

GEOLOGI DAN GEOKIMIA LAVA BASAL PADA GUNUNG PUSER DAN GUNUNG TIDAR DAERAH NGADIREJO DAN SEKITARNYA, KECAMATAN SECANG, KABUPATEN MAGELANG, PROVINSI JAWA TENGAH

*Juhair Al Habib**¹, *Hiltrudis Gendoest Hartono*², *Hurien Helmi*³
Jl. Babarsari, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, telp.(0274)487249
^{1,2,3}Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
e-mail : [*1alhabib1903@gmail.com](mailto:alhabib1903@gmail.com)

Abstrak

Daerah penelitian secara administratif terletak di Daerah Ngadirejo dan sekitarnya, Kecamatan Secang, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Secara fisiografi, daerah ini termasuk ke dalam zona Depresi Sentral Jawa, Solo dan Randublatung yang didominasi oleh endapan kuarter dan material gunung api (van Bemmelen, 1949). Daerah penelitian termasuk dalam kompleks G. Sindoro, G. Sumbing, G. Merapi dan G. Merbabu. Terdapat tiga Sirkular gunung api yaitu Khuluk Merbabu di bagian timur daerah penelitian. Khuluk Senggana terletak di utara daerah penelitian terdapat Gumuk Gilipetung dibagian Timurlaut daerah penelitian. Khuluk Sumbing terletak di barat daerah penelitian terdapat Gumuk Puser dibagian utara daerah penelitian, dan Gumuk Tidar di bagian baratdaya daerah penelitian. Oleh sebab itu, dapat diinterpretasikan bahwa daerah penelitian dikontrol oleh aktivitas vulkanisme. Pemetaan detail yang dilakukan di lokasi penelitian menghasilkan data geologi berupa geomorfologi daerah penelitian membentuk dataran kaki gunung api, sedangkan stratigrafi lokal daerah penelitian mengasilkan enam satuan batuan, yaitu: Satuan Aliran Piroklastika Puser, Satuan Aliran Lava Puser, Satuan Aliran Lava Tidar, Satuan Endapan Lahar Sumbing, Satuan Ignimbrit Gilipetung, dan Satuan Jatuhan Piroklastika Merbabu. Hasil kajian petrografi dan geokimia batuan gunung api menunjukkan bahwa batuan pada daerah penelitian berasosiasi dengan seri magma kalk-alkalin tinggi yang merupakan karakteristik magma pada busur kepulauan. Diketahui berdasarkan kehadiran fenokris berupa plagioklas, sanidine, olivine dan hornblend mengindikasikan terdapat magmatisme bersifat basaltis, berperiode singkat, dengan energi rendah yang membentuk jenis batuan basal pada Gumuk Puser dan batuan andesit basal pada Gumuk Tidar.

Kata kunci: *Ngadirejo, Merbabu, Volkanostratigrafi, Lava, Ignimbrit, Geokimia*

Abstract

The research area is administratively located in Ngadirejo and its surroundings, Secang District, Magelang Regency, Central Java Province. Physiographically, this area is included in the Central Depression zone of Java, Solo and Randublatung which is dominated by quaternary deposits and volcanic material (van Bemmelen, 1949). The research area is included in the complex of Mount Sindoro, Mount Sumbing, Mount Merapi and Mount Merbabu. There are three circular volcanoes, namely Khuluk Merbabu in the eastern part of the study area. Khuluk Senggana is located in the north of the research area, there is Gumuk Gilipetung in the northeastern part of the research area. Khuluk Sumbing is located in the west of the research area, there is Gumuk Puser in the north of the study area, and Gumuk Tidar in the southwest part of the study area. Therefore, it can be interpreted that the study area is controlled by volcanism activity. Detailed mapping carried out at the research site resulted in geological data in the form of geomorphology of the study area forming a volcanic foot plain,

while the local stratigraphy of the study area yielded six rock units, namely: Puser Pyroclastic Flow Unit, Puser Lava Flow Unit, Tidar Lava Flow Unit, and Lava Sediment Unit Cleft, Gilipetung Ignimbrite Unit, and Merbabu Pyroclastic Falls Unit. The results of petrographic and geochemical studies of volcanic rocks show that the rocks in the study area are associated with a high calc-alkaline magma series which is a characteristic of magma in archipelagic arcs. It is known that based on the presence of phenocrysts in the form of plagioclase, sanidine, olivine and hornblend, it indicates that there is basaltic magmatism, short period, with low energy that forms basalt rock types on Gumuk Puser and basalt andesite rock on Gumuk Tidar.

Keywords: Ngadirejo, Merbabu, Volcanostratigraphy, Lava, Ignimbrit, Geochemistry

1. PENDAHULUAN

Daerah Ngadirejo dan sekitarnya, Kecamatan Secang, Kabupaten Magelang Provinsi Jawa Tengah secara geologi berada pada Zona Gunung api Kuarter yang didominasi oleh material gunung api. Dilihat dari potensi positifnya merupakan salah satu daerah yang berpotensi sebagai lokasi terbentuknya sumber daya alam non hayati seperti mineral dan bahan galian. Dari potensi negatif yang dihasilkan tersebut, daerah ini juga berpotensi sebagai daerah rawan bencana alam seperti letusan gunung api, gempa vulkanik, maupun bencana sekunder lain yang dihasilkan akibat aktivitas gunung api. Namun demikian pemahaman secara menyeluruh tentang geologi daerah penelitian dengan menggunakan prinsip-prinsip gunung api sangat perlu dilakukan.

Secara regional daerah penelitian telah banyak dilakukan penelitian oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Namun demikian penulis merasa perlu melakukan penelitian ulang secara rinci yang nantinya akan digambarkan pada peta geomorfologi, dan peta geologi gunung api dengan skala 1:25.000. Pemetaan batuan hasil dari produk gunung api tidak banyak dilakukan di daerah penelitian, padahal keberadaan gunung api berumur Kuarter yang masih aktif dapat memberikan pengaruh baik positif maupun negatif terhadap pembangunan berkelanjutan di daerah penelitian. Hal tersebut melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian geologi dengan menggunakan konsep-konsep volkanostratigrafi. Diharapkan dari penerapan konsep ini penulis mampu menggambarkan secara rinci evolusi geologi yang berlangsung di daerah penelitian.

Daerah penelitian merupakan salah satu bagian dari cincin api di bagian Pulau Jawa yaitu terletak di kaki G. Sumbing, Kecamatan Secang dan sekitarnya, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Gunung Sumbing merupakan gunung api tipe strato berumur Kuarter yang secara geologi terletak di sebelah utara zona tumbukan antara Lempeng Eurasia dengan Lempeng Samudera Indo-Australia [1]. Zona ini memanjang dari sisi barat hingga timur Pulau Jawa. Penelitian ini akan mengkaji tentang difrensiasi magma dari lava pada Gumuk Puser dan Gumuk Tidar. Lava merupakan produk erupsi gunung api yang terbentuk langsung dari pembekuan magma. Lava mewakili komposisi magma yang tidak mengalami perubahan akibat fragmentasi, sehingga sampel lava baik digunakan untuk studi perubahan diferensiasi magma.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut karya ilmiah ini dapat dibuat dengan menggunakan teori-teori dan metodologi penelitian yang sesuai dengan kaidah-kaidah ilmu geologi serta diharapkan dapat menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan kondisi geologi di daerah penelitian.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian terdiri dari beberapa tahap diantaranya yaitu studi literatur, pengambilan data lapangan, analisis petrografi dan analisa geokimia batuan. Pengambilan data lapangan berupa pengambilan sampel batuan. Analisa geokimia batuan dilakukan dengan menggunakan metode XRF untuk mengetahui unsur-unsur elemen utama pada batuan. Metode pengambilan sampel dilakukan dengan syarat sampel harus segar dan tidak lapuk, serta tidak teroksidasi maupun teralterasi, diusahakan mewakili litologi yang akan dianalisis. Jumlah sampel secukupnya dengan ukuran kurang lebih setangan (*handspacing*)

atau 0,5 kg. Sampel yang diambil untuk dijadikan sayatan tipis petrografi dan diuji geokimia di ambil pada satuan Aliran Lava Puser 1 di LP 02 dan Satuan Aliran Lava Tidar 1 di LP 31 (Tabel 2). Analisis petrografi dilakukan di Laboratorium Mineralogi – Petrologi Fakultas Teknologi Mineral, Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

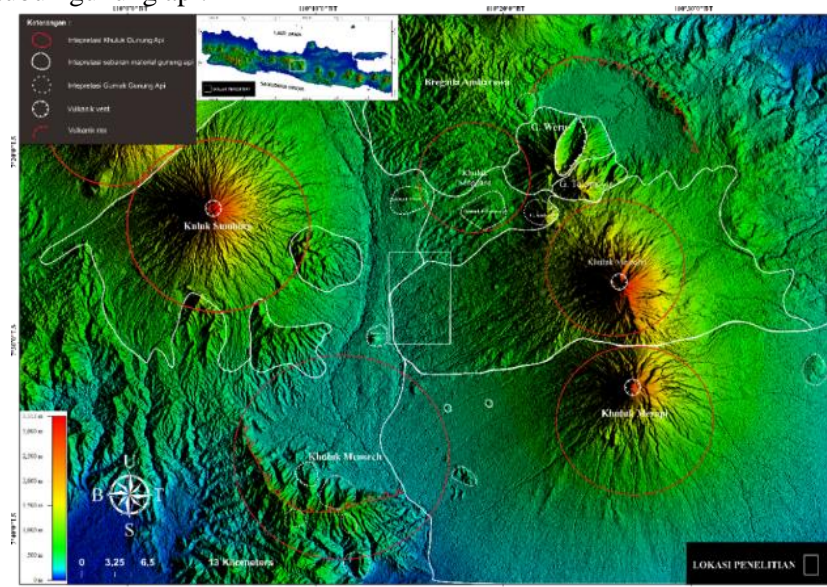
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi

Geologi daerah penelitian meliputi aspek-aspek geologi yang berkembang di daerah penelitian. Aspek-aspek geologi yang dimaksud terdiri atas geomorfologi, stratigrafi gunung api, struktur geologi, sejarah geologi, geologi lingkungan, dan sesumber dari daerah penelitian.

Penentuan satuan geomorfologi ini berdasarkan pada metode yang digunakan untuk analisis geomorfologi yaitu, analisis peta kontur, analisis citra DEMNAS (<http://tides.big.go.id/DEMNAS/DEMNAS.php>) untuk melihat pola-pola gunung api yang berkembang di daerah penelitian. Bentuk bentang alam mencerminkan proses-proses alam yang terjadi, baik eksogen maupun endogen.

Dari hasil analisis akan menghasilkan data; kelurusan (*lineament*) dari punggung, tebing, terasa, dan segmen selaras lembah; pola aliran sungai; stadia sungai; stadia daerah dan pembagian tubuh gunung api.



Gambar 1 Analisis Citra DEMNAS (Anonim,2020), menunjukkan kemungkinan adanya material gunung api di daerah penelitian yang berasal dari tiga khuluk gunung api dan tiga gumuk (<http://tides.big.go.id/DEMNAS/DEMNAS.php>)

Penamaan Khuluk, Gumuk menggunakan penamaan geografis. Daerah penelitian termasuk dalam kompleks G. Sindoro, G. Sumbing, G. Merapi dan G. Merbabu. Terdapat tiga Sirkular gunung api yaitu Khuluk Merbabu di bagian timur daerah penelitian. Khuluk Senggana terletak di utara daerah penelitian terdapat Gumuk Gilipetung dibagian Timurlaut daerah penelitian. Khuluk Sumbing terletak di barat daerah penelitian terdapat Gumuk Puser dibagian utara daerah penelitian, dan Gumuk Tidar di bagian baratdaya daerah penelitian. Oleh sebab itu, dapat diinterpretasikan bahwa daerah penelitian dikontrol oleh aktivitas vulkanisme.

a. Geomorfologi

Geomorfologi daerah penelitian yang terbentuk oleh proses vulkanisme yang diawali dengan pembentukan Khuluk Senggana. Proses ini menghasilkan berupa sisa tubuh gunung api yang telah mengalami penghancuran dan erosi tingkat lanjut, sehingga tubuh gunung api sulit diidentifikasi secara pasti. Produk vulkanisme dari Khuluk ini diidentifikasi berupa material

aliran piroklastik seperti ignimbrit yang membentuk morfologi Bergelombang Lemah Kuat Dataran Aliran Lahar Gunung Api Senggana. Proses vulkanisme tersebut terus berlanjut membentuk Khuluk-khuluk lain di dekat Khuluk tersebut. Pada kala Holosen terjadi proses konstruktif Gunung Api Sumbing dan Merbabu. Proses ini menghasilkan bentuk tubuh gunung api dan produk vulkanisme berupa lava dan piroklastika jatuhnya membentuk morfologi Dataran Aliran Piroklastik Sumbing Bergelombang Lemah, morfologi Dataran Kaki Gunung Gunung Api Merbabu Bergelombang Lemah dan geomorfologi Dataran Aliran Lava Bergelombang Lemah Kuat.

b. Stratigrafi

Stratigrafi daerah penelitian dikembangkan dengan mengacu pada peta geologi regional Lembar Magelang dan Semarang, Jawa [2]. Satuan yang ada di daerah penelitian yaitu paling tua ke muda yaitu Formasi Kaligetas (Plistosen), Batuan Gunung Api Gilipetung (Plistosen), Batuan Gunung Api Andong dan Kendil (Plistosen) dan Batuan Gunung Api Merbabu (Holosen).

Tataan satuan stratigrafi gunung api di daerah penelitian disusun berdasarkan sumber, jenis batuan, dan urutan kejadian. Penamaan satuan dilakukan dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) Penyusun Peta Geologi Gunung Api [3] dengan menggunakan satuan dasar Khuluk dan Gumuk. Proses evolusi dan perkembangan gunung api tersebut tergambar pada sebaran batuan yang disusun secara sistematis didalam kolom stratigrafi gunung api, sehingga proses penafsiran untuk merekonstruksi kejadian-kejadian geologi dimasa lampau bisa dilakukan. Stratigrafi daerah penelitian terdiri atas Khuluk Senggana, Khuluk Sumbing, Khuluk Merbabu, Gumuk Puser dan Gumuk Tidar. Khuluk Merbabu di bagian timur daerah penelitian. Khuluk Senggana terletak di utara daerah penelitian terdapat Gumuk Gilipetung dibagian timurlaut daerah penelitian. Khuluk Sumbing terletak di barat daerah penelitian terdapat Gumuk Puser di bagian utara daerah penelitian, dan Gumuk Tidar di bagian baratdaya daerah penelitian. Penentuan umur dari setiap satuan dilakukan dengan metode interpretasi citra DEMNAS, analisis peta kontur dan juga berdasarkan data lapangan terkait, seperti keberadaan tanah yang sangat tebal akan menandakan bahwa satuan tersebut sudah mengalami proses geologi yang lebih panjang, dan itu artinya memiliki umur geologi yang relatif akan lebih tua dibandingkan dengan satuan dengan tanah yang tipis. Hal tersebut menjadi dasar untuk menentukan umur relatif pada setiap satuan batuan yang ada di daerah penelitian (Tabel 1), sehingga interpretasi mengenai proses geologi yang berlangsung selama waktu geologi dapat dilakukan.

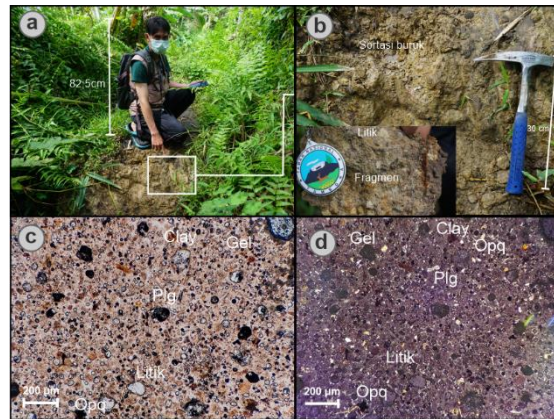
Tabel 1. Kolom stratigrafi gunung api daerah penelitian

*Geologi dan Geokimia Lava Basal pada Gunung Puser dan Gunung Tidar Daerah Ngadirejo Dan Sekitarnya, Kecamatan Secang, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah (Juhair Al Habib^{*1}, Hiltrudis Gendoest Hartono², Hurien Helmi³)*

Zaman	Umur Relatif	Kategori	Nama	Periode Geologi	Satuan Stratigrafi		Posisi Geologi	Satuan batuan			Peneliti																		
					Kubah	Gumuk		Lava	Primer			Sekunder																	
									Piroklastika	Andalitik																			
Kuartar	Holosen	Sulawesi	MERRAU	6	Pusat	MERRAU	Pusat	Merrau			Satuan batuan Piroklastika Merrau 1 : Satuan ini tersusun atas vitrik tuf, secara megaskopis memiliki ciri warna segar abu-abu cerah, warna lapuk abu-abu coklat dengan struktur bedak, sebagian besar satuan ini telah terakumulasi menjadi serpih dan residua serpih akibat dari proses pelapukan yang sangat intensif, hal ini menyebabkan satuan-satuan ini diklasifikasi sebagai megaskopis. Selain itu material piroklastik ini menunjukkan serpih yang serbuk baik merupakan pasir dengan kondisi kekohesian yang belum mengalami teroksidasi. Secara mikroskopis memiliki ciri warna abu-abu kecoklatan, ukuran butir halus (<0,001 - 0,025 mm) dengan teroksidasi sedang. Komposisi mineral tersusun atas gelas vulkanik yang dominan serta massa kristal mineral tersingkap di Desa Sira-pudu dan sekitarnya dengan ketebalan >1 m dan tersingkap oleh sungai. Satuan ini meliputi 20% daerah penelitian.																		
											Sulawesi	MERRAU	Pusat	Merrau			Satuan Igneum Gilitupung 1 : Satuan ini tersusun atas batuan intrusi yang membentuk intrusi igneum yang merupakan bentuk dari hasil lelehan dari satuan piroklastik. Satuan megaskopis pada satuan batuan memiliki warna abu-abu coklat gelap dengan struktur matrik yang tidak kompak, material di dalam struktur batuan yang butir dengan ukuran lebih material piroklastik yang sangat beranekaragam berupa fragmen dan matriks. Fragmen berkomposisi andesit, bewarna abu-abu gelap dan matriks berupa material campuran piroklastik. Secara mikroskopis memiliki ciri warna abu-abu kecoklatan dengan paku andesit sejajar dan warna yang relatif sama pada lokal selanjutnya, ukuran butir lempung-pasir sedang hingga kasar (<0,001 - 0,25 mm), pemilahan sedang dengan komposisi berupa litik, gelas dan kristal. Satuan ini tersingkap di Desa Gila-Katua dan sekitarnya yang meliputi 10% daerah penelitian.												
																	Sulawesi	MERRAU	Pusat	Merrau			Satuan Endapan Lahar Sumbing 1 : Satuan ini tersusun atas endapan lahar yang merupakan material yang merupakan produk dari gunung api. Secara megaskopis pada endapan lahar memiliki warna abu-abu coklat gelap yang tidak kompak, material ini memiliki teroksidasi yang baik dengan dominasi oleh material piroklastik yang sangat beranekaragam berupa fragmen dan matriks. Fragmen berkomposisi litik andesitik basi, andesitik, 2-4 cm dalam matriks litik serpih kasar. Secara mikroskopis matriks memiliki warna abu-abu kecoklatan, ukuran butir lempung-pasir sedang hingga kasar (<0,001 - 0,25 mm), pemilahan sedang dengan komposisi berupa litik, gelas dan kristal. Pada fragmen tersusun atas andesit dan basal yang mempunyai struktur batuan vulkanik. Satuan ini tersingkap dipinggir sungai di Desa Dendang dan sekitarnya dengan luas 5%.						
																							Sulawesi	MERRAU	Samping	Merrau			Satuan Aliran Lava Tidar 1 : Satuan ini tersusun atas lava basal dengan megaskopis memiliki warna segar abu-abu gelap dan warna lapuk abu-abu coklat teroksidasi dengan struktur vesikular-matrik, pada beberapa bagian batuan batuan, sedangkan ini berstruktur membatik antar aliran lava basal berstruktur matrik yang sangat struktur struktur membatik struktur lokal hasil pembebasan. Secara mikroskopis memiliki warna terang, relief tinggi (air), selanjutnya pada lokal selanjutnya bewarna coklat, butiran serpih, matrik kasar (0,001 - 0,25 mm). Berupa mineral mineral andesit al-silikat memiliki teroksidasi (0,01 - 0,34 mm) berupa paku andesit, andesit, olivin serta mineral akson berupa opak (fenit). Satuan ini tersingkap pada sepanjang sungai di Desa Maling dan sekitarnya yang meliputi 10% daerah penelitian.
																													Sulawesi
Sulawesi	MERRAU	Pusat	Merrau			Satuan Aliran Piroklastika Puser 1 : Satuan ini tersusun atas vitrik tuf, dengan ketebalan tersingkap 2-3 m. Secara megaskopis berwarna segar abu-abu cerah dan warna lapuk abu-abu coklat dengan struktur bedak dengan teroksidasi sedang, memiliki serpih buruk dengan kemas terbuka serta terdapat pecahan-pecahan batuan yang tertanam dalam material yang berukuran lebih halus. Satuan mikroskopis memiliki warna abu-abu kecoklatan dengan teroksidasi sedang, ukuran butir lempung-pasir (<0,001 - 0,25 mm), pemilahan sedang, komposisi tersusun oleh gelas yang sebagian teroksidasi menjadi mineral lempung, dan tersusun juga oleh massa kristal feldspar. Satuan ini meliputi 10% daerah penelitian serta Desa Candiretno dan jawa desa-desa sekitarnya.																							

1. Satuan Aliran Piroklastika Puser 1 (Pa1)

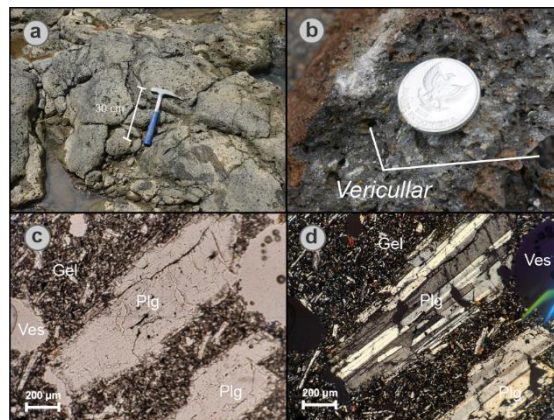
Satuan ini meliputi 10 % daerah penelitian yaitu meliputi Desa Candiretno, Desa Pucang, Desa Madusari, Desa Pirikan, Desa Sidomulyo dan desa-desa di sekitarnya. Satuan ini tersusun atas vitrik tuf, dengan ketebalan tersingkap 2-3 m. Secara megaskopis berwarna segar abu-abu cerah dan warna lapuk abu-abu coklat dengan bagian grain teroksidasi sebagian, memiliki sortasi buruk dengan kemas terbuka serta terdapat pecahan-pecahan batuan yang tertanam dalam material yang berukuran lebih halus, batuan ini telah banyak berubah oleh proses eksogenik sehingga membentuk tanah yang relatif tebal dibandingkan dengan satuan batuan yang lain pada lokasi penelitian. Secara mikroskopis memiliki warna abu-abu kecoklatan dengan tekstur klastik dengan ukuran butir lempung-pasir (<0,001 – 0,25 mm), pemilahan sedang. Komposisi tersusun atas gelas yang sebagian berubah menjadi mineral lempung, serta tersusun juga oleh massa kristal feldspar (Gambar 2). Batuan ini telah mengalami pelapukan yang cukup lanjut, hal itu ditunjukkan pada kekompakan batuan sangat lemah serta oksidasi yang tinggi. Kondisi tanah yang merupakan hasil dari produk gunung api memiliki kualitas yang baik untuk dimanfaatkan sebagai lahan pertanian/perkebunan karena memiliki unsur hara yang tinggi. Penyebaran batuan ini membentuk lahan dataran yang dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dan perkebunan yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat di daerah penelitian.



Gambar 2 (a) Kenampakan singkapan litik tuf Satuan Piroklastika Aliran Puser pada LP 03 (b) *Hand spacement* batuan memperlihatkan kenampakan batuan dengan ukuran butir yang lebih kasar (lensa menghadap ke arah selatan) (c) Kenampakan PPL pada mikroskop, (d) Kenampakan XPL pada mikroskop.

2. Satuan Aliran Lava Puser 1 (P11)

Satuan ini tersngkap di sepanjang sungai di Daerah Secang dan sekitarnya yang meliputi 5 % daerah penelitian. Satuan ini tersusun atas lava basal. Secara megaskopis memiliki warna segar abu-abu gelap dan warna lapuk abu-abu gelap kecoklatan teroksidasi dengan struktur vesikuler-skoria, pada beberapa singkapan membentuk struktur kekar hasil pendinginan lava. Secara mikroskopis memiliki warna terang, relief tinggi (mafik), sedangkan pada nikol silang berwarna ungu, hijau, biru, kuning dan coklat. Memiliki tekstur khusus pilotasitik dengan masa dasar afanitik gelas (<0,1 mm), bentuk mineral unhedral-subhedral, sedangkan fenokris (0,01 – 0,38 mm) tersusun atas plagioklas, sanidine, olivine, pirokse, serta terdapat juga mineral aksesori seperti opak dan hornblnde (Gambar 3).



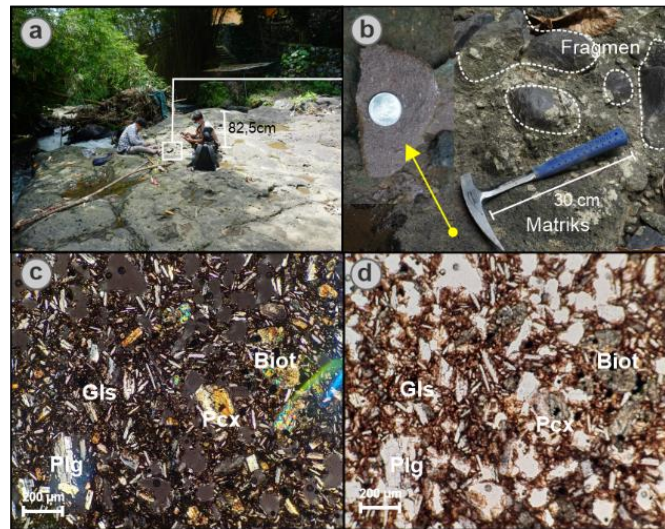
Gambar 3. (a) Kenampakan singkapan Lava Andesit Satuan Aliran Lava Puser pada LP 02 (b) *Hand spacement* batuan memperlihatkan kenampakan batuan dengan ukuran butir yang lebih halus (lensa menghadap ke arah timur) (c) Kenampakan PPL pada mikroskop, (d) Kenampakan XPL pada mikroskop.

3. Satuan Aliran Lava Tidar 1 (T11)

Satuan in tersingkap pada sepanjang sungai di Desa Meijing yang meliputi 10 % daerah penelitian. Satuan ini tersusun atas lava basal, secara megaskopis memiliki warna segar abu-abu gelap dan warna lapuk abu-abu coklat teroksidasi dengan struktur vesikular-masif pada beberapa bagian tubuh batuan, singkapan ini berorientas membentuk arah aliran lava reltaif berarah timur laut hingga ke timur. Struktur singkapan membentuk struktur kekar hasil pembekuan. Secara mikroskopis memiliki warna terang, relief tinggi (mafik), sedangkan pada nikol silang berwarna coklat, biru, serta hijau, masa dasar afanitik gelas (<0,1 mm). Bentuk

*Geologi dan Geokimia Lava Basal pada Gunung Puser dan Gunung Tidar Daerah Ngadirejo Dan Sekitarnya, Kecamatan Secang, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah (Juhair Al Habib*¹, Hiltrudis Gendoest Hartono², Hurien Helmi³)*

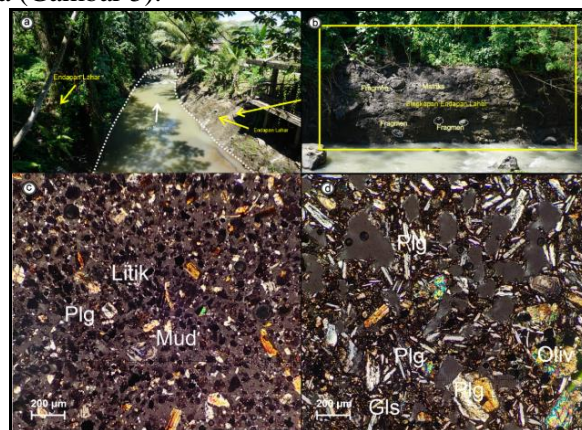
mineral unihedral-subhedral membentuk fenokris (0,01 – 0,34 mm) berupa plagioklas, sanidine, olivine, serta mineral aksesori berupa opaq (ilimenit). Struktur singkapan membentuk struktur kekar hasil pembekuan (Gambar 4).



Gambar 4. (a) Kenampakan singkapan Lava Andesit Satuan Aliran Lava Tidar yang terdapat pada LP 31 (b) *Hand spacement* batuan memperlihatkan kenampakan batuan terdapat fragmen dengan jenis yang sama dengan masa dasar (lensa menghadap ke arah selatan), (c) Kenampakan PPL pada mikroskop, (d) Kenampakan XPL pada mikroskop.

4. Satuan Endapan Lahar Sumbing (Slh1)

Satuan ini tersingkap di Desa Pancuranmas dan sekitarnya yang meliputi 5 % daerah penelitian. Satuan ini tersusun atas endapan lahar yang membentuk material yang merupakan produk dari gunung api. Secara megaskopis pada singkapan batuan memiliki warna abu-abu coklat gelap yang tidak kompak, material ini memiliki derajat pemilahan yang buruk dengan disusun oleh material piroklastik yang sangat beranekaragam berupa fragmen dan matriks. Fragmen berkomposisi litik andesitik basal berdiameter 2-8 cm dalam matriks halus sampai kasar. Secara mikroskopis matriks memiliki warna abu-abu kecoklatan, ukuran butir lempung-pasir sedang hingga kasar (<0,001 – 0,25 mm), pemilahan sedang dengann komposisi berupa litik, gelas, dan kristal. Pada fragmen tersusun atas bataun andesit dan basal yang memperlihatkan tekstur batuan vulkanik. Satuan ini tersingkap disepanjang sungai di Daerah Dawung dan sekitarnya (Gambar 5).



Gambar 5. (a) Kenampakan singkapan lahar Satuan Endpan Lahar Sumbing (b) *Kenampakan singkapan dari dekat* batuan memperlihatkan kenampakan batuan dengan disusun atas fragmen dan matriks (lensa menghadap ke arah timur), (c) Kenampakan matriks XPL pada mikroskop, (d) Kenampakan fragmen XPL pada mikroskop.

5. Satuan Ignimbrit Gilipetung 1 (Ga1)

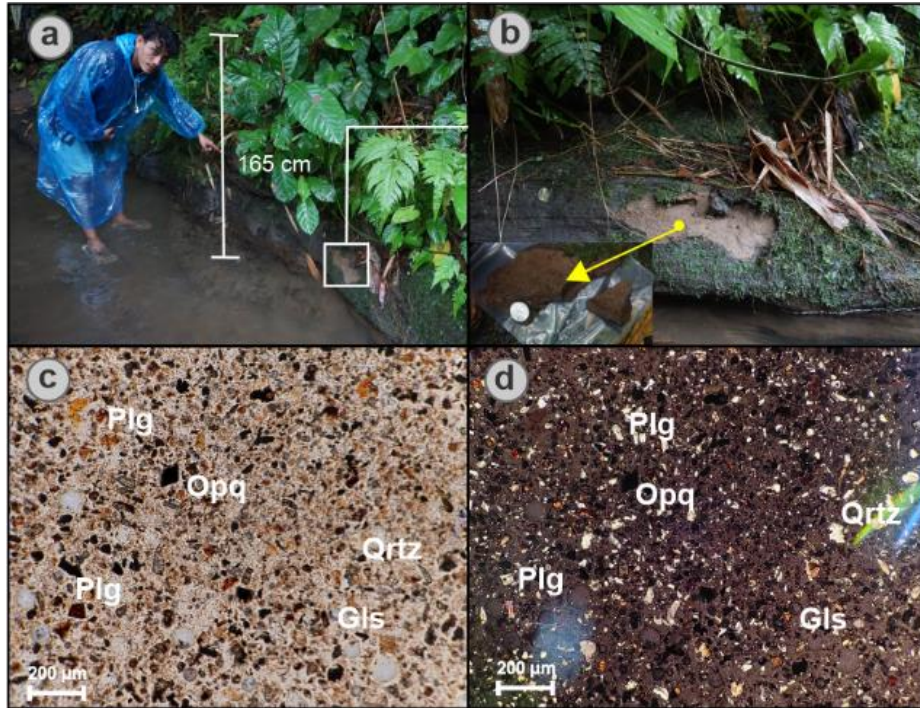
Satuan ini tersingkap di Desa Giri Kulon dan Giri Wetan yang meliputi 10 % daerah penelitian. Satuan ini tersusun atas batuan litik tuf yang membentuk material ignimbrit yang merupakan produk dari hasil letusan dan serukan piroklastik. Secara megaskopis pada singkapan batuan memiliki warna abu-abu coklat gelap dengan struktur masif yang tidak kompak, material ini memiliki derajat pemilahan yang buruk dengan disusun oleh material piroklastik yang sangat beranekaragam berupa fragmen dan matriks. Fragmen berkomposisi andesit berwarna abu-abu gelap dan matriks berupa material campuran piroklastik, letak dari singkapan batuan ini berada pada topografi yang memiliki lereng cukup terjal dibandingkan dengan satuan batuan lain. Secara mikroskopis memiliki warna abu-abu kecoklatan dilihat pada analisa nikol sejajar dan warna yang relatif sama pada nikol silang, ukuran butir lempung-pasir sedang hingga kasar ($<0,001 - 0,025$ mm), pemilahan sedang dengan komposisi berupa litik, gelas, dan kristal (Gambar 6).



Gambar 6. (a) Kenampakan singkapan ignimbrit Satuan Ignimbrit Gilipetung terdapat pada LP 06 (b) *Hand placement* batuan memperlihatkan kenampakan batuan dengan disusun atas fragmen dan matriks (lensa menghadap ke arah timur), (c) Kenampakan PPL pada mikroskop, (d) Kenampakan XPL pada mikroskop.

6. Satuan Jatuhan Piroklastika Merbabu 1 (Mj1)

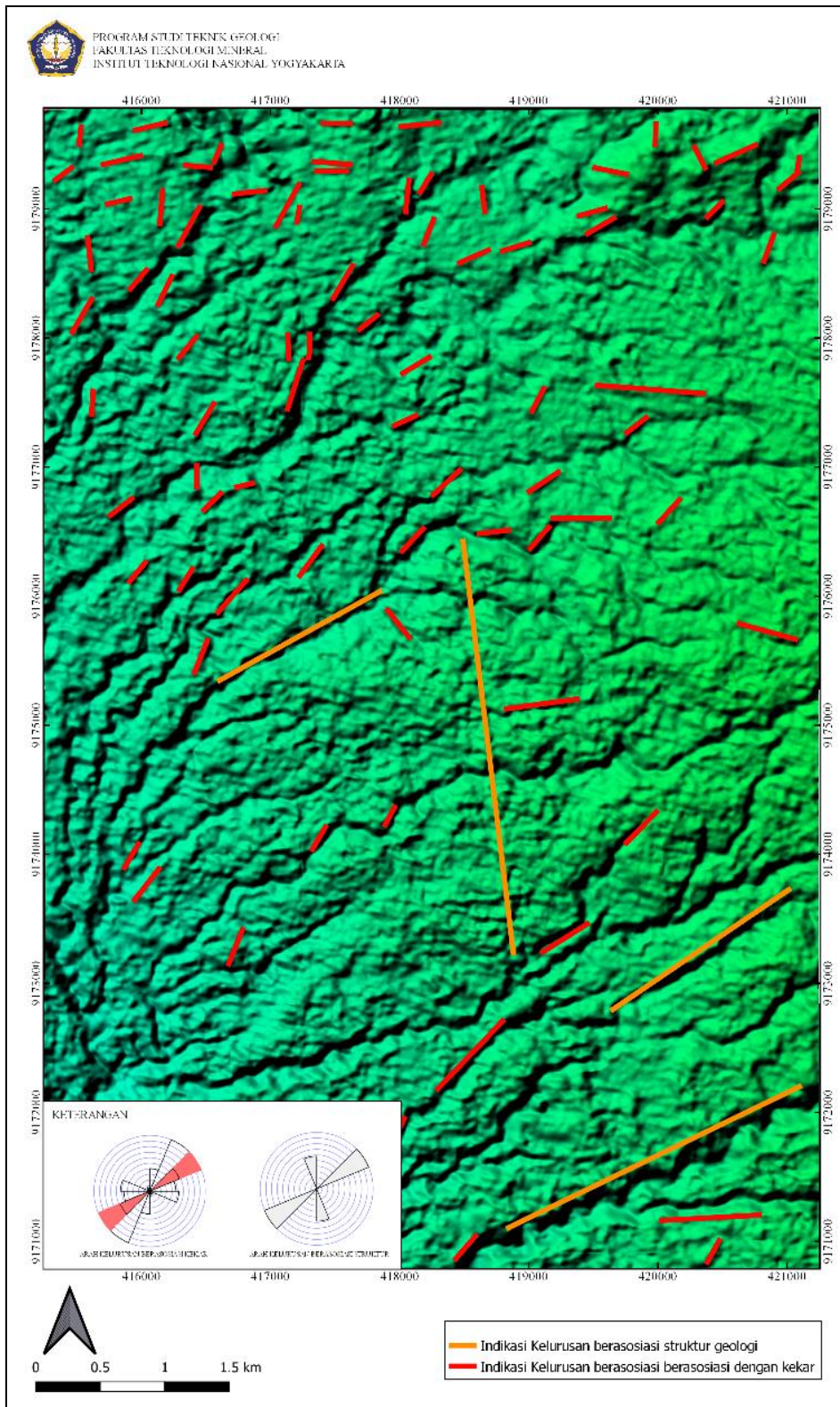
Satuan ini tersingkap di Desa Surojoyo dan sekitarnya dengan ketebalan >1 m dan memotong anak sungai yang meliputi 75% daerah penelitian. Satuan ini tersusun atas vitrik tuf, secara megaskopis memiliki ciri warna segar abu-abu cerah, warna lapuk coklat kemerahan dengan struktur berlapis. Secara mikroskopis memperlihatkan warna abu-abu kecoklatan, ukuran butir halus ($<0,001 - 0,025$ mm) dengan bentuk menyudut, pemilahan sedang. Komposisi batuan tersusun atas gelas vulkanik yang dominan dan juga masa kristal yang juga berubah menjadi mineral lempung (Gambar7). Selain itu, pada kenampakan contoh setangan pada batuan telah mengalami oksidasi akibat proses pelapukan, hal itu mengindikasikan tingginya kandungan mineral mafik yang menyusun batuan ini.



Gambar 7. (a) Kenampakan singkapan Tuf Satuan Jatuhan Piroklastika Merbabu yang terdapat pada LP 29 (b) *Hand spacing* bauan memperlihatkan kenampakan batuan dengan ukuran butir yang lebih halus (lensa menghadap ke arah timurlaut), (c) Kenampakan PPL pada mikroskop, (d) Kenampakan XPL pada mikroskop.

c. Struktur Geologi

Berdasarkan hasil analisis peta citra dengan cara manual bertujuan untuk memperoleh pola-pola kelurusan yang cukup intensif di daerah penelitian, berupa kelurusan punggung bukit (Gambar 8). Pada peta kelurusan terlihat beberapa pola kelurusan, untuk sementara peneliti menganggap bahwa kelurusan tersebut berasosiasi dengan struktur geologi yang mengontrol daerah penelitian. Terdapat juga pola-pola kelurusan lain yang dominan berupa kelurusan bukit dan lembah yang kemungkinan berasosiasi dengan pembentukan kekar-kekar di daerah penelitian. Kelurusan-kelurusan bukit yang berasosiasi dengan kekar-kekar di daerah penelitian tersebut terakumulasi hanya pada beberapa lokasi yang terdapat batuan beku, sehingga hal ini dapat mengindikasikan akan asosiasi struktur kekar tersebut memang berasosiasi dengan pembekuan batuan beku yang membentuk kekar hasil pembekuan, bukan akibat proses tektonik.



Gambar 8. Peta analisis kelurusan daerah penelitian pada citra dengan arah kelurusan dominan adalah timurlaut-baratdaya (Sumberpeta:<http://tides.big.go.id/DEMNAS/DEMNAS.php>).

d. Geologi Lingkungan

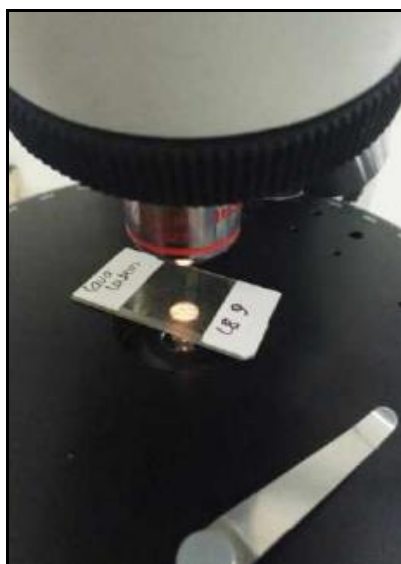
Geologi lingkungan merupakan salah satu disiplin ilmu geologi yang berhubungan erat dengan masalah perencanaan fisik, pengembangan wilayah dan usaha pengendalian lingkungan hidup dengan melihat aspek geologi di suatu daerah. Menurut [4] keadaan lingkungan dikontrol kuat oleh beberapa aspek geologi yang mencakup sifat keteknikan, tanah dan batuan terhadap kemantapan lereng, letak dan potensi batuan untuk bahan galian dan potensi bencana alam akibat pengaruh kondisi geologinya. Pengaruh aspek geologi terhadap lingkungan dapat menciptakan masalah yang berakibat pada tata kehidupan manusia yang bermukim di daerah tersebut. Pertumbuhan penduduk suatu daerah seharusnya selaras dengan kemajuan sarana dan prasarana untuk mencukupi kebutuhan hidup.

Dalam usaha peningkatan potensi yang dimiliki Daerah Ngadirejo dan sekitarnya, Kecamatan Secang, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah khususnya yang berkaitan dengan potensi geologi dan berhubungan dengan lingkungan dapat dilakukan dengan mengidentifikasi sumber daya geologi yang ada. Diharapkan dari hal tersebut dapat diketahui potensi geologi yang ada, baik berupa sumber daya alam maupun yang berupa bencana alam. Pembahasan mengenai masalah geologi lingkungan pada daerah penelitian dibagi menjadi dua bagian yaitu: sumber yang bersifat positif dan bencana alam yang bersifat negatif.

Analisis Laboratorium

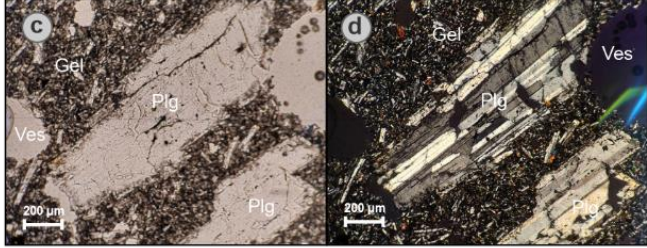
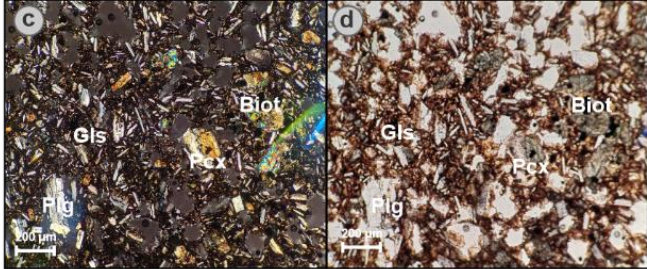
a. Analisis Petrografi

Analisis petrografi berguna untuk mengetahui tekstur dan struktur batuan secara megaskopis. Sampel dibuat dalam bentuk sayatan tipis untuk dilakukan analisis secara petrografi menggunakan mikroskop polarisasi Olympus CX 31P (Gambar 9), untuk mengetahui komposisi mineralogi batuan, tekstur, struktur, dan jenis batuan berdasarkan klasifikasi [5] Metode pengambilan sampel dilakukan dengan syarat sampel harus segar dan tidak lapuk, serta tidak teroksidasi maupun teralterasi, diusahakan mewakili litologi yang akan dianalisis. Jumlah sampel secukupnya dengan ukuran kurang lebih setengah (*handspacement*) atau 0,5 kg. Sampel yang diambil untuk dijadikan sayatan tipis petrografi dan diuji geokimia di ambil pada satuan Aliran Lava Puser 1 di LP 02 dan Satuan Aliran Lava Tidar 1 di LP 31 (Tabel 2). Analisis petrografi dilakukan di Laboratorium Mineralogi – Petrologi Fakultas Teknologi Mineral, Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.



Gambar 9. Analisis petrografi menggunakan mikroskop polarisasi Olympus CX 31P.

Tabel 2. Hasil analisis sayatan petrografi di Satuan Aliran Lava Puser dan Satuan Aliran Lava Tidar.

Gunung Api			Deskripsi	Nama Batuan
Satuan	No Sampel			
Gumuk Puser	Satuan Aliran Lava Puser	LP 02	Secara mikroskopis memiliki warna terang, relief tinggi (mafik), sedangkan pada nikel silang berwarna ungu, hijau, biru, kuning dan coklat. Memiliki tekstur khusus pilotasitik dengan masa dasar afanitik gelas (<0,1 mm), bentuk mineral unihedral-subhedral, sedangkan fenokris (0,01 – 0,38 mm) tersusun atas plagioklas, sanidine, olivine, pirokse, serta terdapat juga mineral aksesoris seperti opak dan homblende	Basal
				
Gumuk Tidar	Satuan Aliran Lava Tidar	LP 31	Secara mikroskopis memiliki warna terang, relief tinggi (mafik), sedangkan pada nikel silang berwarna coklat, biru, serta hijau, masa dasar afanitik gelas (<0,1 mm). Bentuk mineral unihedral-subhedral membentuk fenokris (0,01 – 0,34 mm) berupa plagioklas, sanidine, olivine, serta mineral aksesoris berupa opak (ilimenit). Struktur singkapan membentuk struktur kekar hasil pembekuan.	Basal
				

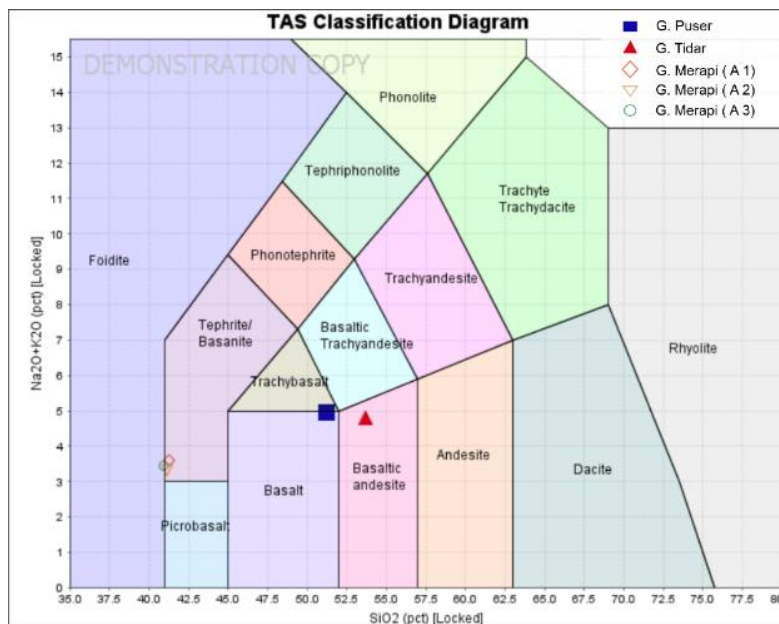
b. Analisis Geokimia

Sampel batuan yang dipilih untuk dianalisis geokimia terdiri atas dua sampel yaitu satuan aliran lava basal Gumuk Puser dan satuan aliran lava basal Gumuk Tidar dan data geokimia dari gunung Merapi sebagai perbandingan. Analisis geokimia tersebut dilakukan di Laboratorium Badan Geologi di Bandung yang kemudian menghasilkan elemen-elemen utama batuan, kemudian hasil analisis tersebut dinormalisasi terlebih dahulu sebelum digunakan pada klasifikasi (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil analisis geokimia data primer dan sekunder [6] dengan menggunakan XRF yang telah dinormalisasi.

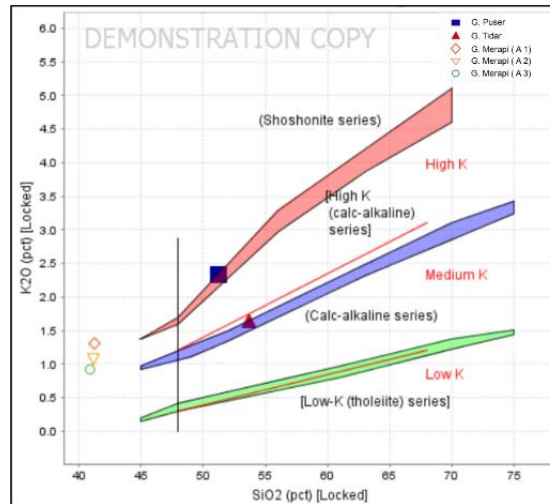
Khuluk	Sumbing		Data Sekunder Merapi		
Gumuk	Puser	Tidar	M1	M2	M3
	LP 02	LP 31	A1	A2	A3
SiO ₂	51.24	53.71	41.14	40.91	41.28
TiO ₂	0,85	0.75	1.77	2.25	1.90
Al ₂ O ₃	17.74	18.36	15.07	13.76	14.8
FeO					
Fe ₂ O ₃	12.43	11.21			
MnO	0,19	0.23	0.23	0.19	0.17
Mgo	1,13	1.58	13.26	13.49	14.52
CaO	7,34	7.86	12.22	11.85	12.75
Na ₂ O	2,60	3.16	2.26	2.51	2.28
K ₂ O	2,34	1.62	1.07	0.93	1.31
P ₂ O ₅	0,44	0.29			
LOI	3,70	1.22			
Total	100	100	100	100	100

Data-data geokimia diatas dapat digunakan untuk mengetahui genesis lava yang meliputi jenis batuan dan afinitas magma, suhu pembentukannya, proses tahapan diferensiasi magma, asosiasi terhadap *setting* tektonik dan perhitungan kedalaman magma. Untuk penentuan jenis batuan mengacu pada diagram [7] (Gambar 10). Pada diagram ini didasarkan pada kandungan SiO₂ (51,24) dan Na₂O + K₂O (2,60 + 2,34 = 4,94) yang terdapat dalam batuan satuan aliran lava Puser menunjukkan nama batuan yaitu *basalt*, sedangkan pada satuan aliran lava Tidar dengan kandungan SiO₂ (53,71) dan Na₂O + K₂O (3,16 + 1,62 = 4,80) menunjukkan nama batuan yaitu *basaltic andesite*, sedangkan dari data sekunder diperoleh nama batuan berupa *basanite* dari hasil penelitian yang dilakukan oleh [6].



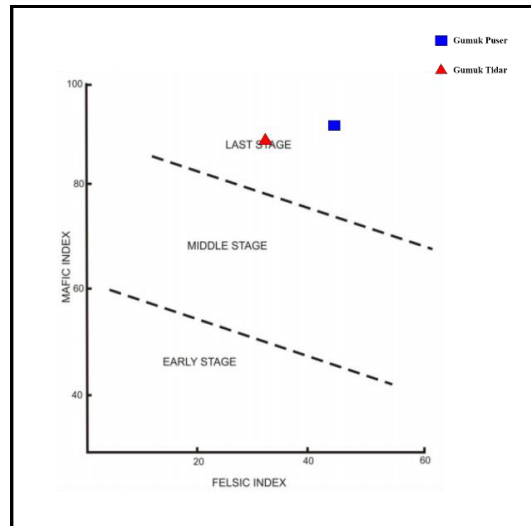
Gambar 10. Hasil plotting menggunakan klasifikasi batuan vulkanik berdasarkan TAS diagram [8] modifikasi.

Untuk penentuan afinitas magma menggunakan klasifikasi [9] yang didasarkan atas kandungan persen berat SiO₂ dan K₂O. Dari hasil pengeplottan didapatkan hasil dari satuan aliran lava Puser adalah *basalt*, serta dihasilkan dari magma seri *high calc-alkaline series* dan hasil dari satu aliran lava Tidar adalah *high K basaltic andesite*, serta dihasilkan dari magma seri *high calc-alkaline serie*, sedangkan dari data sekunder diperoleh afinitas magma menunjukkan magma yang bersifat *high calc-alkaline series* dari hasil penelitian yang dilakukan oleh [6] (Gambar 11).



Gambar 11. Hasil *plotting* menggunakan Diagram klasifikasi SiO₂ terhadap K₂O [9] modifikasi.

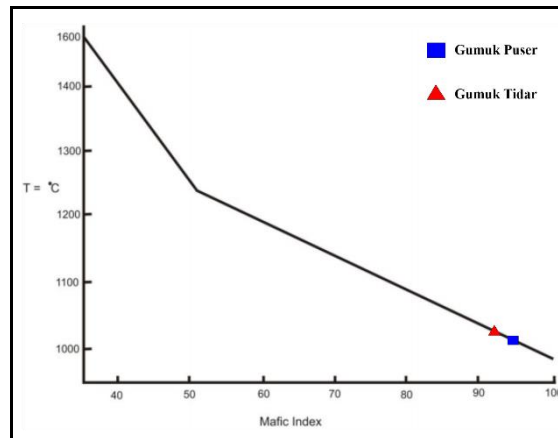
Penentuan tahap diferensiasi magma dapat menggunakan klasifikasi Thornton dan Tuttle (1960) dengan menggunakan perbandingan unsur *mafic index* (MI) dengan *felsic index* (FI). Berdasarkan hasil pengeplottan pada diagram tersebut diketahui bahwa hasil dari satuan aliran lava *basalt* Puser dan satuan aliran lava *basaltic andesite* Tidar masuk dalam diferensiasi *Last stage*. (Gambar 12).



Gambar 12. Hasil *plotting* menggunakan klasifikasi [10] modifikasi, berdasarkan data primer hasil analisis geokimia.

Pendugaan temperature pembekuan magma dapat menggunakan klasifikasi menurut [11] dengan mengetahui besarnya nilai indeks mineral gelap (MI) pada setiap sampel batuan. Berdasarkan hasil pengeplottan pada diagram tersebut diketahui bahwa lava *basalt* Puser

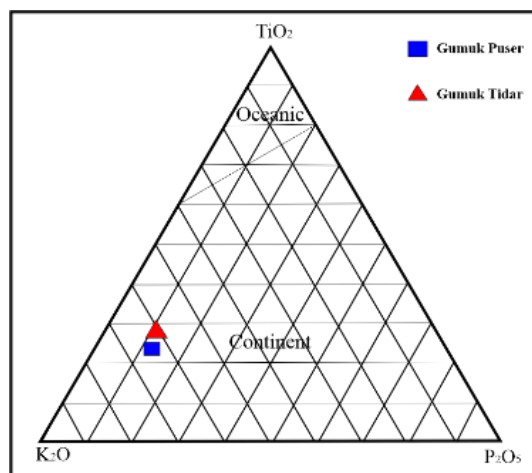
terbentuk pada temperatur kisaran 1040°C, sedangkan lava *basaltic andesite* Tidar terbentuk pada temperatur kisaran 1020°C (Gambar 13).



Gambar 13. Hasil *plotting* menggunakan kalsifikasi [11] modifikasi, berdasarkan data primer analisis geokimia.

Magma adalah bahan cair di dalam bumi yang berasal dari bagian atas selubung bumi atau bagian bawah kerak bumi, bersuhu tinggi (900 - 1300°C) serta mempunyai kekentalan tinggi, bersifat mudah bergerak dan cenderung menuju ke permukaan bumi [12]. Magma dapat terbentuk pada peleburan batuan yang diakibatkan oleh temperature dan tekanan yang tinggi.

Magma dapat dibagi menjadi dua berdasarkan asal batuan pembentuknya, yaitu kontinen dan samudera. Penentuan lingkungan tataan tektonik magma dapat memakai klasifikasi [13] dengan menggunakan perbandingan unsur TiO_2 , K_2O dan P_2O_5 yang telah dinormalisasi terlebih dahulu. Berdasarkan hasil pengeplottan pada diagram tersebut diketahui bahwa kedua batuan tersebut merupakan produk dari benua (*continent*) (Gambar 14).



Gambar 14. *Plotting* menggunakan klasifikasi [13] modifikasi, berdasarkan data primer analisis geokimia.

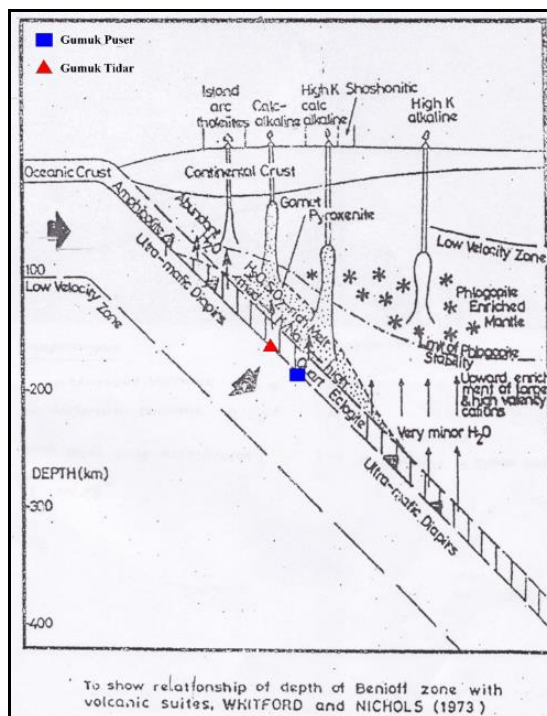
Proses tunjaman akan menghasilkan panas pada jalur penekukan, sehingga aliran panas yang tinggi dapat menimbulkan aktifitas magma pada jalur *benioff*. Diferensiasi atau asimilasi magma dengan kerak bumi yang dilaluinya saat bergerak ke atas sebagai pluton atau vulkanisme akan mengakibatkan perubahan komposisi magma. Atas dasar pemikiran tersebut [14] menyusun rumus untuk mengetahui kedalaman magma berdasarkan kandungan SiO_2 dan K_2O .

Untuk menentukan kedalaman magma asal Gumuk Puser dan Gumuk Tidar, digunakan rumus sebagai berikut:

$$h = [320 - (3,65 \times \% \text{SiO}_2)] + (25,52 \times \% \text{K}_2\text{O})$$

(h: kedalaman vertical magma)

Berdasarkan data hasil perhitungan tersebut, sumber magma lava *basalt* Puser berasal dari kedalaman ± 193 km dan sumber magma lava *basaltic andesite* Tidar berasal dari kedalaman ± 166 km menurut klasifikasi [15] (Gambar 15).



Gambar 15. Kedalaman magma asal dan lokasi pembentukkan magma dan gunung api di zona penunjaman [17] modifikasi.

Aktivitas magmatisme dan vulkanisme pada G. Puser dan G. Tidar relatif memiliki kesamaan proses evolusi geologinya. Hal ini dimungkinkan dengan kontrol litologi yang memiliki karakteristik yang sama. Secara umum batuan pada kedua Gunung ini menunjukkan struktur masif, derajat kristalisasi yang hipokristalin, bentuk mineral relatif subhedral-unhedral, relasi inequigranular, hanya kenampakan tekstur pada masing-masing batuan cenderung berbeda, pada satuan aliran lava Puser memiliki ukuran kristal yang porfirofanitik dengan dominan terdapat struktur vesikuler, sedangkan pada satuan aliran lava Tidar memiliki ukuran kristal yang afanitik serta lebih terlihat masif. Secara komposisional pada satuan aliran lava Puser merupakan jenis basal, sedangkan pada satuan aliran lava Tidar merupakan jenis andesit basal. Dari karakter batuan tersebut mengindikasikan bahwa batuan membeku dengan cepat pada saat keluar ke permukaan sehingga tidak sempat membentuk kristal dengan bentuk dan ukuran yang sempurna.

Hasil uji geokimia menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) menunjukkan bahwa kedua batuan tersebut memiliki nilai L_{OI} (*lost on ignition*) yang kurang dari 4%, hal itu mengindikasikan keadaan batuan pada saat dianalisis dalam keadaan segar/tidak lapuk. Nilai L_{OI} ini sangat penting karena sebagai indikator apakah batuan representatif untuk mewakili informasi geokimia batuan di daerah penelitian, sehingga nilai analisis yang didapat mendekati angka yang akurat.

Pada satuan aliran lava Puser yang didasarkan pada kandungan SiO_2 (51,24) dan $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (2,60 + 2,34 = 4,94) memiliki nama batuan yaitu *basalt*, sedangkan pada satuan aliran lava Tidar dengan kandungan SiO_2 (53,71) dan $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (3,16 + 1,62 = 4,80) memiliki nama batuan yang sama yaitu *basaltic andesite* (Gambar 5.11). Perbedaan nama batuan yang berdasarkan hasil analisis petrografi dan hasil analisis geokimia ini, dikarenakan dari penentuan

klasifikasi yang digunakan, untuk penamaan secara petrografi menggunakan klasifikasi Streckeinsen (1976). Hasil analisis geokimia yang dilakukan untuk penamaan batuan jika dibandingkan dengan analisis geokimia dari data yang diperoleh dari (Chadwick et al., 2013) pada G. Merapi menunjukkan nama batuan yaitu *basanite*. Perbedaan jenis batuan ini dikarenakan lokasi sampling yang mungkin berbeda, namun informasi terkait geokimia batuan tentu saja memiliki kaitan yang erat, dikarenakan antara kedua lokasi tersebut masih pada *volcanic line* yang sama.

Jenis magma pada daerah penelitian termasuk dalam magma *High Calc-alkaline* berdasarkan kandungan SiO_2 terhadap K_2O (Peccerillo dan Taylor, 1976). Jenis magma ini mengindikasikan bahwa pembentukan magma sudah relatif jauh dari sumber subduksi yang letaknya di selatan Pulau Jawa. Walaupun demikian, pendapat mengenai sumber-sumber magma di jalur subduksi masih terus berbeda. Telah diakui secara luas oleh sebagian ahli petrologi misalnya [18] bahwa batuan yang dalam hasil analisis geokimia menggunakan klasifikasi batuan vulkanik berdasarkan TAS diagram [8] merupakan jenis batuan *basal* dan *basaltic andesite* yang memiliki sifat magma cenderung kalk-alkalin yang berhubungan dengan lingkungan busur gunung api kepulauan (*volcanic island arc*) (Best, 1982), serta berada transisi dengan high kalk-alkalin. Batuan ini berasal dari magma basal yang telah mengalami fraksinasi kristalisasi. Sama halnya dari data geokimia yang diperoleh dari [9] pada G. Merapi menunjukkan afinitas magma berada pada seri high kalk-alkalin. Berkaitan dengan hal tersebut kedalaman magma menurut klasifikasi [15] magma asal lava *basalt* dan *basaltic andesite* terbentuk pada zona subduksi dengan kedalaman kisaran 192 km pada Gumuk Puser dan kisaran 165 km pada Gumuk Tidar. Batuan ini memiliki kandungan K_2O yang cukup tinggi serta kandungan P_2O_5 dan TiO_2 yang relatif rendah, hal tersebut mengindikasikan bahwa kaitannya dengan lingkungan tektonik pembentukan batuan berasal dari lingkungan benua [13].

Magma mempunyai sifat terus bergerak menuju ke atas, semakin mendekati permukaan suhu magma semakin menurun, serta akan berpengaruh terhadap komposisi magma. Pada lava *basalt* Puser terbentuk pada temperatur kisaran 1040°C , sedangkan lava *basaltic andesite* Tidar terbentuk pada temperatur kisaran 1020°C . Dengan pembentukan suhu yang tinggi tersebut, lava ini termasuk magma yang mempunyai viskositas tinggi (relatif encer) dengan fluiditasnya sedikit (mudah mengalir), hal tersebut tercermin pada suhu pembentukan yang mengakibatkan mineral sanidin, olivine, piroksen, hornblende serta mineral-mineral lain yang terbentuk pada suhu yang tinggi. Mineral-mineral tersebut hadir dalam bentuk fenokris dengan ukuran 0,01-0,38 mm.

Perubahan magma dari basa ke arah asam adalah bentuk dari diferensiasi magma yang normal dengan faktor utamanya adalah pendinginan atau penurunan suhu magma. Diferensiasi magma pada kedua gunung ini sudah berada pada tingkat akhir (*last stage*) atau dari magma basa menuju magma intermediet [10] yang diakibatkan oleh proses evolusi magma. Hal ini tercermin pada data geokimia yang memiliki kandungan SiO_2 yang tinggi, mengindikasikan telah terjadi penambahan SiO_2 akibat penurunan suhu pada saat kristalisasi magma. Tekstur batuan pada sayatan petrografi memperlihatkan porfiro afanit mengindikasikan telah terjadi proses injeksi menyebabkan terbentuknya fenokris mineral dan massa dasar mineral. Proses evolusi tersebut meliputi diferensiasi magma, pencampuran magma, asimilasi dan kontaminasi. Selama pembentukan batuan ini, evolusi magma yang berlangsung tidak hanya fraksinasi kristal saja, melainkan terjadi proses magma mixing dan asimilasi magma.

Berdasarkan kajian terhadap data-data tersebut, baik sekunder maupun primer, pada kedua lokasi penelitian memiliki genesis magma yang sama, hal ini dilihat dari kandungan unsur-unsur mayor elemen yang relatif tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Besar kemungkinan dari data tersebut, batuan gunung api di daerah penelitian berasal dari magma primer hasil tumbukan antara lempeng samudera dengan lempeng benua, hal itu bisa dilihat dari data geokimia batuan yang memiliki kandungan potassium yang relatif lebih tinggi, dibuktikan juga dengan hadirnya mineral-mineral yang tinggi potassium pada pengamatan petrografi yaitu mineral sanidin yang terdapat pada kedua gunung tersebut. Kaitannya dengan batuan yang terbentuk pada suhu yang

tinggi, mineral sanidin adalah salah satu mineral yang terbentuk pada suhu yang tinggi, terdapat juga mineral-mineral yang lain seperti olivin dan plagioklas.

Dengan demikian proses aktivitas vulkanisme (efusif) pada daerah penelitian masih akan mengalami fase konstruktif (membangun), hal tersebut tersebut tercermin pada karakteristik batuan yang memiliki tekstur porfirofanitik, dengan tingkat kristalisasi yang hipokristalin. Tekstur batuan seperti ini biasanya terbentuk ketika magma yang keluar mengalami injeksi sehingga magma mengalami pergerakan yang cepat namun juga seketika lambat, hal itu bergantung pada kandungan gas yang ada dalam magma. Untuk mengetahui apakah daerah ini sedang memasuki fase membangun Khuluk Sumbing maupun Gumuk-Gumuk yang ada di Khuluk Sumbing, seperti Gumuk Puser dan Gumuk Tidar harus didukung dengan adanya batuan yang memiliki karakter tekstur yang telah disebutkan sebelumnya, selain itu hadirnya mineral-mineral yang terbentuk pada suhu yang tinggi (sanidine dan olivin) juga mengindikasikan fase konstruktif. Besar kemungkinan batuan masih akan mengalami fase perkembangan yang awalnya berasal dari magma basa menuju intermediet, hingga asam sehingga dapat mengindikasikan proses geologi terkait evolusi gunung api di daerah tersebut terus berlanjut dan akan mengalami perkembangan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di lapangan, analisis peta topografi, analisis citra DEMNAS dan uraian dari bab-bab sebelumnya mengenai geologi gunung api dan studi tentang karakterisasi lava andesit basal pada G. Puser dan G. Tidar, maka dapat disimpulkan beberapa hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Berdasarkan faktor – faktor yang membentuk morfologi, daerah penelitian termasuk bentuk asal vulkanik dengan rincian enam bentuk lahan atau satuan morfologi (Van Zuidam, 1985). Adapun satuan morfologi tersebut ialah: Satuan Dataran Aliran Lahar Bergelombang Lemah-kuat, Satuan Dataran Aliran Lahar Bergelombang Lemah-kuat, Satuan Dataran Aliran Lava Bergelombang Lemah-kuat, Satuan Dataran Aliran Lava Bergelombang Lemah, Satuan Dataran Aliran Piroklastika Bergelombang Lemah, Satuan Dataran Kaki Gunung Api Bergelombang Lemah. Selanjutnya untuk pola pengaliran daerah penelitian termasuk pola pengaliran parallel dan desndritik (Howard, 1967) dengan dua arah umu: timur-barat dan utara-selatan.
2. Berdasarkan sumber, waktu pembentukan, analisis citra DEMNAS dan litologi yang dibedakan berdasarkan analisis petrografi daerah penelitian dibagi menjadi beberapa tingkatan satuan stratigrafi gunung api, yaitu terdiri atas tiga Khuluk dan tiga Gumuk. Khuluk Sumbing membentuk Gumuk Puser dan Gumuk Tidar yang kemudian menghasilkan Satuan Aliran Piroklastik Puser 1, Satuan Aliran Lava Puser 1, Satuan Aliran Lava Tidar 1 dan Satuan Aliran Lahar Sumbing 1. Pada Khuluk Senggana terdiri atas Gumuk Puser yang kemudian menghasilkan Satuan Ignimbrit Gilipetung. Pada Khuluk Merbabu menghasilkan Satuan Jatuhan Piroklastik Merbabu.
3. Struktur geologi di daerah penelitian diperoleh dari arah kelurusan pada citra DEMNAS, sedangkan dari data lapangan tidak ditemukan data struktur. Pada peta kelurusan terlihat beberapa pola kelurusan, peneliti menganggap bahwa kelurusan tersebut berasosiasi dengan struktur geologi yang mengontrol daerah penelitian. Terdapat juga pola-pola kelurusan lain yang dominan berupa kelurusan bukit dan lembah yang kemungkinan berasosiasi dengan pembentukan kekar-kekar di daerah penelitian. Kelurusan-kelurusan bukit yang berasosiasi dengan kekar-kekar di daerah penelitian tersebut terakumulasi hanya pada beberapa lokasi yang terdapat batuan beku, sehingga hal ini dapat mengindikasikan akan asosiasi struktur kekar tersebut memang berasosiasi dengan pembekuan batuan beku yang membentuk kekar hasil pembekuan, bukan akibat proses tektonik.
4. Kajian petrografi batuan gunung api menunjukkan bahwa batuan gunung api pada daerah penelitian berasosiasi dengan seri magma kalk-alkalin yang merupakan karakteristik magma pada busur kepulauan. Diketahui berdasarkan kehadiran fenokris mengindikasikan terdapat magmatisme bersifat basaltis, berperiode singkat, dengan energi rendah.
5. Berdasarkan hasil analisis geokimia unsur utama batuan di daerah penelitian terdapat jenis andesit basal [7], dengan klasifikasi seri magma termasuk high kalk-alkali menurut [9] Selanjutnya lingkungan tektonik berdasarkan analisis geokimia termasuk jalur orogen kepulauan dan berada pada

lempeng benua [9]. Temperatur pembentukan pada lokasi penelitian memiliki kisaran temperature 1040-1060°C yang terbentuk pada kedalaman pada kisaran 187 km dibawah permukaan [17]

Secara sederhana genesa pembentukan kompleks gunung api yang ada di daerah penelitian dimulai dengan setting tektonik dan struktur di sepanjang Pulau Jawa, hal ini menyebabkan aktivitas magmatisme di daerah penelitian berjalan dengan baik akibat adanya rekahan – rekahan celah di daerah penelitian memudahkan migrasi magma dari dapur magma utama membentuk dapur-dapur magma yang lebih kecil. Batuan lava sendiri diperkirakan muncul dominan pada saat fase konstruktif gunung api dengan tipe letusan efusif atau intensitas letusan cenderung lemah.

5. SARAN

Diperlukan analisis umur batuan untuk mengetahui lebih lanjut mengenai hubungan antara satuan batuan lava yang juga berguna untuk mengetahui proses pembentukan gunung api di daerah penelitian serta perlu adanya penelitian geologi bawah permukaan untuk membuktikan sintesa geologi di daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan dan bahan diskusi terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hamilton, W. B. (1979). *Tectonics of the Indonesian region* (Vol. 1078). US Government Printing Office.
- [2] Thanden R. E., E., Sumadirja H., Richards P. W., Sutisna K., Amin T. T., 1996. Peta Geologi Lembar Magelang Dan Semarang, Jawa. Pusat Survei Geologi. Bandung. Edisi ke-3.
- [3] Anonim, 1996. Sandi Stratigrafi Indonesia (SSI). Jakarta: Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- [4] Situmorang, dkk., 1992, Peta Geologi Lembar Jatigoro, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [5] Streckeisen, A. (1976). Classification of The Common Igneous Rocks by Means of Their Chemical Compositio. A Provisional Attempt.
- [6] Chadwick, J. P., Troll, V. R., Waight, T. E., van der Zwan, F. M., & Schwarzkopf, L. M. (2013). Petrology and geochemistry of igneous inclusions in recent Merapi deposits: A window into the sub-volcanic plumbing system. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 165(2), 259–282. <https://doi.org/10.1007/s00410-012-0808-7>
- [7] Le Bas, M. J., et al., 1986, A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on The Total Alkali-Silica Diagram, *Journal of Petrology*, vol. 27, 745-750.
- [8] Le Maitre, R.W. (ed.). 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Oxford, Blackwell
- [9] Peccerillo and Taylor. 1976. Classification and Petrogenesis of K-rich Rocks. . and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks, *Earth Planet Science*. Appendix: 317-321
- [10] Thornton, C., and Tuttle, O. F., 1960, Chemistry of Igneous Rocks, Pt. I. Differentiation inde. *Am. Jour. Sci*, 664- 684.
- [11] Muir, I. D., Tilley, C. E., & Scoon, J. H. (1964). Basalts from the northern part of the rift zone of the Mid-Atlantic Ridge. *Journal of petrology*, 5(3), 409-434.
- [12] Alzwar, M, Samodra, H dan Tarigan, J.I. 1988. Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi. Bandung: Nova.

- [13] Pearce, T. H., Gorman, B. E., & Birkett, T. C. (1977). The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 36(1), 121-132.
- [14] Hutchinson, 1977. General Report: theme 3, Symposium of the international Association of Engineering Geologist
- [15] Hardjono, I. (2015). *Vulkanologi dan Mineralogi Petrografi*. Muhammadiyah University Press.
- [16] Dirk, M. H. (2008). Petrologi-geokimia batuan Gunung Api Tampomas dan sekitarnya. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(1), 23-35.
- [17] Hartono, H. G., Wibowo, B., Hamzah, I., & Suntoko, H. (2011). KAJIAN GEOLOGI GUNUNG API TERHADAP INISIASI GUNUNG API PURBA GENUK, JEPARA, JAWA TENGAH.