



Geologi Daerah Motilango, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo

Moh. Afandi Polontalo^a, Aang Panji Permana^b, Ayub Pratama Aris^c, Ninasafitri Ninasafitri^d

^{a-d}Geology Engineering Study Program, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

email: aang@ung.ac.id

ARTICLE INFO

Sejarah artikel:

Diterima : 28 Agustus 2023
Direvisi : 12 November 2023
Diterima : 31 Desember 2023

Keywords: geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, sejarah geologi

How to cite this article:

Polontalo, M. A., Permana, A. P., Aris, A. P., Ninasafitri, N. (2023). Geologi Daerah Motilango, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 2(2), 66-76.
<https://doi.org/10.37905/Jage.v2i2.24398>

ABSTRACT

Mapping is an activity carried out by geologists to describe the types of rock that make up it, the structure and history of the formation of an area. The research method used is a combination of qualitative and quantitative methods consisting of literature study, field data collection, data analysis and processing, and research reporting. Geomorphological results of the research area consist of hill units in fault zones, intrusive hill units, and denudational hill units with little erosion. The stratigraphy is composed of the youngest to oldest units: andesite lava units, basalt lava units, and diorite units. The structure consists of a primary structure, namely tarpaulin joints and secondary structures, namely tensile joints and shear joints, which result in the main stress direction being northwest-southeast, and shearing to the left. Geological history began in the Middle Miocene from the formation of diorite intrusive rock (Tmb) which then produced Bilungala Volcanic rock (Tpmb (l)) which was composed sequentially from basalt lava which then became andesite lava. During the Pliocene period, a tectonic phase trending northwest-southeast occurred and produced types of thrust faults and left-slip faults (sinistral). The research area is an active volcanic area with intrusive and extrusive rocks which are thought to have the same source. The influence of tectonic subduction in the Sulawesi Sea is an activity that damages the research area apart from human activity.

1. PENGANTAR

Pemetaan geologi merupakan suatu kegiatan penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan seluruh data dan informasi-informasi geologi atas permukaan dari suatu wilayah yang kemudian disajikan dalam bentuk peta geologi daerah penelitian. Sehingga bisa menggambarkan dan menjelaskan tentang sebaran batuan beserta struktur pengontrol dari suatu daerah yang dipetakan.

Lengan Utara Sulawesi merupakan busur kepulauan magmatik (*Island arc*) berumur Tersier (Leeuwen, 2005). Gunungapi yang terdapat pada Lengan Utara Sulawesi merupakan gunungapi jenis stratovolcano. Selain itu, peristiwa struktural yang terjadi sebanyak dua periode (Surmont et al., 1994) di Lengan Utara Sulawesi mengakibatkan intensifnya rekahan dan struktur yang terbentuk pada lengan ini, khususnya di daerah Gorontalo.

Daerah penelitian merupakan daerah yang dikontrol oleh struktur geologi yang cukup kompleks dengan litologi batuan gunungapi. Keadaan kondisi geologi tersebut sangat menarik untuk dipelajari dan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi pihak pengambil keputusan untuk menentukan kebijaksanaannya yang berkaitan dengan kondisi geologi maupun sumber daya alam di daerah penelitian.

Penelitian ini membahas tentang litologi, struktur geologi, stratigrafi, dan geomorfologi daerah penelitian. Dalam pembahasan litologi dilakukan dengan pendekatan geologi lapangan serta

analisis sayatan petrografi di laboratorium. Pengukuran struktur geologi dilakukan langsung dilapangan yang kemudian diolah dan akan menghasilkan arah tegasan utama yang mempengaruhi daerah penelitian. Stratigrafi dan geomorfologi daerah penelitian akan diketahui berdasarkan hasil analisis data lapangan yang kemudian akan menceritakan tentang sejarah geologi daerah penelitian.

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kombinasi antara metode kualitatif dan kuantitatif. Tahapan dalam penelitian ini adalah studi literatur, pengambilan data lapangan, analisa laboratorium, pengolahan data dan pelaporan. Tahap studi literatur merupakan kajian awal mengenai geologi regional daerah penelitian untuk dapat mengetahui gambaran awal kondisi geologi dari daerah penelitian. Pengambilan data lapangan dilakukan dengan cara pengamatan dan pencatatan unsur-unsur geologi dari daerah penelitian seperti morfologi, litologi, dan struktur geologi. Untuk prosedur pengambilan data dan sampling di lapangan dilakukan dengan cara random sampling dengan tetap memperhatikan keterwakilan dari setiap lokasi pada daerah penelitian. Kemudian, preparasi sampel sayatan tipis untuk analisis petrografi dipilih sampel yang masih segar dan mewakili setiap litologi yang ada pada daerah penelitian (Boften et al, 2023; Ghaneswara et al, 2023; Hutagalung et al, 2023; Payuyu et al, 2022; Permana et al, 2022; 2023a; 2023b).

Untuk analisis petrografi, sampel dipreparasi dengan bentuk briket. Kemudian dilekatkan ke kaca preparat dengan menggunakan lem epoxy atau Canada balsam. Selanjutnya, permukaan sampel dipoles secara bertahap hingga permukaannya sangat halus sampai ketebalan ± 0.03 mm dan siap untuk dianalisis. Analisis petrografi menggunakan mikroskop polarisasi dengan sinar transmisi dengan pembesaran total 10 kali. Hasil analisis tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi Russel B. Travis (1955) dengan tetap bertumpu pada pengamatan lapangan.

Luaran dari penelitian ini secara garis besar adalah peta geologi daerah penelitian yang kemudian akan menceritakan tentang sejarah geologi pembentukan daerah penelitian berdasarkan kondisi dari unsur-unsur geologinya.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Geomorfologi

Berdasarkan interpretasi peta topografi dan pengamatan langsung di lapangan serta menurut klasifikasi Van Zuidam (1985) daerah penelitian terletak pada morfografi perbukitan dengan kelas lereng miring sampai sangat curam ($2^{\circ} - 65^{\circ}$). Elevasi tertinggi 416 mdpl dan terendah 270 mdpl.

Aspek Geomorfologi		SATUAN GEOMORFOLOGI			
		Perbukitan Intrusi	Perbukitan Denudasional Erosi Kecil	Punggungan Zona Sesar	
Morfologi	Morfografi	Perbukitan Intrusi	Bukit Sisa Denudasi dan Perbukitan Terisolir	Gawir Sesar	
	Morfometri	Kelerengan	14% - 20% ($15^{\circ} - 24^{\circ}$) Agak Curam	3% - 7% ($2^{\circ} - 8^{\circ}$) Miring	21% - 55% ($24^{\circ} - 65^{\circ}$) Sangat Curam
		Pola Lereng	Secara Umum Berarah NW - SE	Secara Umum Berarah NW - SE	Secara Umum Berarah WNW - ESE
		Relief	Topografi Bergelombang - Berbukit	Topografi Berombak	Topografi Berbukit - Pegunungan
		Pola Pengaliran	Paralel	Subparalel	Subparalel
		Bentuk Lembah	V	U	V
		Luas	2,38 km ²	1 km ²	3 km ²
Morfogenesis	Morfostruktur Aktif	Sesar & Kekar	Sesar & Kekar	Sesar & Kekar	
	Morfostruktur Pasif	Batuan Intrusi	Batuan Gunungapi & Endapan Aluvial	Batuan Gunungapi	
	Morfodinamik	Tingkat Erosi & Pelapukan Sedang	Tingkat Erosi & Pelapukan Kuat Dipengaruhi Oleh Aktivitas Manusia	Tingkat Erosi & Pelapukan Sedang	

Gambar 1. Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian



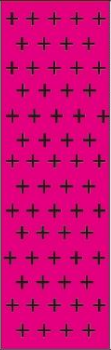
Daerah penelitian dikontrol oleh tiga jenis pengaruh geologi yaitu sesar naik, intrusi diorit, dan pengaruh supergen akibat pelapukan. Sehingga menghasilkan tiga satuan geomorfologi yang berbeda yaitu Satuan Punggungan Zona Sesar (Bandono, 2006) dicirikan dengan adanya gawir terjal pada bagian baratdaya daerah penelitian dan juga litologi fault breccia pada punggungannya, Satuan Perbukitan Denudasional Erosi Kecil (Van Zuidam, 1983) dicirikan dengan lereng agak curam dan adanya morfologi bukit terisolir serta pelepasan material yang cukup intens berupa pasir pada daerah landai dari lokasi penelitian, dan Satuan Perbukitan Intrusi dicirikan dengan adanya intrusi diorit sehingga menyebabkan relief pada bagian timurlaut daerah penelitian menjadi bergelombang – berbukit dengan kemiringan lereng 15° – 24° (Gambar 1).

3.2 Stratigrafi

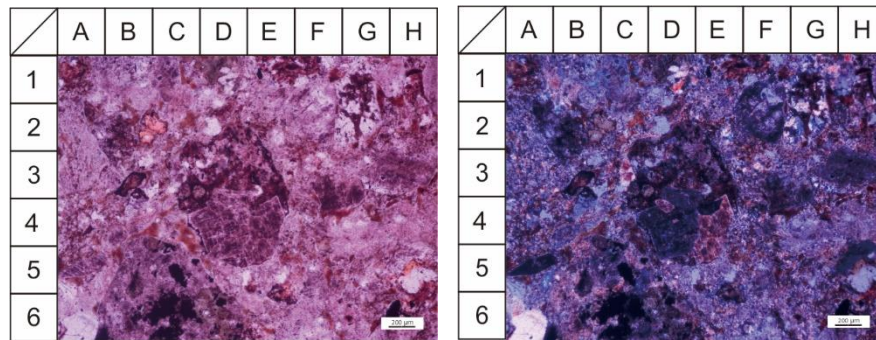
Penamaan satuan stratigrafi pada daerah penelitian mengacu pada Sandi Stratigrafi Indonesia (1969) dengan sistem penamaan litostratigrafi tidak resmi, yaitu penentuan satuan batuan (unit litologi) yang didasarkan pada ciri-ciri litologi, kombinasi jenis batuan, keseragaman batuan dan gejala-gejala lain pada tubuh batuan di lapangan, serta pada umumnya sesuai dengan hukum superposisi dan *cross-cutting relationship*.

Berdasarkan penjelasan di atas dan juga hasil pengamatan satuan batuan serta hubungan antara satu dan lainnya di lapangan, maka stratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi tiga satuan dari tua ke muda yaitu: Satuan Diorit, Satuan Lava Basalt, dan Satuan Lava Andesit (Gambar 2).

Satuan Diorit dicirikan dengan warna abu-abu berbintik putih, masif, faneritik, inequigranular, holokristalin, komposisi mineral terdiri dari kuarsa plagioklas putih gading berbentuk tabular, hornblende hitam berbentuk prisma panjang. Berdasarkan komposisi mineral utama dan tekstur maka nama batuan adalah diorit (Fenton, 1940).

UMUR		FORMASI	SATUAN	TEBAL (METER)	UKURAN BUTIR & STRUKTUR SEDIMEN	LITOLOGI	PEMERIAN	KANDUNGAN FOSIL	Unggahan Persegi		
Masa	Zaman								Darat	Transisi	Laut Dalam
Kenozoikum	Neogen	Miosen Akhir	Lava Andesit	> 500 meter		 <p>Lava Andesit Berwarna abu-abu, hipokristalin, inequigranular, dengan fenokris plagioklas.</p>					
			Lava Basalt			 <p>Lava Basalt Berwarna hitam (fresh) dan kondisi lapuk (warna hijau) di beberapa tempat, hipokristalin, inequigranular, dengan fenokris plagioklas yang telah berubah menjadi mineral lempung. Serta massa dasar disusun oleh mafic mineral.</p>					
			Diorit			 <p>Diorit Berwarna abu-abu kehijauan dengan kondisi terkloritisasi, holokristalin, inequigranular, dengan fenokris hornblende dan plagioklas. Serta massa dasar disusun oleh plagioklas, biotit dan kuarsa < 10%.</p>					

Gambar 2. Kolom stratigrafi (Partoyo et al., 1997; Bachri et al., 1993)



Gambar 3. Mikrofoto sayatan tipis Diorit stasiun D3 (Nikol // (kiri) & Nikol X (kanan))

Hasil pengamatan mikroskopis pada sampel satuan ini menunjukkan sayatan batuan beku bertekstur holokristalin, porfiritik, subhedral-anhedral, relasi hipidiomorfik granular - allotriomorfik granular. Komposisi utama terdiri dari mineral plagioklas, kuarsa hadir sebagai fenokris <10% berukuran halus pada masadasar mineral mafik berupa hornblende dengan bentuk tidak teratur. Mineral sekunder yang dijumpai dalam sayatan ini secara keseluruhan berupa mineral opak.

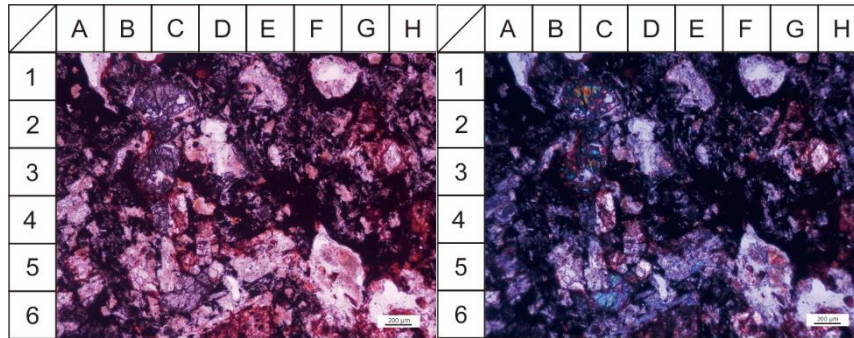
Mikrofoto sayatan tipis (Gambar 3) memperlihatkan kenampakan mineral feldspar yang diwakili oleh plagioklas jenis andesine dan kuarsa. Kenampakan mineral mafik agak sukar dijumpai. Hornblende hanya hadir sebagai massa dasar dalam sayatan ini.

Berdasarkan ciri fisik yang di jumpai di lapangan serta mempertimbangkan dimensi luasan yang cukup besar di daerah penelitian, diduga satuan ini merupakan tubuh batholith. Satuan ini secara genesa merupakan jenis batuan intrusi yang termasuk kedalam fasies gunungapi sentral berdasarkan pembagian fasies menurut Bogie & Mackenzie (1998) (Gambar 4).

Penentuan umur satuan ini didasarkan pada kesamaan ciri fisik (Bachri, 2006) dimana satuan ini dapat dibandingkan dengan Formasi Diorit Bone berumur miosen tengah. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan ditemukan bahwa satuan ini berada tepat di bawah satuan basalt dengan kontak $N 84^{\circ} E/45^{\circ}$ dan *baking effect* mengarah ke batuan diorit, sehingga dapat disimpulkan bahwa satuan ini merupakan induk dari batuan di atasnya.



Gambar 4. Kontak Batuan Diorit dan Lava Basalt



Gambar 5. Mikrofoto sayatan tipis Basalt stasiun A21 (Nikol // (kiri) & Nikol X (kanan))

Satuan Lava Basalt dengan kenampakan warna hitam berbintik putih, porfirofanitik, inequigranular, hipokristalin, fenokris berukuran 2 mm umumnya berbentuk anhedral dan teramati terdiri dari plagioklas yang telah berubah menjadi clay pada massa dasar *mafic*. Berdasarkan warna, komposisi mineral dan tekstur maka nama dari batuan ini adalah basalt (Fenton, 1940).

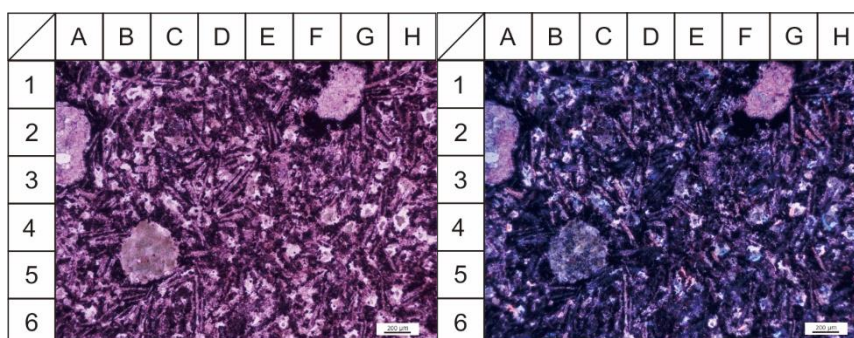
Hasil pengamatan mikroskopis pada sampel satuan ini menunjukkan sayatan batuan vulkanik Lava Basalt porfiritik. Fenokris terdiri dari plagioklas dan olivin yang tertanam dalam massadasar glass. Pada sayatan ini menunjukkan tekstur khusus vesikuler yang ditandai dengan adanya bagian porous pada sampel.

Mikrofoto sayatan tipis (Gambar 5) memperlihatkan kenampakan mineral olivin yang dicirikan dengan *brifinance* tinggi dan pecahan jenis nepheline. Kenampakan mineral plagioklas pada sayatan ini diwakili oleh jenis labradorit.

Satuan Lava Andesit dengan kenampakan warna abu-abu, struktur vesikuler, porfirofanitik, inequigranular, hipokristalin, fenokris berukuran 0.5 – 2 mm umumnya berbentuk euhedral dan teramati terdiri dari plagioklas putih berbentuk tabular hadir secara teratur dengan persentase 15%, dan hornblende hitam berbentuk prismatic panjang hadir secara teratur 15%. Berdasarkan warna, komposisi mineral utama dan tekstur maka nama batuan adalah andesit (Fenton, 1940).

Hasil pengamatan mikroskopis pada sampel satuan ini menunjukkan sayatan batuan vulkanik andesit bertekstur porfiritik dan memperlihatkan tekstur aliran. Fenokris terdiri dari plagioklas dan mineral mafic yang tertanam dalam massadasar mikrokristalin feldspar dan massa glass.

Mikrofoto sayatan tipis (Gambar 6) memperlihatkan kenampakan mineral plagioklas hadir sebagai fenokris berukuran (2 mm – 4 mm) jenis albit. Fenokris mineral mafik umumnya diwakili oleh mineral piroksen jenis augit. Massadasar memperlihatkan tekstur aliran yang dibentuk oleh orientasi dari mikrolit feldspar/plagioklas.



Gambar 6. Mikrofoto sayatan tipis Andesit stasiun A1 (Nikol // (kiri) & Nikol X (kanan))



Gambar 7. Kontak Batuan Lava Andesit dan Lava Basalt

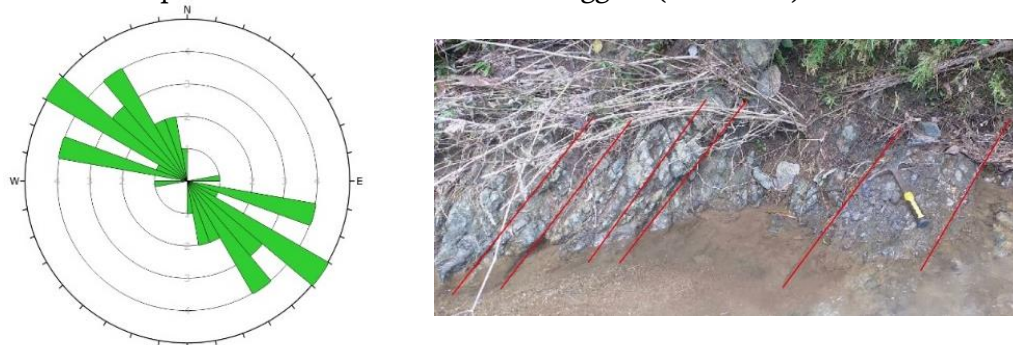
Berdasarkan ciri singkapan dan hasil pengamatan penampang geologi diketahui bahwa dua satuan lava basalt dan lava andesit merupakan produk erupsi efusif gunungapi yang sama. Hal ini didukung dengan adanya struktur kekar berlembar serta bentuk kristal anhedral pada fenokris lava basalt dan euhedral pada lava andesit, mengindikasikan bahwa satuan ini terbentuk tidak jauh dari sumber gunungapi sehingga dapat diinterpretasikan lingkungan pembentukannya berada pada zona proksimal gunungapi (Bogie & Mackenzie, 1998). Berdasarkan hasil pengamatan lapangan satuan lava basalt merupakan satuan yang lebih dulu terbentuk yang kemudian disusul oleh pembentukan satuan lava andesit, dibuktikan dengan adanya kontak batuan dengan kedudukan $N65^{\circ}E/42^{\circ}$ (Gambar 7).

Penentuan umur satuan ini mengacu pada lokasi daerah penelitian di geologi regional Lembar Talamuta Bachri et al. (1993) yaitu pada Formasi Batuan Gunungapi Bilungala (Tmbv) dan dibandingkan dengan Peta Lembar Bilungala yaitu pada Formasi Tmpb (I) (Partoyo et al., 1997) serta hasil pengamatan lapangan, maka dapat disimpulkan bahwa dua satuan ini berasal dari aktivitas gunungapi yang sama yaitu Gunungapi Bilungala dengan umur Miosen Akhir.

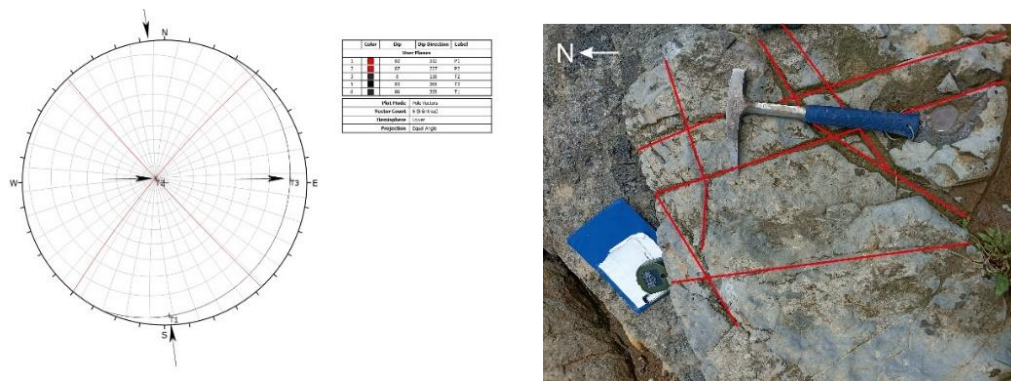
3.3 Struktur Geologi

Unsur-unsur struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian yaitu struktur primer berupa *sheeting joint* dan struktur sekunder berupa *tension joint*, *shear joint*, *slickenlines*, dan bidang sesar. Data-data tersebut kemudian dianalisis dan kemudian hubungkan dengan tektonik regional yang berlangsung di daerah penelitian untuk mengetahui mekanisme pembentukan struktur di daerah penelitian.

Pengamatan kekar tension dilakukan pada satuan lava andesit dengan memperlihatkan ciri bidang planar licin yang memotong batuan (Sapiie, 2006). Berdasarkan analisis stereografi dari data kekar tension yang terekam pada satuan lava andesit, diperoleh arah umum $N 134^{\circ} E/62^{\circ}$. Dari hasil analisis maka kemudian diperoleh bahwa arah tegasan utama dari tektonik yang mempengaruhi daerah penelitian berarah baratlaut – Tenggara (Gambar 8).



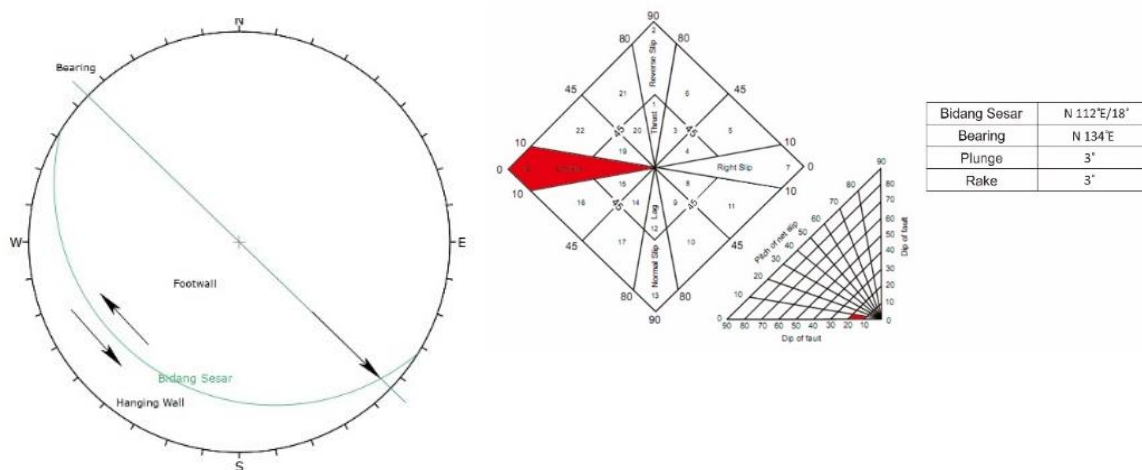
Gambar 8. Hasil pengolahan tension joint pada aplikasi Dips 6.0 (kiri) dan kenampakan tension joint (kanan)



Gambar 9. Hasil pengolahan shear joint pada aplikasi Dips 6.0 (kiri) dan kenampakan shear joint (kanan)

Pengamatan kekar gerus dilakukan pada satuan diorit dengan memperlihatkan ciri berpasangan dengan bidang yang licin, lurus dan tertutup serta memotong batuan secara menerus (Sapiie, 2006). Hasil analisis dinamik sistem tegasan yang membentuk kekar gerus (*shear joint*), menghasilkan pola arah tegasan yang mengakibatkan deformasi pada satuan lava andesit porfiri sebagai berikut: O1 = 86°, N 358° E; O2 = 8°, N 116° E; O3 = 268°, N 83° E. Sehingga dari hasil tersebut dapat diinterpretasikan bahwa arah gaya utama yang bekerja pada daerah penelitian berdasarkan analisis data kekar gerus relatif berarah baratlaut – Tenggara (Gambar 9).

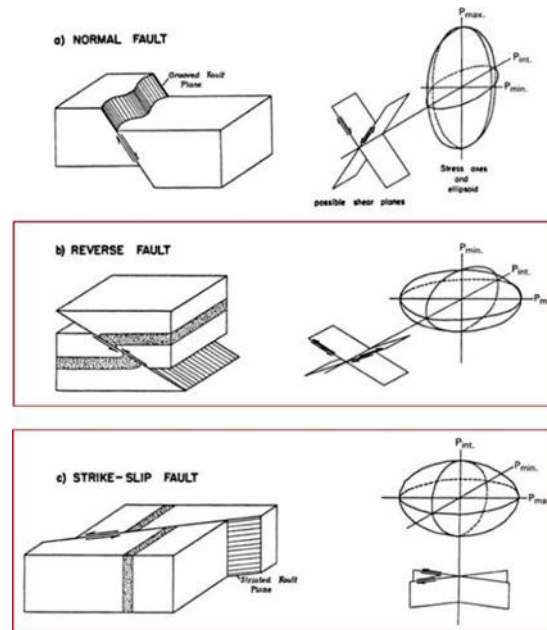
Pengamatan sesar geser dilakukan pada satuan diorit dengan memperlihatkan ciri-ciri bidang diskrit yang sebabkan oleh pergerakan pada bidang sesar (Sapiie, 2006). Data yang diperoleh berupa bidang sesar dengan kedudukan N 122° E/ 18°; dan slickenlines : 2°, N 134° E. Data-data ini kemudian dianalisis menggunakan analisis stereografi dan diklasifikasikan berdasarkan skema Anderson (1951) sesar ini merupakan jenis sesar geser dengan penamaan *Left Slip Fault* menggunakan klasifikasi Rickard (1972) (Gambar 10).



Gambar 10. Hasil pengolahan sesar pada aplikasi Dips 6.0



Gambar 11. Gawir terjal penciri sesar



Gambar 12. Klasifikasi sesar berdasarkan arah stress maksimum (Anderson, 1951).

Pengamatan sesar juga dilakukan dengan mengamati morfologi kelurusan melalui anomali *hillshade* pada daerah penelitian. Sehingga didapatkan interpretasi bahwa terdapat adanya pengaruh sesar pada bagian baratdaya daerah penelitian yang memanjang dengan arah baratlaut – tenggara. Keberadaan sesar ini diperkuat dengan adanya gawir terjal dan juga terdapat litologi *fault breccia* pada punggung bukit disekitar kelurusan tersebut. Sehingga, berdasarkan rekonstruksi penampang geologi sesar ini diinterpretasikan sebagai sesar naik (Gambar 11).

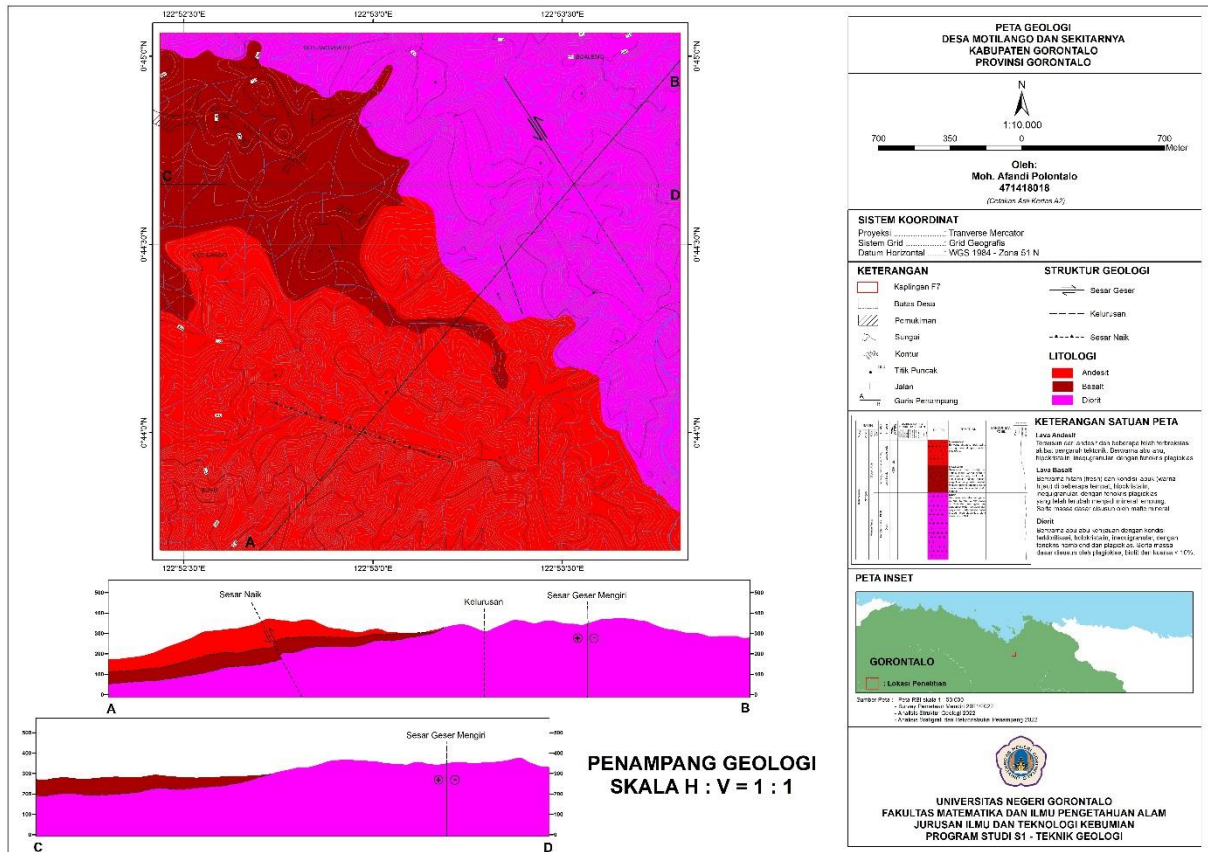
Berdasarkan kehadiran sesar yang diinterpretasikan sebagai sesar geser yang terbentuk dan memotong satuan diorit serta sesar naik yang mempengaruhi litologi lava andesit, maka digunakan model yang dikembangkan oleh Anderson (1951) untuk menjelaskan pembentukan struktur ini. Model ini membahas tentang hubungan antara jenis sesar dengan tegasan (stress) yang bekerja, jika batuan yang terpengaruh oleh sumbu-sumbu (O_1 , O_2 , O_3) tidak bisa bertahan dan reaksinya melewati batas plastis batuan, dan jika tegasan O_1 berarah vertikal maka akan membentuk sesar normal, jika O_2 berarah vertikal maka akan membentuk sesar mendatar, dan jika tegasan O_3 berarah vertikal maka akan membentuk sesar naik (Gambar 12).

Selain sesar geser dan sesar naik, pada daerah penelitian juga terdapat kekar tension, dan kekar gerus. Dari hasil analisis kedua unsur struktur tersebut didapatkan bahwa arah gaya utama pembentuk kekar ini relatif berarah baratlaut – tenggara.

Jika dihubungkan dengan tektonik regional yang terjadi di Gorontalo maka dapat ditafsirkan bahwa deformasi yang terjadi pada daerah penelitian disebabkan oleh tunjaman Laut Sulawesi. Hal ini didukung oleh adanya sistem sesar konjugasi pada daerah Gorontalo yang merupakan jenis sesar sinistral dengan arah relatif baratlaut – tenggara (Surmont et al., 1994).

3.4 Sejarah Geologi

Sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada kala Miosen Tengah, fase ini ditandai dengan adanya proses magmatisme dan tektonik pertama akibat penunjaman dari fragmen Banggai-Sula dari arah selatan. Fase ini merupakan fase pertama yang mengakibatkan terangkatnya lempeng samudra Lengan Utara Sulawesi (Polvé et al., 1997). Dari proses ini maka menghasilkan batuan intusi yang bersifat intermediet – basa yaitu diorit yang merupakan batuan induk dari Formasi Batuan Gunungapi Bilungala (Bachri, 2006).



Gambar 13. Peta Geologi Desa Motilango dan Sekitarnya

Kemudian pada kala Miosen Awal, proses magmatisme terus berlanjut ditandai dengan pembentukan produk vulkanik dari Formasi Batuan Gunungapi Bilungala (Syaiful Bachri, 2006). Proses ini ditandai dengan adanya pembentukan satuan lava basalt yang kemudian berangsur menjadi lava andesit akibat dari sudut penunjaman yang semakin dalam.

Kemudian pada kala Pliosen terjadi fase tektonik kedua di sepanjang Lengan Utara Sulawesi. Aktivitas tektonik ini mengakibatkan terbentuknya zona sesar Gorontalo yang relatif berarah barat-laut – tenggara dan juga merupakan jenis sesar geser mengiri (sinistral). Zona ini kemudian menghasilkan sesar minor yang berkembang di daerah penelitian (Surmont et al., 1994).

4. KESIMPULAN

Daerah penelitian merupakan daerah yang terbentuk akibat proses gunungapi aktif yang kemudian dikontrol dan dideformasi oleh aktifitas tektonik dari laut Sulawesi. Hal inilah yang membuat litologi daerah penelitian tersusun oleh batuan vulkanik jenis lava dan batuan plutonik jenis intrusi. Batuan lava pada daerah ini diinterpretasikan berasal dari satu jenis magma yang sama berdasarkan ciri lapangan dan penelitian terdahulu, tentu ini menjadi aspek yang menarik untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Pengaruh struktur geologi menyebabkan adanya deformasi pada daerah ini dengan terbentuknya sesar geser dan sesar naik yang menyebabkan berubahnya morfologi asli dari daerah ini. Sehingga menyebabkan daerah ini menjadi daerah yang cukup kompleks untuk dibahas dalam skala luas.

5. REFERENSI

- Anderson, E. M., 1951. *The dynamics of faulting and dyke formation with applications to Britain*. Oliver and Boyd.
- Bachri, S., Sukindo, dan N. Ratman. 1993. *Peta geologi Lembar Tilamuta, Sulawesi skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Bachri, S. 2006. *Stratigrafi Lajur Volcano-Plutonik Daerah Gorontalo, Sulawesi*. Pusat Survey Geologi. Bandung. Vol XVI No. 2.
- Bogie, I. dan K.M. Mackenzie, 1998. The application of a volcanic facies models to an andesitic stratovolcano hosted geothermal system at Wayang Windu, Java, Indonesia. *Proceedings of 20th NZ Geothermal Workshop*. 265-270.
- Brahmantyo, B., dan Bandonu, 2006. *Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (Landform) untuk Pemetaan Geomorfologi pada Skala 1:25.000 dan Aplikasinya untuk Penataan Ruang, Jurnal Geoaplika*. Vol. 1 No. 2, Hal. 071 – 078.
- Boften, F., Permana, A.P., & Kasim, M. (2023). Diagenesis analysis of Padengo Limestone Area, Gorontalo Regency based on petrographic method. *Journal of Applied Geospatial Information (JAGI)*. 7(2), 861-866. <https://doi.org/10.30871/jagi.v7i2.5074>.
- Ghaneswara, O, A., Permana, A.P., & Hutagalung, R. (2023). Karakteristik endapan nikel laterit blok O Daerah Bunta, Kabupaten Banggai. *Jurnal Sains Informasi Geografi [J SIG]*, 6(1), 31-37. <http://dx.doi.org/10.31314/jsig.v6i1.2002>.
- Hutagalung, R., Permana, A, P., Eraku, S,S., Isa, D, R., & Ghaneswara, O, A. (2023). Mass movement analysis in Dumbo Raya Area based on rock quality. *AIP Conference Proceedings* 2614, 050034-1–050034-5; <https://doi.org/10.1063/5.0125904>.
- Indonesia, S. S., 1996. Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia. *Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI)*.
- Leeuwen, T. M. Van., 2005. Stratigraphy and tectonic setting of the Cretaceous and Paleogene volcanic-sedimentary successions in northwest Sulawesi, Indonesia. *Implications for the Cenozoic evolution of Western and Northern Sulawesi*. 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2004.05.004>
- Partoyo, E., Sukarna, D., Suroso, Bachri, S., Supandjono, R.J.B., dan Bawono, S.S., 1997. *Peta Geologi Lembar Bilungala, Sulawesi skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Payuyu, N., Permana., A.P., & Hutagalung, R. (2022). Analisis tipe batuan dasar pembentuk nikel laterit pada Block X Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Sains Informasi Geografi [J SIG]*,5(2),76-83. <http://dx.doi.org/10.31314/j%20sig.v5i2.1551>.
- Permana, A, P., Eraku, S,S., Hutagalung, R., & Suarno, R,R. (2023a). Porosity Analysis of Limestone in the South Leato Region of Gorontalo City. *E3S Web of Conferences* 400, 01010. 1-4. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340001010>.
- Permana, A, P., Marfian, F., Akase, N., & Kasim, M. (2023b). Characteristics of Volcanic Rock In The Bualemo Area, North Gorontalo District Based On Petrographic Analysis. *E3S Web of Conferences* 400, 01011. 1-4. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340001011>.
- Polvé, M., Maury, R. C., Bellon, H., Rangin, C., Priadi, B., Yuwono, S., Joron, J. L., & Soeria Atmadja, R., 1997. Magmatic evolution of Sulawesi (Indonesia): Constraints on the

-
- Cenozoic geodynamic history of the Sundaland active margin. *Tectonophysics*, 272(1), 69–92.
[https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00276-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00276-4)
- Rickard, M. J. (1972). Fault classification: discussion. *Geological Society of America Bulletin*, 83(8), 2545-2546.
- Sapiie, B. dan A. H. Harsolumakso, 2006. *Prinsip Dasar Geologi Struktur*.
- Surmont, J., Laj, C., Kissel, C., Rangin, C., Bellon, H., & Priadi, B. (1994). evolution of the North Arm of Sulawesi , Indonesia. *Earth and Planetary Science Letters*, 121, 629–638.
- Travis, R. B. 1955. *Classification of Rocks*. Colorado School of Mines. Golden Colorado.
- Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial Photo-interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. The Hague, The Netherlands: Smits.
- Zuidam, R.A, 1983, *Guide to Geomorphology Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. ITC. Enshede The Netherland.