

## Studi Petrogenesis Batuan Vulkanik Menggunakan Analisis Petrografi pada Formasi Jampang, Daerah Bodjong, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat

Alyssa Salsabila \*, Elisabet Dwi Mayasari , Endang Wiwik Dyah Hastuti

Universitas Sriwijaya, Palembang

\*e-mail: [assylasb06@gmail.com](mailto:assylasb06@gmail.com)

### Info Artikel

Diserahkan:  
19 Juli 2022  
Direvisi:  
26 Juli 2022  
Diterima:  
02 Agustus 2022  
Diterbitkan:  
06 Agustus 2022

### Abstrak

Daerah penelitian secara fisiografi termasuk dalam Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk memahami karakteristik batuan vulkanik dan proses pembentukannya pada Formasi Jampang, Daerah Bodjong, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat. Penelitian ini memerlukan observasi lapangan guna mendapatkan data primer dari data yang ditemui pada singkapan yang kemudian dilakukan analisis petrografi dari sampel batuan vulkanik yang didapatkan saat melakukan pemetaan geologi. Terdapat dua metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu analisis petrografi dengan cara mengamati tekstur khusus pada sayatan tipis batuan. Kemudian dengan analisis DEM (*Digital Elevation Model*) yang bertujuan mengetahui persebaran fasies vulkanik, serta untuk mengetahui pembentukan satuan batuan pada daerah penelitian. Terdapat tiga jenis satuan batuan yang diperoleh oleh aktivitas vulkanik selama periode Tersier di daerah telitian. Satuan batuan tersebut antara lain berupa satuan breksi gunungapi, satuan batuan andesit, dan satuan tuf. Pada satuan breksi gunungapi ditemukan tekstur khusus berupa zoning dan vitrofirik. Selanjutnya pada satuan batuan lava andesit ditemukan tekstur khusus seperti trakitik dan zoning.

Kata kunci: Digital Elevation Model, Jampang, petrogenesis, petrografi

### Abstract

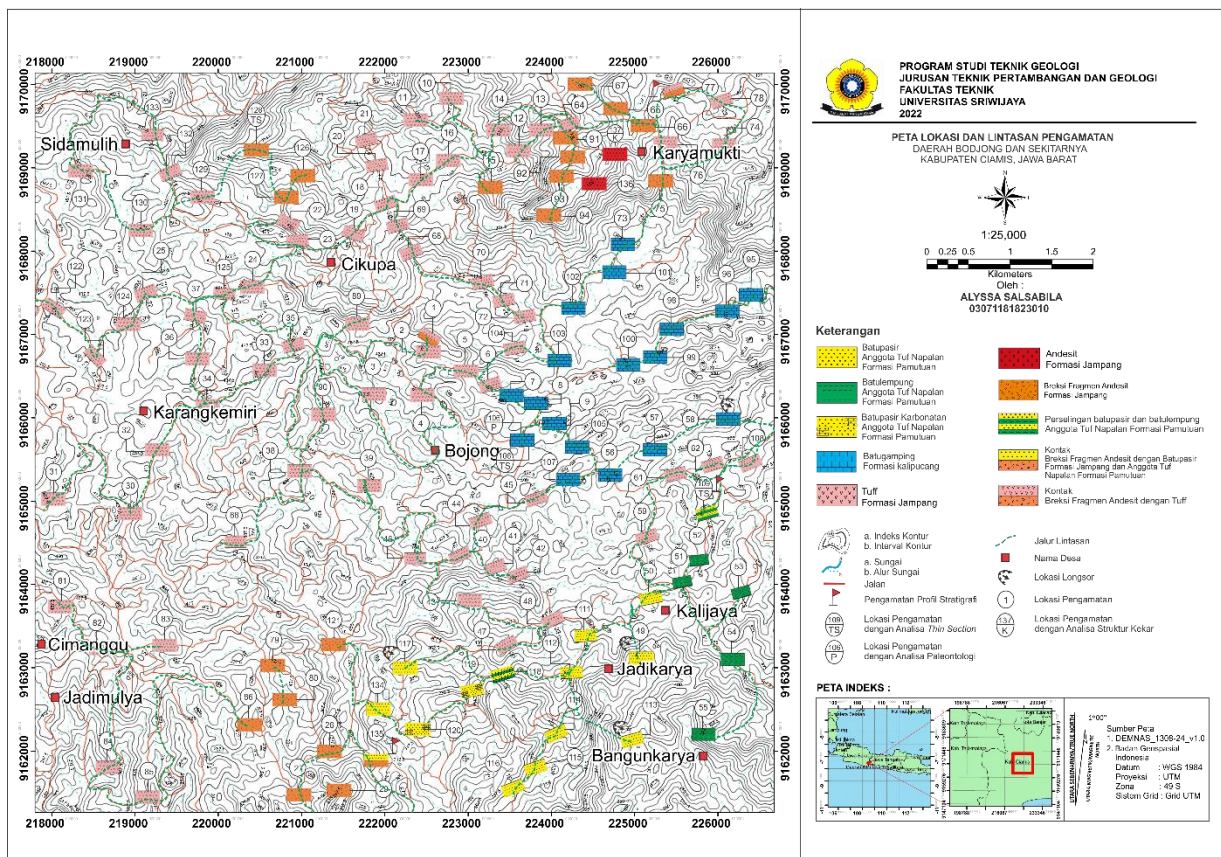
*The research area is physiographically included in the Southern Mountainous Zone of West Java. This study aims to understand the characteristics of volcanic rocks and the process of their formation in the Jampang Formation, Bodjong Region, Ciamis Regency, West Java Province. This research requires field observations to obtain primary data from data found in outcrops which are then carried out a petrographic analysis of volcanic rock samples obtained during geological mapping. There are two methods used in this study, namely petrographic analysis by observing special textures on thin sections of rock. Then the DEM (*Digital Elevation Model*) analysis aims to determine the distribution of volcanic facies, as well as determine the formation of rock units in the study area. There are three types of rock units obtained by volcanic activity during the tertiary period in the study area. These rock units include volcanic breccia units, andesite rock units, and tuff units. In volcanic breccia units, special textures are found in the form of zoning and vitrophyric. Furthermore, the andesite lava rock unit found special textures such as trachytic and zoning.*

*Keywords: Digital Elevation Model, Jampang, Petrogenesis, Petrography*

## 1. Pendahuluan

Fisiografi Jawa Barat terbagi menjadi empat zona, yaitu Zona Pegunungan Selatan bagian Jawa Barat, Zona Bandung, Zona Bogor dan Zona Dataran Aluvial Utara Jawa Barat atau Dataran Pantai Jakarta [16]. Daerah penelitian termasuk dalam zona pegunungan selatan Jawa Barat, secara genetis pegunungan selatan Jawa Barat dikatakan suatu plateau dengan permukaan batuan endapan miosen atas tetapi, pada beberapa tempat permukaannya tertoreh dengan kuat sehingga tidak plateau lagi. Proses vulkanisme pada daerah penelitian dimulai pada zaman Tersier yang berupa jalur magmatik terjadi pada periode Oligosen Akhir - Miosen Awal dan Formasi ini disebut sebagai *Old Andesite Formation* [14]. Formasi ini diinterpretasikan bahwa diendapkan pada lingkungan darat dilihat dari batuan yang ditemui yaitu breksi vulkanik. Pada periode ini aktivitas vulkanisme sangat intensif yang ditandai banyaknya produk gunung api yang tersingkap pada daerah penelitian berupa breksi andesit, lava andesit, dan tuf. Sementara itu, penelitian sebelumnya mengenai batuan vulkanik pada daerah penelitian jarang dilakukan sehingga beberapa informasi mengenai karakteristik dan sejarah pembentukan batuan pada daerah penelitian sulit ditemukan. Hal inilah yang mendasari peneliti untuk melakukan studi petrogenesa batuan vulkanik pada daerah penelitian.

Berdasarkan letak administratif, daerah penelitian berada di Daerah Bodjong, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat (Gambar 1). Secara geologi regional, daerah penelitian termasuk ke dalam dua peta geologi yaitu lembar Karangnunggal skala 1 : 250.000 dan lembar Pangandaran skala 1 : 250.000 yang mencakup tiga formasi yaitu Formasi Jampang (Tomj), Anggota tuff napalan Formasi Pamutuan (Tmpt), dan Formasi Kalipucang (Tmkl).



**Gambar 1.** Peta Lokasi dan Lintasan Pengamatan

Studi ini bertujuan untuk menganalisis dan memahami proses pembentukan batuan, karakteristik batuan vulkanik serta jenis batuan yang berada pada Daerah Bodjong dan Sekitarnya, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat. Didasarkan dari data yang didapat dari hasil analisis petrografi dapat dilihat kenampakan fisik batuan dan tekstur batuan yang menjadi landasan untuk menginterpretasi pembentukan batuan pada daerah penelitian

## 2. Metodologi

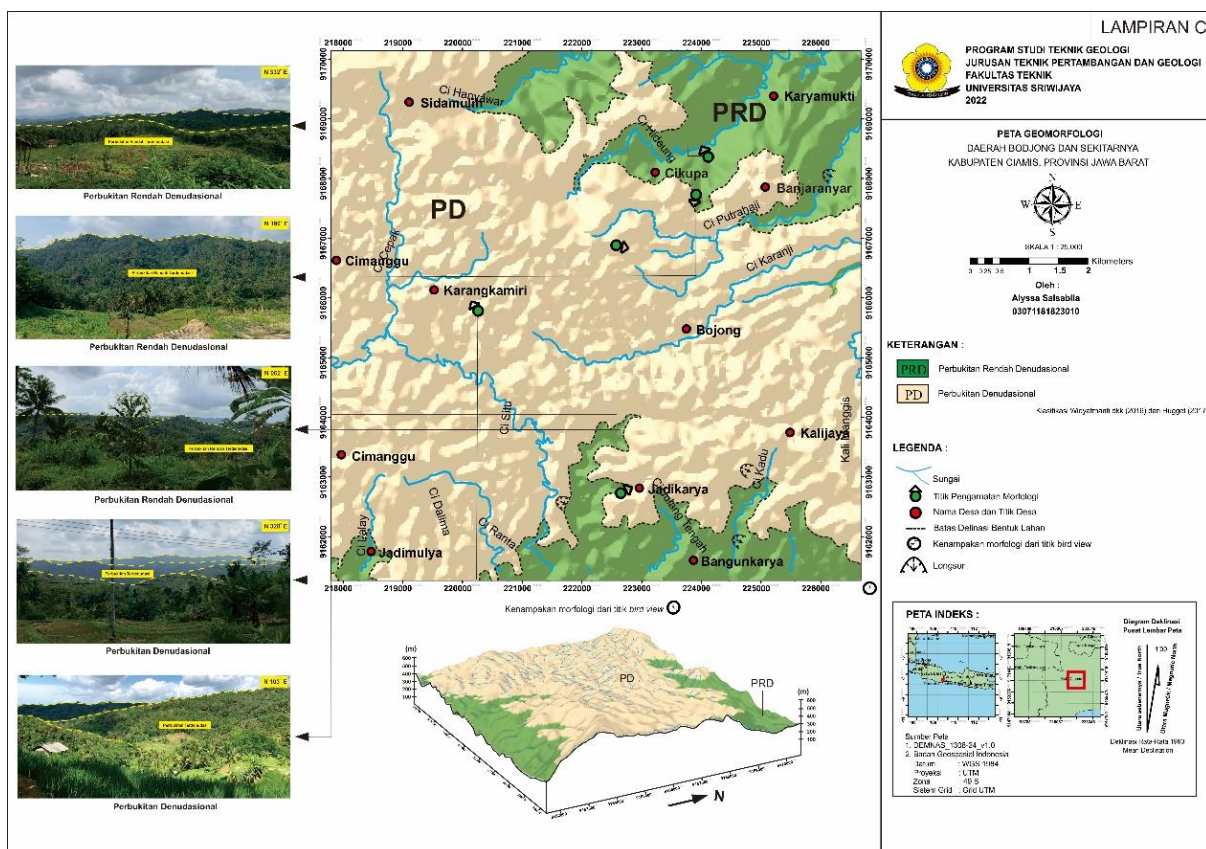
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini meliputi pemetaan geologi, studi literatur, analisis petrografi dan analisis DEM. Pemetaan geologi dilakukan dengan skala 1 : 25.000 untuk membagi batuan kedalam beberapa jenis batuan serta mengetahui persebaran batuan guna mengetahui hubungan batuan di lapangan. Metode yang digunakan yaitu secara sistematis dari jumlah titik lokasi pengamatan sebanyak 137 titik dan diambil beberapa sampel untuk dilakukan analisis petrografi. Dilakukan pengambilan sampel batuan seukuran kepalan tangan dari masing-masing titik lokasi pengamatan. Sementara itu, Pengambilan sampel untuk sayatan tipis petrografi dilakukan sebanyak tiga sayatan untuk masing-masing satuan batuan yang diambil secara acak dari lokasi penelitian. Analisis petrografi digunakan untuk mengetahui sejarah pembentukan batuan. Analisis DEM (*Digital Elevation Model*) bertujuan mengetahui persebaran fasies vulkanik.

## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1 Geologi Lokal

#### ■ Geomorfologi

Pembagian satuan geomorfologi dilakukan dengan tiga metode yaitu satuan geomorfik morfografi, satuan geomorfik morfometri dan satuan geomorfik morfogenesis. Berdasarkan hasil pengamatan, pada daerah penelitian dibagi menjadi dua bentuk lahan yang diinterpretasikan berdasarkan dari parameter berupa kemiringan lereng, data elevasi dan pola kontur daerah penelitian. Kemudian data-data parameter tersebut dihubungkan yang dibuat menjadi satuan geomorfik daerah telitian dengan bentukan lahan berupa Perbukitan Rendah Terdenudasi (PRD) dan Perbukitan Terdenudasi (PD) (Gambar 2).



**Gambar 2.** Peta Geomorfologi Daerah Penelitian

#### ▪ Stratigrafi

Pada daerah telitian terbagi menjadi beberapa formasi yang tersusun dari formasi tua ke formasi muda yakni Formasi Jampang (Tomj), Anggota tuff napalan Formasi Pamutuan (Tmpt), dan Formasi Kalipucang (Tmkl) (Gambar 3). Satuan Formasi Jampang (Tomj) berumur dari Oligosen Akhir hingga Miosen Awal. Litologi yang terdapat pada Formasi Jampang daerah penelitian terdiri atas breksi vulkanik fragmen andesit, tuff dan lava andesit. Selanjutnya terendapkan Formasi kalipucang yang terdiri atas satuan batuan batugamping dengan umur Miosen Tengah <sup>[1]</sup>. Satuan Batugamping Kalipucang merupakan satuan batuan lebih tua dibandingkan dari satuan Batupasir Pamutuan. Satuan Batuan Batupasir Pamutuan merupakan batuan yang berumur lebih muda dari satuan tuff jampang. Satuan ini terdiri dari tuf napalan berselingan dengan batupasir tufan dan batulempung tufan. Tetapi pada satuan ini didominasi oleh batupasir, batulempung dan batupasir karbonatan.

| UMUR     |        | LITHOSTRATIGRAFI | FORMASI    | LITOLOGI                                     |
|----------|--------|------------------|------------|----------------------------------------------|
| PLIOSEN  | Akhir  | Tmpt             | Pamutuan   | Batupasir, Batulempung, Batupasir Karbonatan |
|          | Awal   |                  |            |                                              |
| MIOSEN   | Akhir  | Tmkl             | Kalipucang | Batugamping Terumbu                          |
|          | Tengah |                  |            |                                              |
|          | Awal   | Tomj             | Jampang    | Breksi Andesit, Tuff, Lava Andesit           |
| OLIGOSEN | Akhir  |                  |            |                                              |

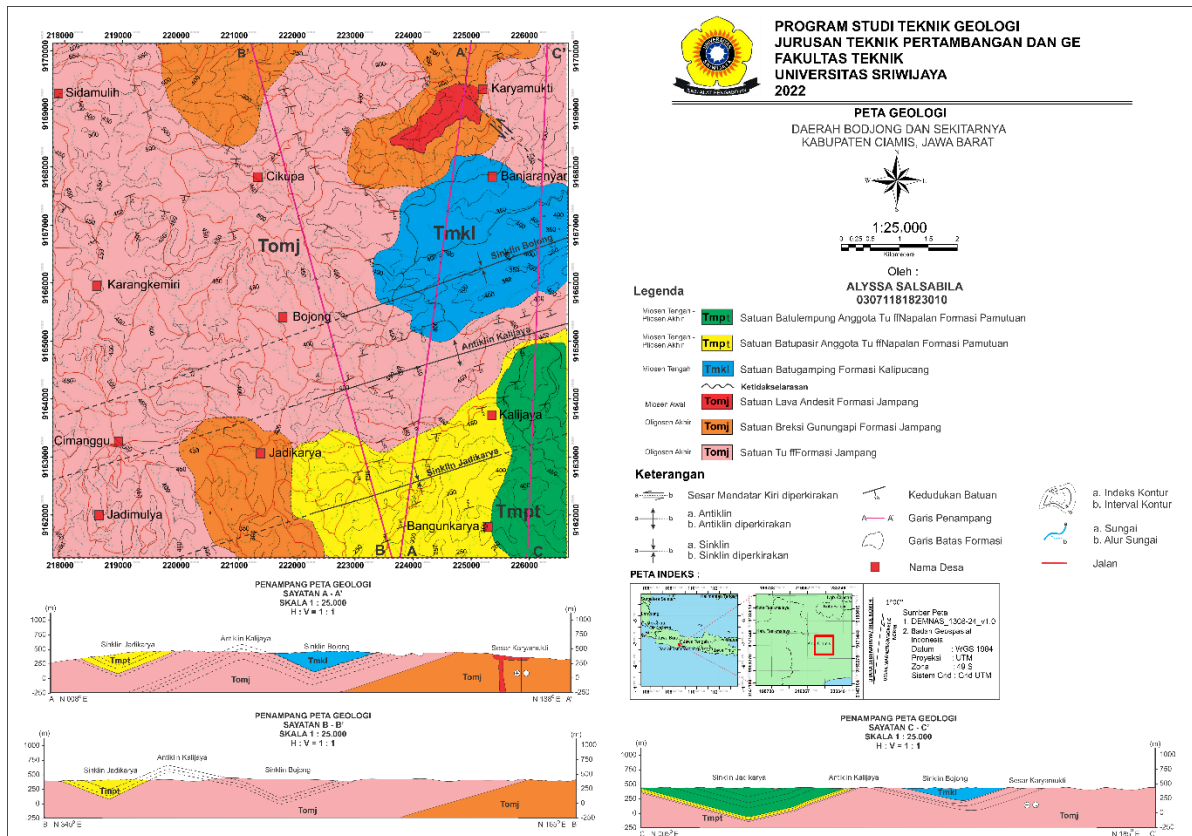
**Gambar 3.** Kolom Stratigrafi Lokal pada Daerah Penelitian

#### ▪ Struktur Geologi

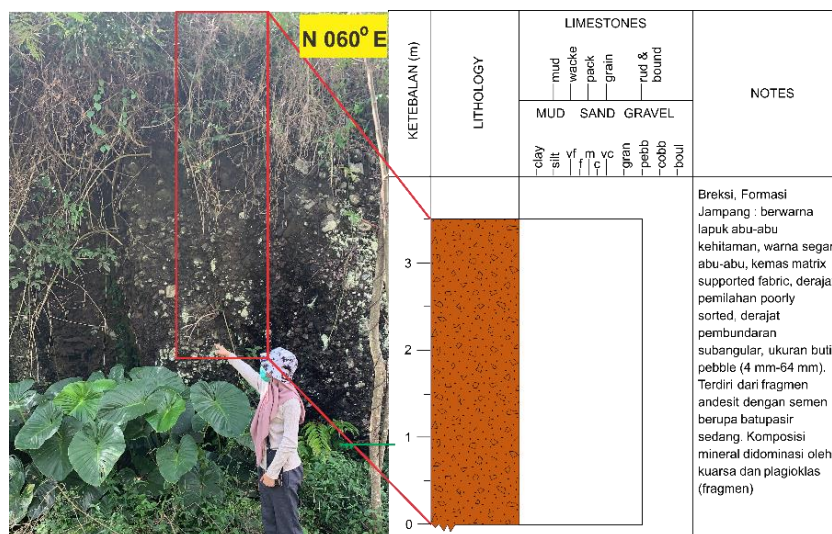
Terdapat dua struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian, yaitu struktur lipatan (*fold*) dan struktur kekar (*fracture*). Pada daerah penelitian diidentifikasi terdapat satu struktur kekar dan tiga struktur lipatan. Kekar tersebut dijumpai di Desa Karyamukti yang terbentuk pada batuan andesit dari formasi Jampang. Didapatkan penamaan jenis sesar termasuk ke dalam *Dip-slip dominated Fault* <sup>[5]</sup>. Struktur lipatan yang terdapat pada daerah penelitian berupa Sinklin Bojong yang ditemukan pada Desa Bojong, Antiklin Kalijaya yang ditemukan pada Desa Kalijaya dan Sinklin Jadikarya yang ditemukan di Desa Jadikarya pada bagian tenggara lokasi penelitian. Sinklin jadikarya memiliki sumbu lipatan berarah timur laut - barat daya. Sinklin Bojong termasuk dalam jenis lipatan *Upright Horizontal Fold*. Antiklin kalijaya memiliki sumbu lipatan berarah timur laut - barat daya. Berdasarkan klasifikasi <sup>[5]</sup>, Antiklin Kalijaya termasuk dalam jenis lipatan *Upright Horizontal Fold*). Sinklin jadikarya memiliki sumbu lipatan berarah timur laut - barat daya. Berdasarkan klasifikasi <sup>[5]</sup>, Sinklin Jadikarya termasuk dalam jenis lipatan *Upright Horizontal Fold*.

### 3.2 Hasil Observasi Lapangan

Dari hasil observasi lapangan, ditemukan singkapan batuan yang terdiri atas tiga jenis satuan batuan vulkanik. Batuan tersebut dibedakan berdasarkan dari kenampakan fisik dan proses pembentukannya. Setelah didapati data singkapan batuan dari daerah penelitian selanjutnya dilakukan pembuatan peta persebaran batuan berupa peta geologi berdasarkan satuan batuan (Gambar 5).



Jenis batuan vulkanik yang pertama yaitu dengan litologi breksi fragmen andesit berukuran *pebble* (4 mm - 64 mm). Dilihat secara megaskopis breksi vulkanik memiliki warna segar abu-abu dengan warna lapuk hitam keabu-abuan, memiliki struktur masif, ukuran butir sub-angular, dengan kemas *matrix supported fabric*, memiliki derajat pemilahan *poorly sorted*, batuan bersifat non-karbonatan, serta permeabilitas buruk. Fragmen andesit dari breksi vulkanik direkatkan dengan massa dasar silikaan dan memiliki matriks vulkanik. Fragmen pada andesit ini mempunyai karakteristik batuan yang berwarna lapuk abu-abu kecoklatan dan berwarna segar abu-abu, memiliki bentuk kristal subhedral, derajat kristalisasi hipokristalin, hubungan antar kristal inequigranular dan granularitas afanitik. Secara megaskopis, komposisi mineral pada sayatan didominasi oleh mineral plagioklas.

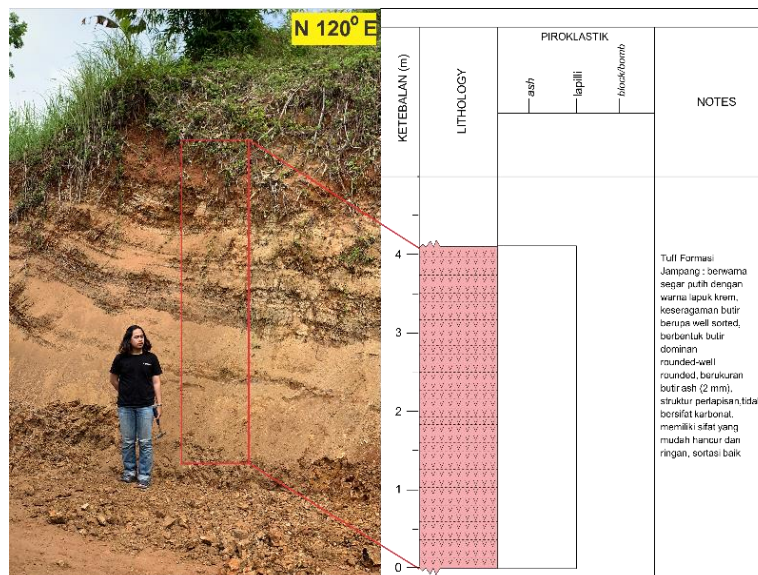


Selanjutnya Formasi jampang tersusun oleh litologi batuan lava andesit. Karakteristik dari batuan lava andesit Formasi jampang memiliki kenampakan secara fisik berwarna segar abu-abu tua dan warna lapuk abu-abu muda, granularitas afanitik, derajat kristalisasi hipokristalin, hubungan antar kristal inequigranular dengan bentuk kristal subhedral. Dijumpai banyak struktur geologi berupa kekar pada batuan lava andesit ini (Gambar 6).



**Gambar 6.** Kenampakan Kekar pada Lava Andesit di LP 137

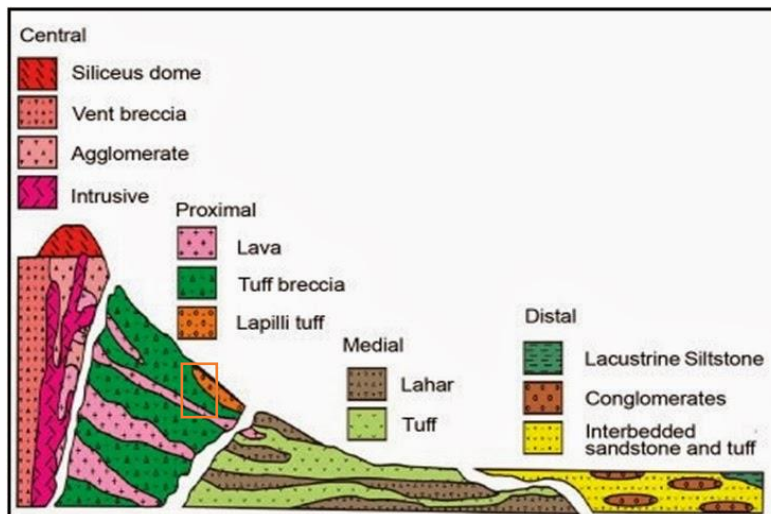
Jenis batuan yang ketiga yaitu berupa batuan tuff. Jika dilihat secara megaskopis, tuff pada lokasi pengamatan memiliki karakteristik dengan warna lapuk krem dan warna segar putih, memiliki keseragaman butir *moderately - sorted*, dengan bentuk butir didominasi *subrounded*, mempunyai kemas *grain supported fabric*, berukuran butir *lapilli* (<32 mm), batuan bersifat non-karbonatan, memiliki struktur masif dan sortasi baik.



**Gambar 7.** Singkapan Tuff beserta Profil Stratigrafi pada LP 29

Terdapat empat jenis dari fasies gunung api yakni fasies sentral, fasies proksimal, fasies medial, dan fasies distal<sup>[1]</sup>. Fasies sentral pada gunungapi dicirikan dengan kubah lava, batuan ubahan hidrotermal dan asosiasi batuan beku intrusi dangkal. Pada fasies proksimal, tersusun atas perselingan aliran lava dan breksi piroklastika. Kemudian pada fasies medial tersusun dari batuan konglomerat,

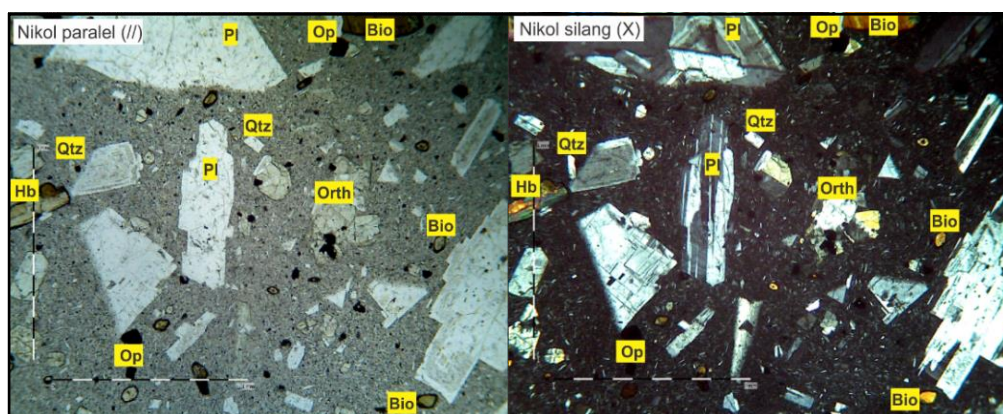
breksi piroklastika dan breksi lahar. Sedangkan pada fasies distal, tersusun dari batuan epiklastika dengan ukuran butir pasir - lempung. Batuan tuff pada Formasi Jampang daerah penelitian termasuk dalam fasies proksimal (Gambar 8).



**Gambar 8.** Fasies Gunung api Jenis Proksimal pada Daerah Penelitian <sup>[2]</sup>.

### 3.3 Analisis Petrografi

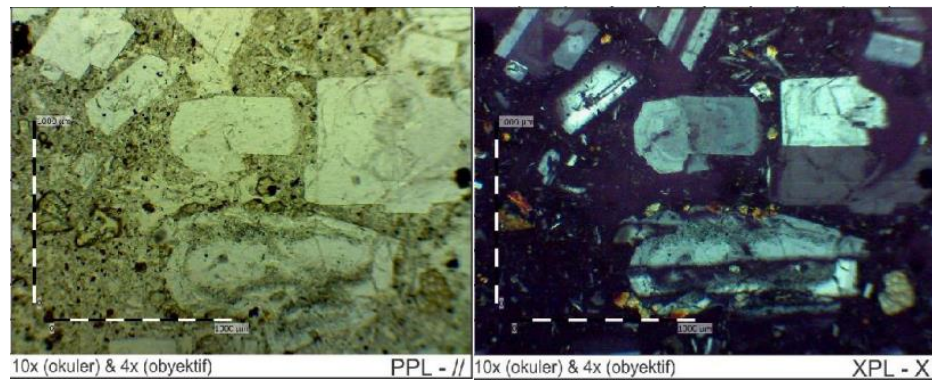
Jenis batuan yang pertama memiliki kenampakan mikroskopis fragmen andesit dengan sampel breksi vulkanik, memperlihatkan warna krem hingga putih (PPL), derajat kristalisasi hipokristalin, granularitas fanerik sedang hingga afanitik dengan ukuran 0,01 mm hingga 1,3 mm, bentuk kristal euhedral – subhedral, hubungan antar kristal inequigranular. Kenampakan sayatan pada sampel menunjukkan tekstur khusus berupa zoning pada plagioklas dan vitrofirik yang memperlihatkan kenampakan fenokris berupa plagioklas tertanam didalam massa dasar gelas. Sayatan ini memiliki fenokris berupa kuarsa (9%), plagioklas (30%), orthoklas (5%), biotit (4%) hornblende (2%), mineral opak (5%), dan massa dasar berupa mikrolit plagioklas (15%) dan gelas (30%). Hasil dari penarikan persentase mineral menghasilkan nama batuan berupa Breksi Fragmen Andesit <sup>[15]</sup>.



**Gambar 9.** Kenampakan sayatan tipis fragmen breksi vulkanik pada LP 126

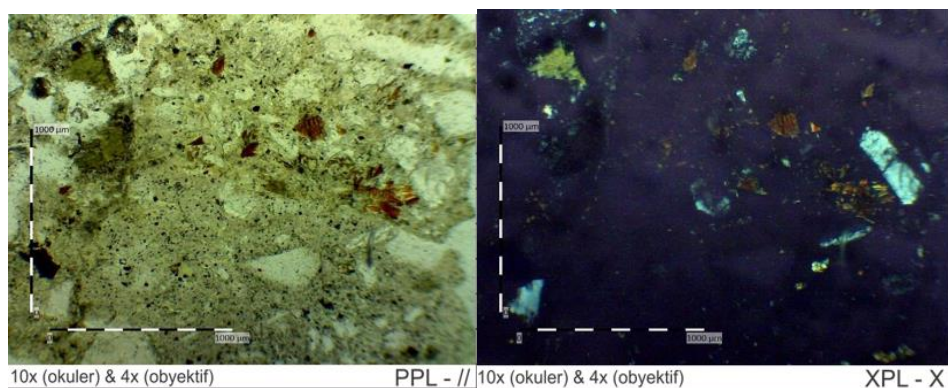
Selanjutnya pada jenis batuan kedua merupakan batuan lava andesit. Secara mikroskopis batuan beku ekstrusif pada sayatan tipis menunjukkan warna putih hingga krem pada kenampakan PPL. Memiliki ukuran butir faneritik halus berukuran 0,5 mm – afanitik berukuran <1 mm, derajat kristalisasi hipokristalin, dengan bentuk kristal euhedral – subhedral, hubungan antar kristal inequigranular. Kenampakan pada sayatan tipis didapati tekstur khusus berupa trakitik dan zoning pada mineral plagioklas. Komposisi pada fenokris terdiri dari plagioklas, kuarsa, orthoklas, biotit, hornblende dan massa dasar gelas. Pada sampel ini memiliki komposisi Plagioklas An<sub>36</sub> (50%),

Hornblende (7%), Orthoklas (6%), Kuarsa (4%), Opak (3%), Massa Dasar (30%) berupa gelas. Dari hasil penarikan diagram didapatkan nama batuan berupa *Andesite*<sup>[15]</sup>. (Gambar 10).



**Gambar 10.** Kenampakan sayatan tipis batuan andesit pada LP 137

Pada jenis batuan ketiga menunjukkan sayatan tipis batuan piroklastik dengan perbesaran 40x yang memperlihatkan warna putih krem (PPL) dengan derajat kristalisasi hipokristalin, memiliki bentuk kristal euhedral – subhedral, ukuran butir dari 0,1 – 0,4 mm, sayatan ini memiliki komposisi mineral berupa kuarsa dan plagioklas, dengan fragmen litik batuan beku ekstrusif dan memiliki massa dasar gelas. Dari hasil penarikan diagram didapatkan nama batuan berupa *Lithic Tuff*<sup>[4]</sup> (Gambar 11).



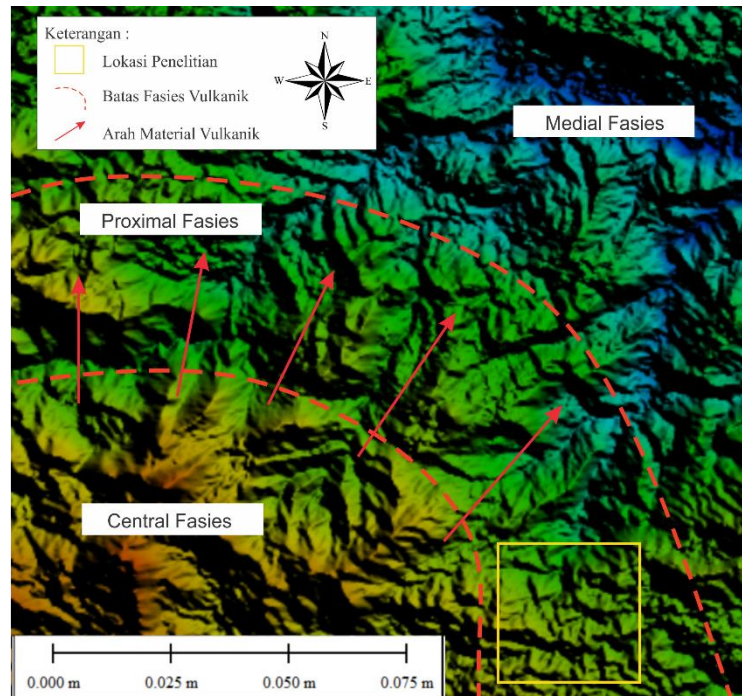
**Gambar 11.** Kenampakan sayatan tipis batuan Tuff pada LP 29

### 3.4 Analisis DEM (Digital Elevation Model)

Terdapat empat jenis fasies gunung api yakni fasies sentral, fasies proksimal, fasies medial, dan fasies distal<sup>[2]</sup>. Fasies sentral pada gunungapi dicirikan dengan kubah lava, batuan ubahan hidrotermal dan asosiasi batuan beku intrusi dangkal. Pada fasies proksimal, tersusun atas perselingan aliran lava dan breksi piroklastika. Kemudian pada fasies medial tersusun dari batuan konglomerat, breksi piroklastika dan breksi lahar. Sedangkan pada fasies distal, tersusun dari batuan epiklastika dengan ukuran butir pasir - lempung. Berdasarkan dari hasil analisis DEM (*Digital Elevation Model*) yang ditunjukkan pada gambar 12, diinterpretasikan bahwa daerah penelitian termasuk ke dalam fasies proksimal<sup>[2]</sup>. Material yang mendominasi daerah penelitian yaitu berupa aliran lava dan jatuhan piroklastik.

Pada daerah penelitian terbagi atas tiga jenis batuan vulkanik. Jenis batuan pertama merupakan breksi vulkanik. Keterbentukan batuan breksi vulkanik ini diawali dengan adanya mineral plagioklas menunjukkan bahwa proses pengkristalan batuan dimulai pada suhu yang tinggi yaitu berkisar antara 700<sup>0</sup> C - 1200<sup>0</sup> C sebagai mineral primer. Penurunan suhu yang sangat cepat menyebabkan keterbentukan mineral biotit dan hornblende. Tekstur khusus yang terdapat pada batuan ini berupa zoning yang berada pada mineral plagioklas. Tekstur zoning menunjukkan adanya perubahan suhu secara bertahap pada saat terjadinya pengkristalan batuan. Selanjutnya satuan batuan vulkanik yang terbentuk berupa lava andesit. Berdasarkan dari kenampakan petrografi, batuan lava

andesit pada daerah penelitian menunjukkan tekstur zoning dan traktik yang menunjukkan keberadaan aliran lava pada saat proses pembentukan batuan serta pembekuan magma yang sangat cepat. Kemudian jenis batuan yang ketiga ialah batuan tuff lapili yang berasal dari letusan eksplosif dihasilkan oleh jatuhnya material piroklastik, kemudian proses pengendapannya menutupi batuan lava andesit yang sebelumnya telah terbentuk pada daerah penelitian.



**Gambar 12.** Analisis Fasies Vulkanik dari Data DEM

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan dari beberapa metode penelitian meliputi pemetaan geologi, studi literatur, analisis petrografi dan analisis DEM (*Digital Elevation Model*). Terdapat tiga jenis satuan batuan vulkanik yaitu breksi vulkanik, lava andesit dan tuff. Pada batuan breksi vulkanik ditemukannya tekstur khusus berupa zoning pada plagioklas juga menunjukkan adanya perubahan suhu secara bertahap pada saat terjadinya proses pengkristalan batuan. Selanjutnya satuan batuan vulkanik berupa lava andesit, secara kenampakan petrografi batuan lava andesit pada daerah penelitian menunjukkan tekstur traktik yang menunjukkan keberadaan aliran lava pada saat proses pembentukan batuan. Kemudian batuan vulkanik yang terbentuk terakhir yaitu batuan Tuff Lapili yang berasal dari letusan eksplosif yang menghasilkan jatuhnya material piroklastik yang kemudian proses pengendapannya menutupi batuan lava andesit yang sebelumnya telah terbentuk pada daerah penelitian. Berdasarkan dari hasil analisis DEM (*Digital Elevation Model*), dapat diinterpretasikan bahwa daerah penelitian termasuk ke dalam fasies proksimal<sup>[2]</sup>. Material yang mendominasi daerah penelitian yaitu berupa aliran lava dan jatuhan piroklastik.

#### Ucapan Terima Kasih

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data yang dilakukan selama Pemetaan Geologi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya yang dilaksanakan pada bulan Juni 2021. Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman dan pihak-pihak lain yang telah memberikan saran dan arahan dalam penyelesaian penelitian ini serta sudah ikut membantu selama pemetaan geologi.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Asikin, S., Handoyo A., Bisono H. dan Gafoer S. 1992. "Geology of The Kebumen, Java".

Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

- [2] Bogie I and Mackenzie K. 1998. "The Application of a Volcanic Facies Model to an Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal System At Wayang Windu, Java, Indonesia". Proceedings 20th NZ Geothermal Workshop.
- [3] Clements, B. and Hall, R. 2007. "Cretaceous to Late Miocene Stratigraphic and Tectonic Evolution of West Java". Proceedings Indonesian Petroleum Association, 31<sup>st</sup> Annual Convenyion and Exhibtion.
- [4] Fisher, R. 1984. "Pyroclastic Rocks Springer-Verlag Berlin Heidelberg".
- [5] Fossen, H. 2010. "Structural Geology". New York: Cambridge University Press.
- [6] Hilmi, F. dan Haryanto. 2008. "Pola Struktur Regional Jawa Barat". Bulletin of Scientific Contribution. Volume 6, nomor 1, 57-66.
- [7] Hugget, R.J. 2017. "Fundamental of Geomorphology (4rd edition)". USA and Canada: Routledge.
- [8] Lisle, R. J. 2004. "Geological Structures and Maps".
- [9] Martodjojo, S. 1984. "Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat". Penerbit ITB : Bandung.
- [10] Moody, J. D. dan Hill, M. J. 1976. "Wrench Fault Tectonic, Bulletin Volume 61". America: Geological Society America.
- [11] Pannekoek, A. J. 1949. "Outline of The Geomorphology of Java, Reprint from Tijdschrift Van Het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, vol. LXVI, part 3". E. J. Brill, Leiden.
- [12] Peacock, et al. 2017. "A Broader Classification of Damage Zones". Journal of Structural Geology. doi: 10.1016/j.jsg.2017.08.004
- [13] Pettijohn, F. J. 1975. "Sedimentary Rocks". Harper and Row: New York, 3<sup>rd</sup> edition.
- [14] Pulonggono, A dan Martodjojo, S. 1994. "Perubahan tektonik Paleogen - Neogen merupakan peristiwa terpenting di Jawa". Proceedings Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa: 37 - 50.
- [15] Streckeisen, A. 1991. "The IUGS Systematics of Igneous Rocks Journal of the Geological Society". London. Vol; 148
- [16] Van Bemmelen, R. W. 1949. "The Geology of Indonesia Vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes". The Hague Government Printing Office.
- [17] Widyatmanti. 2016. "Identification of Topographic elements composition based on landform Boundaries from radar interferometry segmentation (preliminary study on digital landform Mapping)". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 37 (1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/37/1/01>.