubahan mineral klorit.



6. Klorit (28 %) : warna hijau, hadir sebagai mineral sekunder, hasil dari ubahan mineral piroksen.

Persentase mineral Primer : Plagioklas (30%), K-feldspar (8%), Kuarsa (15%)

Persentase mineral Sekunder : Klorit (28%) & Epidot (5%)

Total persentase mineral : 86%

$\Sigma$  Min. Sekunder :  $\Sigma$  mineral = 33% : 86%

= 0,38 Intensitas terubah sedang, **Browne (1989)**

Terubah **Kloritisasi (Profilitik)**

**Nama Batuan :** Diorit teralterasi sedang (Klasifikasi William 1954)



# LAMPIRAN G



## LABORATORIUM MIKROPALAEONTOLOGI

Lampiran G.1

## PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI, FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL

## UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA

2016

No. Contoh Batuan : A10-1-199 Satuan Batuan : Batugamping Campurdarat

Lokasi : Ds. Sebalor

Batuan : Grainstone Dianalisa Oleh : Moh. Chandra Bharata

UMUR	OLIGOSEN				MIOSEN										PLIOSEN				PLEISTOSEN						
	P	20	21	22	Awal				Tengah				Akhir				Awal		Akhir						
Foraminifera Planktonik	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1 <i>Globoquadrina dehiscens</i>																									
2 <i>Globigerinoides subquadratus</i>																									
3 <i>Orbulina Universa</i>																									
4																									
5																									

Blow, 1969

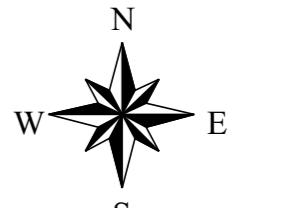
Kesimpulan : Setelah melakukan analisa didapatkan umur N9 - N12 (Miosen Tengah)

Lingkungan Batimetri		Transisi	Neritik			Bathial		Abisal
			Tepi	Tengah	Luar	Atas	Bawah	
<b>Foraminifera Bentonik</b>		0	20	100	200	500	2000	4000
1	<i>Amphistegina lessonii</i>			●				
2	<i>Quinquequulins tenagos</i>		●					
3								
4								
5								
<i>Barker, 1960</i>								

Kesimpulan : Setelah melakukan analisa didapatkan lingkungan bathimetrisnya adalah Neritik Tepi – Neritik Tengah



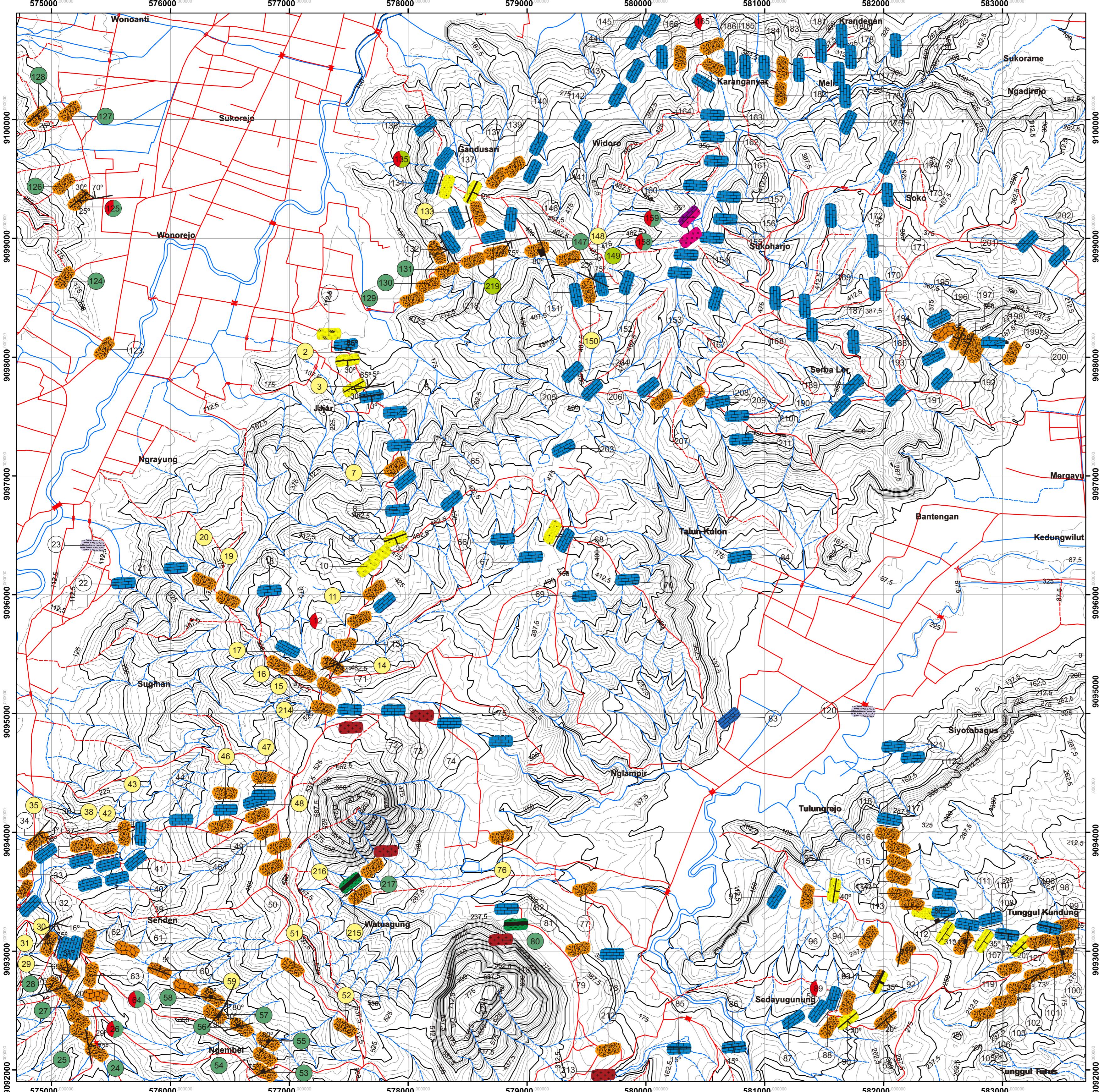
PETA LINTASAN DAN LOKASI PENGAMATAN  
 DAERAH GANDUSARI DAN SEKITARNYA  
 KECAMATAN GANDUSARI  
 KABUPATEN TRENGALEK  
 PROVINSI JAWA TIMUR



SKALA  
 1:20.000

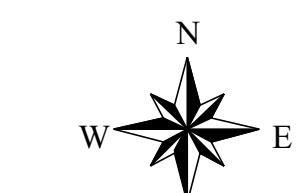
0 1 2 3 4 5 cm  
 0 200 400 600 800 1000 m

Oleh:  
**MOH. CHANDRA BHARATA**  
**111.110.116**

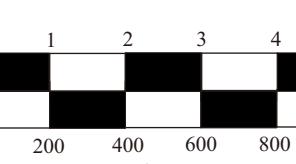




PETA GELOGI  
DAERAH GANDUSARI DAN SEKITARNYA, KECAMATAN GANDUSARI  
KABUPATEN TRENGALEK  
PROVINSI JAWA TIMUR



SKALA  
1:20.000



Oleh:  
MOH. CHANDRA BHARATA  
111.110.116

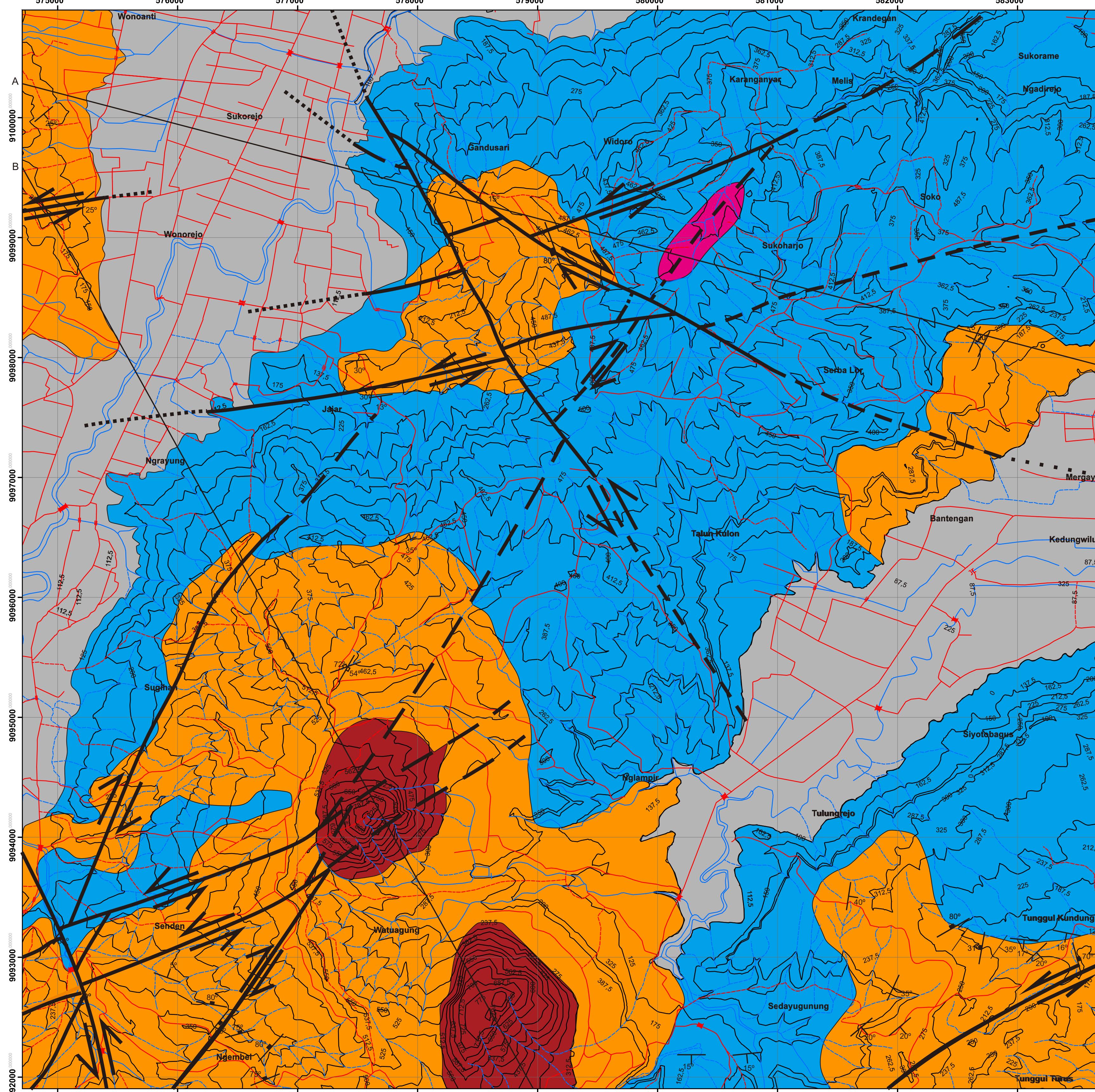
Legenda:

UMUR GEOLOGI		SATUAN LITOSTRATIGRAFI			SATUAN LITODEMIK
ZAMAN	KALA	FORMASI	SATUAN BATUAN	SIMBOL SATUAN	LITODEM
KUATEN-HOLOSEN			Endapan Aluvial		
NEOGEN	MIOSEN	Campurdarat	Batugamping Campurdarat		
OLIGOSEN	Awal				
OLIGOSEN	Tengah				
OLIGOSEN	Akhir	Mandalika	Breksi-vulkanik Mandalika		

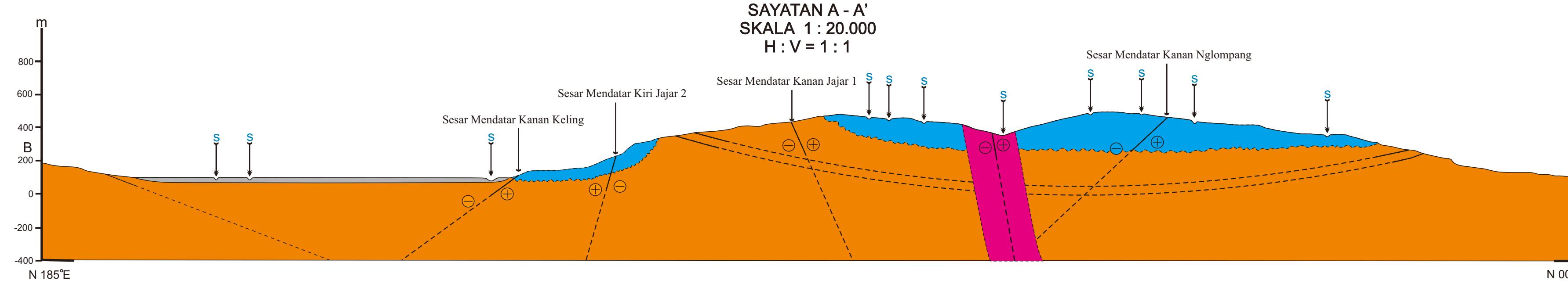
Keterangan :

[Grey Box]	Endapan Aluvial
[Pink Box]	Satuhan Andesit
[Blue Box]	Satuhan batugamping Campurdarat
[Red Box]	Satuhan Diorit
[Orange Box]	Satuhan breksi-vulkanik Mandalika

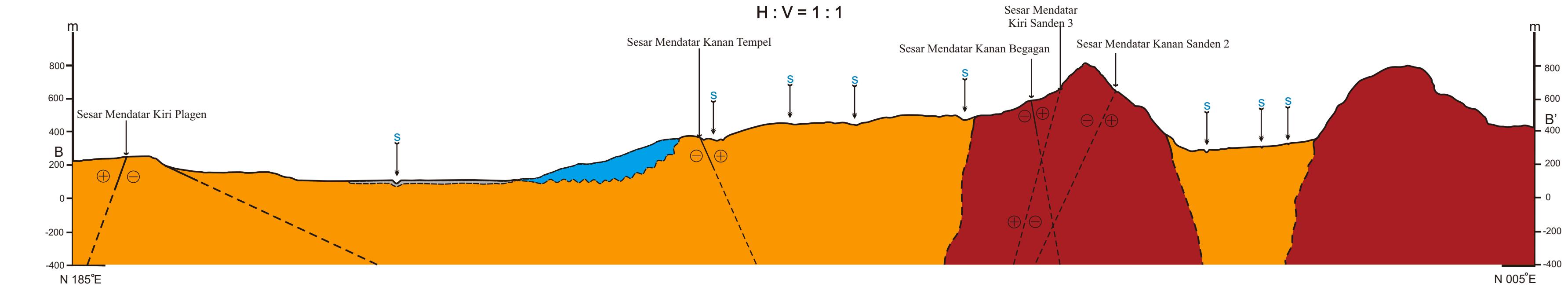
Jurus dan kemiringan lapisan batuan	Sesar mendatar menggaris
Jurus dan kemiringan kekar	Indikasi Arah Gerak Sesar Mendatar Kanan
Jurus dan kemiringan kekar terisi mineral	Indikasi Arah Gerak Sesar Mendatar Kiri
A. Indeks Kontur B. Garis Kontur	A. Batas Satuan Batuan
Ketidak selarasan	A. Sungai Utama B. Sungai musiman
Batas Satuan Batuan	Titik Ketinggian
A. Sungai Utama B. Sungai musiman	A. Jalan utama B. Jalan setapak
Titik Ketinggian	: Sesar Mendatar a. Tegas b. Diperkirakan c. Tertimbun
Jembatan	



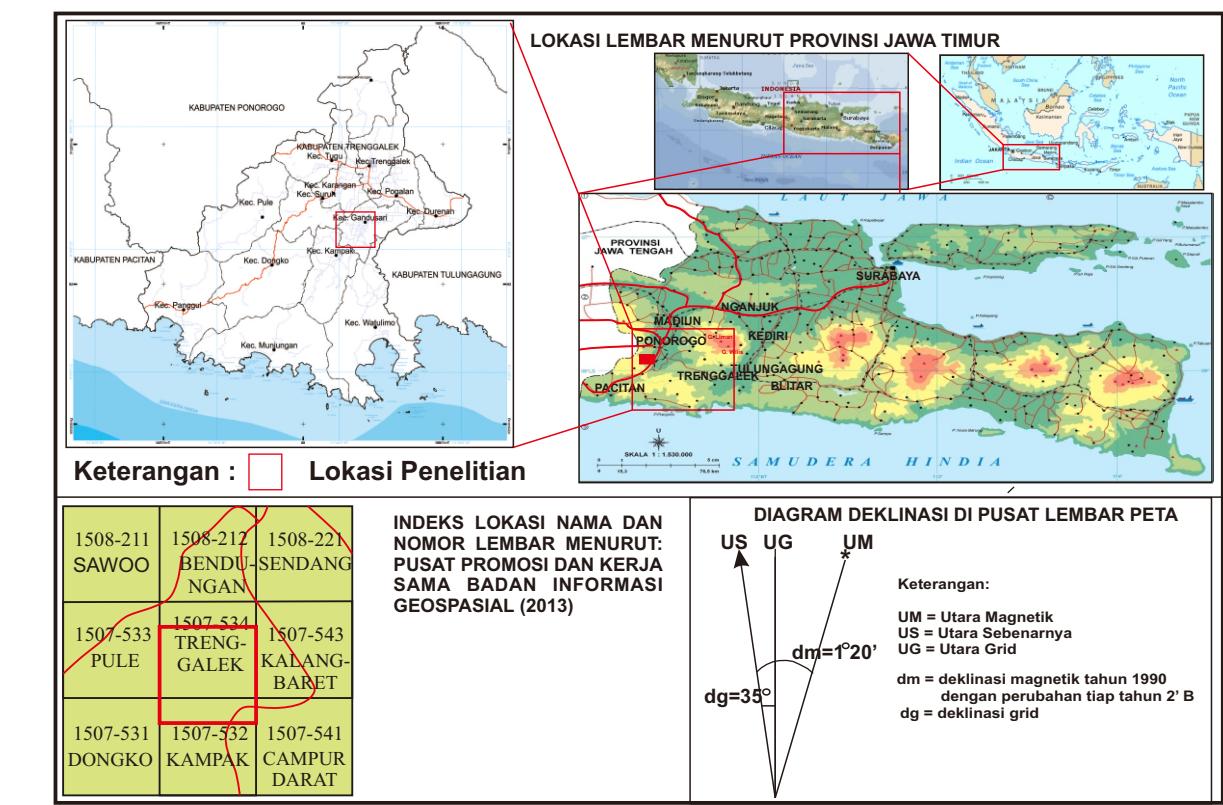
PENAMPANG GEologi  
SAYATAN A-A'  
SKALA 1:20.000  
H : V = 1:1



PENAMPANG GEologi  
SAYATAN B-B'  
SKALA 1:20.000  
H : V = 1:1



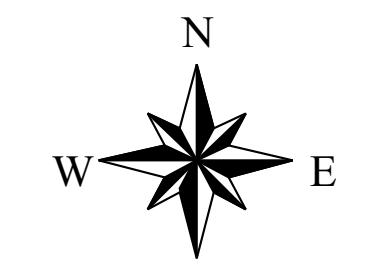
PETA INDEKS



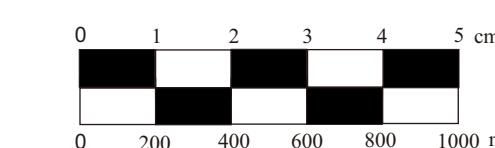
JURUSAN TEKNIK GEologi  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
YOGYAKARTA  
2017



PETA GEOMORFOLOGI  
DAERAH GANDUSARI DAN SEKITARNYA, KECAMATAN GANDUSARI  
KABUPATEN TRENGALEK  
PROVINSI JAWA TIMUR



SKALA  
1:20.000



Oleh:  
MOH. CHANDRA BHARATA  
111.110.116

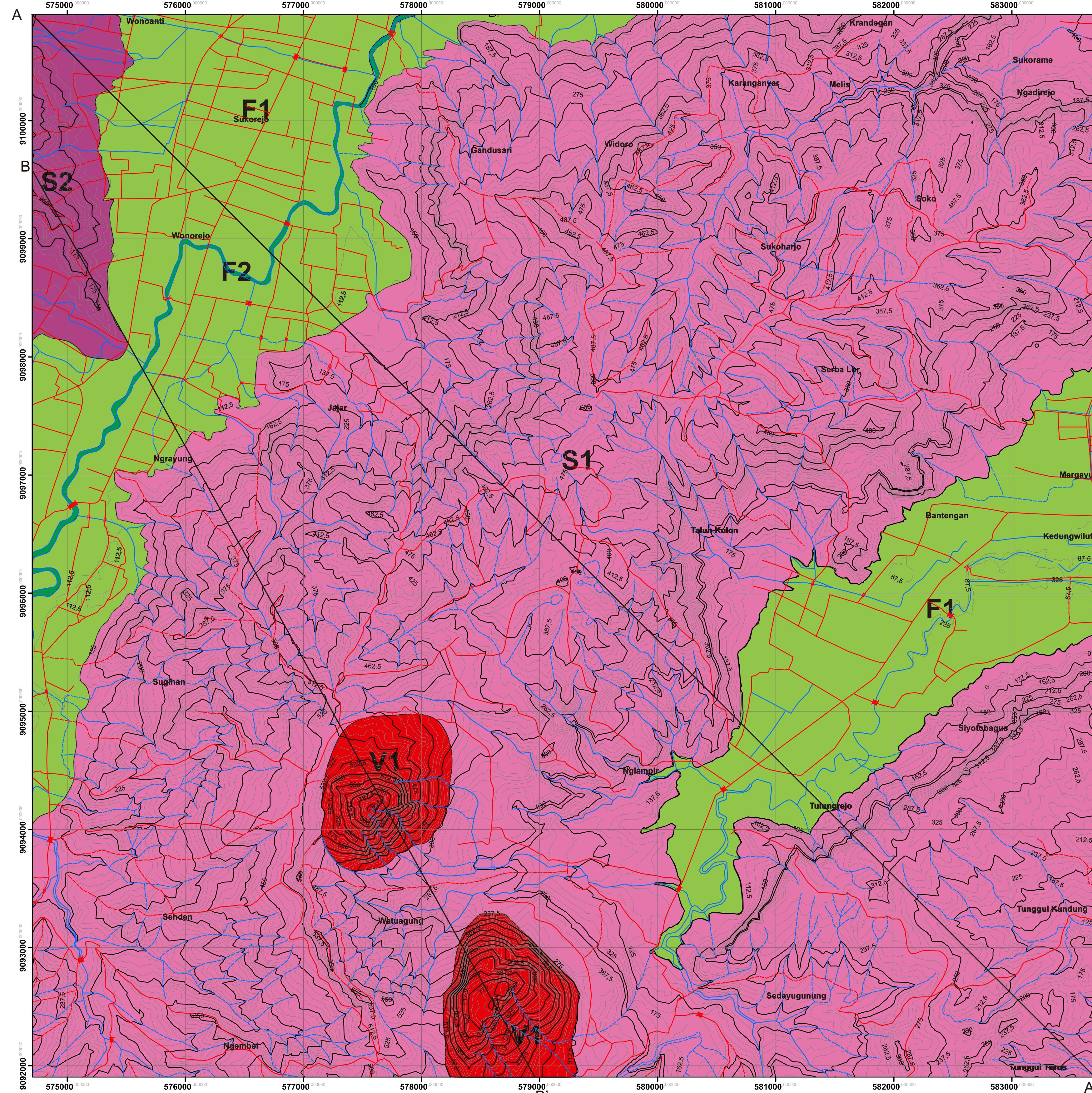
Klasifikasi Bentuk Lahan :

Satuan Geomorfik	Bukit Intrusi (V1)	Perbukitan Struktural (S1)	Lereng Homoklin (S2)	Dataran Aluvial (F1)	Tubuh Sungai (F2)
<b>Aspek Geomorfologis</b>					
Morfografi	Bukit intrusi dengan pola menyebar berelief curam sedang - sangat kasar dengan lusan 50%	Perbukitan berelobang sedang - sangat kasar dengan lusan 50%	Lereng yang yang berelobang sedang dengan lusan 50%	Lereng yang yang berelobang sedang dengan lusan 50%	Lembah yang besar dengan dataran, dengan lusan 1%
<b>Morfogenetik</b>					
Kelerengan	Berupa bukit dengan tingkat kemiringan sangat curam - curam ekstrema	Secara umum kemiringan lereng agak miring - sangat curam	Kemiringan lereng, sedikit miring - agak curam	Kemiringan lereng datar	Secara keseluruhan berupa cekungan
Pola lereng	Secara umum mengalami keseimbangan arah berpasang-pasing yang berlangsung ke arah barat laut (525m)	Secara umum mengalami keseimbangan arah berpasang-pasing yang berlangsung ke arah barat laut (525m)	Lereng secara umum memperbaiki diri dan berantai lurus sampai kompleks (100m-500m)	Lereng secara umum mengarah ke timur laut (100 m - 150 m)	Secara umum pergerakkan ke segala arah dan memiliki pola lereng yang cekung (25m-50m)
Relief	300 m - 850 m	112,5 m - 550 m	112,5 m - 250 m	112,5	100 m - 112,5 m
Pola pengaliran	Sub-dendritik	Sub-dendritik	Sub-dendritik	Sub-dendritik	Sub-dendritik
Bentuk lembah	V	U-V	V	U	U
Morfogenesa	—				
Pola struktur aktif	—	Kakar-vein-sesar	Kakar-vein-sesar	—	—
Morfogenesa pasif	Diorit	Breksi vulkanik - Balugamping	Breksi vulkanik	Breksi vulkanik	Breksi vulkanik
Morfogenesa dinamik	Tingkat pelapukan sedang dan erosii sedang - kuat				
Morfogenesa asosiasi	Perbuktian				
	Dataran				
	Sungai				

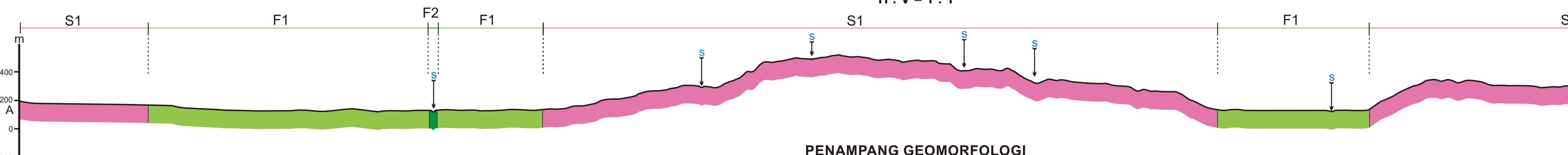
Klasifikasi menurut modifikasi Van Zuidam (1983)

KETERANGAN SIMBOL:

- : a : Indeks Kontur dan Nilai Kontur  
b : Garis Kontur (Interval Kontur 10 Meter)
- 500 : Titik Ketinggian 500 meter
- a b : Sungai Utama  
b : Sungai Musiman
- : Jembatan
- B A : Jalan utama  
A : Jalan setapak
- : Batas Bentuk Lahan
- A A' : Sayatan Penampang Geomorfologi

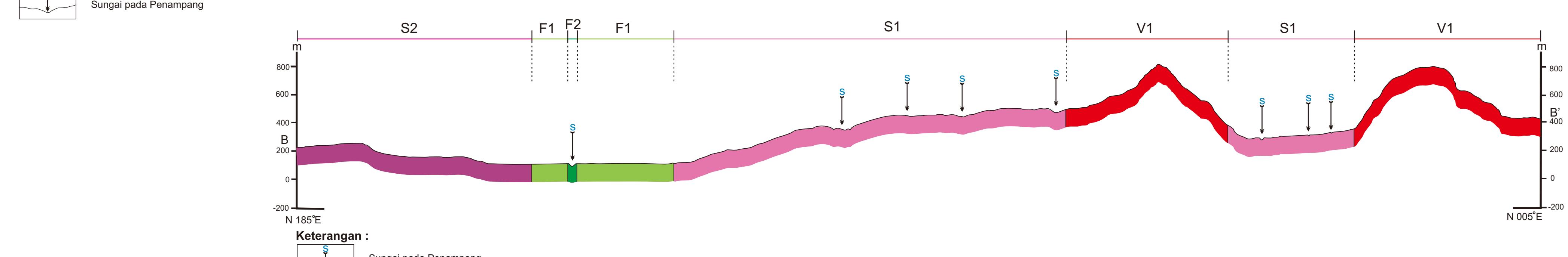


PENAMPANG GEOMORFOLOGI  
SAYATAN A-A'  
SKALA 1 : 20.000  
H : V = 1 : 1



Keterangan :  
Sungai pada Penampang

PENAMPANG GEOMORFOLOGI  
SAYATAN B-B'  
SKALA 1 : 20.000  
H : V = 1 : 1



Keterangan :  
Sungai pada Penampang

PETA INDEKS

LOKASI LEMBAR MENURUT PROVINSI JAWA TIMUR	
SAWOO	1508-211
BENDI SENDANG NGAN	
PULE	
TRENGALEK	
KALANG BARET	
DONGKO	
KAMPAK	
CAMPUR DARAT	
INDEKS LOKASI NAMA DAN NOMOR LEMBAR MENURUT PUSAT PROMOSI DAN KERJA SAMA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL (2013)	
1508-211	1508-221
1507-533	1507-534
1507-531	1507-543
1507-532	1507-541
DIAGRAM DEKLINASI DI PUSAT LEMBAR PETA	
Keterangan: UM = Utara Magnetik US = Utara Sebenarnya UG = Utara Grid	
dg = deklinasi magnetik tahun 1990 dengan perubahan tip tahun 2 B dg = deklinasi grid	

**JURUSAN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
YOGYAKARTA  
2017**



**PETA ZONA ALTERASI  
DAERAH GANDUSARI DAN SEKITARNYA  
KECAMATAN GANDUSARI  
KABUPATEN TRENGGALEK  
PROVINSI JAWA TIMUR**



**SKALA  
1:20.000**

**Oleh:  
MOH. CHANDRA BHARATA  
111.110.116**

**PEMERIAN :**

**Tipe Alterasi Siliifikasi**

Zona alterasi siliifikasi menempati 5% dari luas daerah penelitian dan menyebar hanya pada urat-urat kuarsa yang terbentuk akibat adanya proses hidrotermal yang mengisi rekanan berupa kekar. Zona ini dicirikan dengan hadirnya mineral silika yang melimpah. Alterasi siliifikasi ditemukan pada litologi batugamping, batugamping menjadi kaya akan silika, menggantikan kandungan kaliksit pada batuan.

**Tipe Alterasi Argilik**

Zona argilik menempati 25% dari luas daerah penelitian dan menyebar hampir seluruh daerah penelitian. Zona ini dicirikan dengan kloritisasi yang kuat dan merata pada tubuh batuan dan terdiri dari himpunan mineral - mineral klorit dan epidot. Zona ini mengalami ubahan yang kuat sampai dengan intensif, serta memiliki pola yang menyebab pada batuan. Zona ini terbentuk pada suhu >100 - 300 (Corbett dan Leach, 1996).

**Tipe Alterasi Profilitik**

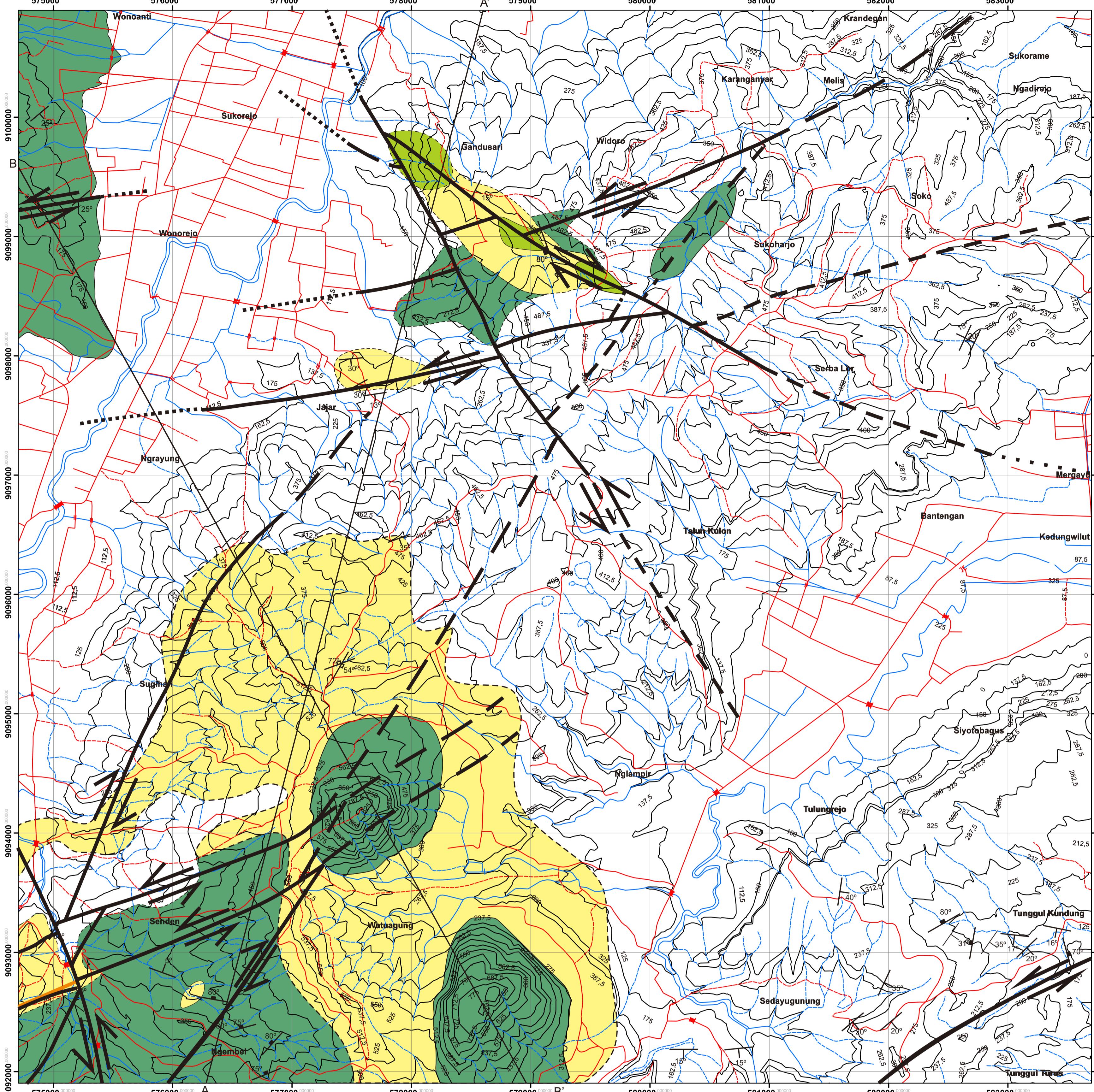
Zona profilitik menempati 15% dari luasan daerah penelitian dan menyebar merata pada seluruh bagian terluar dari zona filik dan argilik. Tepatnya pada bagian Utara dan Selatan daerah penelitian. Zona ini dicirikan dengan kloritisasi yang kuat dan merata pada tubuh batuan dan terdiri dari himpunan mineral - mineral klorit dan epidot. Zona ini mengalami ubahan yang kuat sampai dengan intensif, serta memiliki pola yang menyebab pada batuan. Zona ini terbentuk pada suhu <300 derajat celsius (Corbett dan Leach, 1996).

**Zona Tidak Teralterasi**

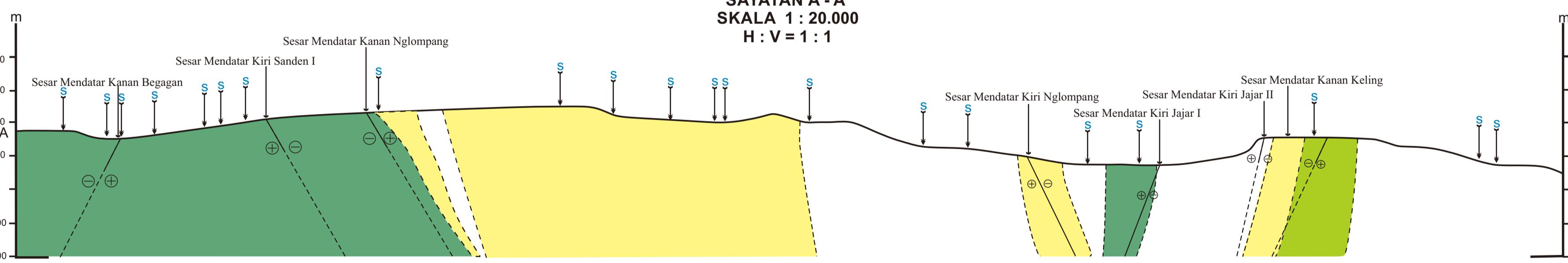
Zona ini menempati 55% daerah total luasan daerah penelitian. Zona yang menunjukkan tidak adanya batuan yang mengalami proses ubahan akibat dari proses fluida hidrotermal.

**KETERANGAN SIMBOL:**

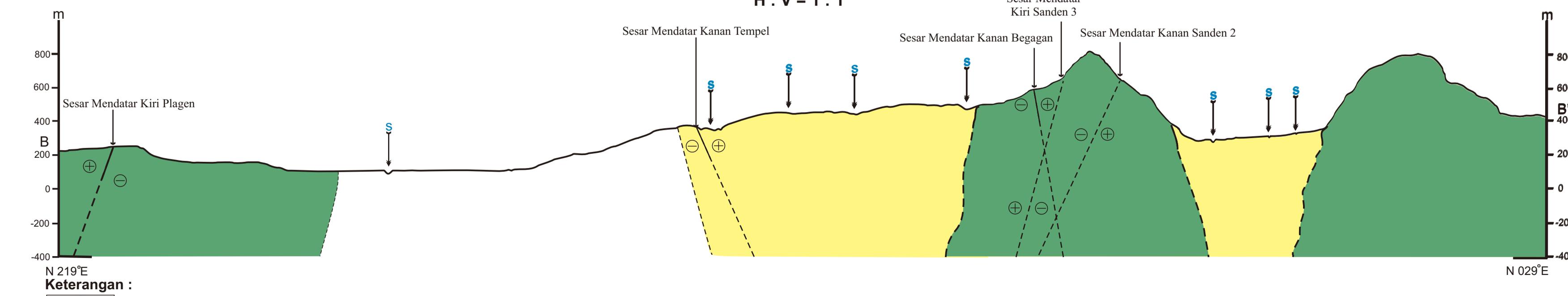
- : a : Indeks Kontur dan Nilai Kontur  
b : Garis Kontur (Interval Kontur 10 Meter)
- : Titik Ketinggian 500 meter
- : Batas Zonasi Alterasi Hidrotermal
  - a : Tegas
  - b : Diperkirakan
- : a: Sungai Utama  
b: Sungai Musiman
- : Shear Joint
- : Kekar terisi Mineral
- : A. Jalan utama  
B. Jalan setapak
- : Jurus dan kemiringan lapisan batuan
- : Sesar mendatar mengiri
- : Sesar mendatar mengkanan
- : Sesar Mendatar a. Tegas  
b. Diperkirakan  
c. Tertimbun
- : Sayatan Penampang Alterasi A-A'
- : Indikasi Arah Gerak Sesar Mendatar Kanan



**PENAMPANG ALTERASI  
SAYATAN A-A'**  
SKALA 1 : 20.000  
H : V = 1 : 1



**PENAMPANG ALTERASI  
SAYATAN B-B'**  
SKALA 1 : 20.000  
H : V = 1 : 1



**PETA INDEKS**

