

GEOLOGI DAERAH BUMELA KECAMATAN BILATO KABUPATEN GORONTALO

Mohamad Sunandyo Suratinoyo¹, Aang Panji Permana^{2*}, Muh Kasim³

Prodi Teknik Geologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo

*Email Koresponden: aang@ung.ac.id

Diterima: 13-10-2024

Disetujui: 28-11-2024

Publish: 02-12-2024

Abstrak Daerah penelitian berada di Desa Bumela Kabupaten Gorontalo tepatnya di Desa Dulupi dan sekitarnya. Daerah penelitian memiliki kondisi geologi yang cukup kompleks dan secara geomorfologi didominasi oleh daerah perbukitan. Selain itu, secara stratigrafi terdiri dari batuan Tersier hingga Kuartar. Tujuan penelitian ini yaitu memetakan kondisi geologi Daerah Bumela. Metode penelitian yang digunakan berupa survei geologi dan analisis laboratorium petrografi. Hasil yang didapatkan berupa kondisi geomorfologi daerah penelitian terdapat tiga satuan yaitu perbukitan denudasional, satuan perbukitan vulkanik, dan satuan dataran alluvial. Stratigrafi daerah penelitian terdiri dari empat satuan yaitu *conglomeratic sandstone*, *sandstone*, *muddy sandstone* dan tuff. Sebaran batupasir pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa *conglomeratic sandstone* menempati luasan sekitar 24%, *sandstone* menempati luasan 21%, dan *muddy sandstone* menempati luasan sekitar 32%. Untuk jenis batupasir dari analisis laboratorium petrografi hanya terdiri dari batupasir *greywacke*. Struktur geologi daerah penelitian berdasarkan analisis liniament dari pola kelurusan memiliki arah umum timur laut–barat daya.

Kata kunci: Karakteristik, Batupasir, Bumela, Gorontalo

Abstract The research area is located in Bumela Village, Gorontalo Regency, precisely in Dulupi Village and its surroundings. The research area has quite complex geological conditions and is geomorphologically dominated by hilly areas. In addition, stratigraphically it consists of Tertiary to Quaternary rocks. The purpose of this study is to map the geological conditions of the Bumela Area. The research method used is a geological survey and petrographic laboratory analysis. The results obtained in the form of geomorphological conditions of the research area contain three units, namely denudational hills, volcanic hills units, and alluvial plain units. The stratigraphy of the research area consists of four units, namely *conglomeratic sandstone*, *sandstone*, *muddy sandstone* and tuff. The distribution of sandstone at the research location shows that *conglomeratic sandstone* occupies an area of about 24%, *sandstone* occupies an area of 21%, and *muddy sandstone* occupies an area of about 32%. For the type of sandstone from the petrographic laboratory analysis, it only consists of *greywacke sandstone*. The geological structure of the research area based on the linear analysis of the straightness pattern has a general northeast-southwest direction.

Keywords: Characteristics, Sandstone, Bumela, Gorontalo

1. PENDAHULUAN

Batupasir adalah campuran butiran mineral dan fragmen batuan yang dihasilkan dari erosi alami berbagai jenis batuan (Pettijohn, 1975). Keberadaan dan transformasi butiran mineral dalam batupasir sangat diatur oleh proses sedimentasi yang terjadi selama pengendapan, seperti proses pelapukan pada sumbernya, migrasi dan bertambahnya jarak dari sumber ke lingkungan pengendapan, dan proses diagenesa (Pettijohn, 1975).

Wilayah Gorontalo merupakan bagian dari jalur vulkano-plutonik lengan Sulawesi yang utamanya tersusun batuan gunungapi berumur Eosen-Pliosen Awal sampai Kuartar. Singkapan batuan gunungapi umumnya dijumpai berselingan dengan batuan sedimen, begitu juga sebaliknya sehingga kedua batuan menunjukkan hubungan superposisi yang jelas (Bachri et al, 1994; Permana & Eraku, 2017; Permana et al, 2024; Sandi et al, 2024). Kondisi tatanan tektonik pada daerah bagian lengan Utara Sulawesi telah mengalami terjadi *collision* yang menyebabkan subduksi aktif pada bagian utara (Leeuwen dan Muharjo, 2005).

Di Area Bumela, batupasir Plistosen dari Formasi Endapan danau tersingkap. Keberadaan batupasir tersebut memberikan peluang yang baik untuk dilakukan analisis karakteristik untuk mendapatkan gambaran letak tektonik dan keterbandingan batuan pada Formasi Endapan danau, proses diagenesis dan pengendapan bisa didapatkan.

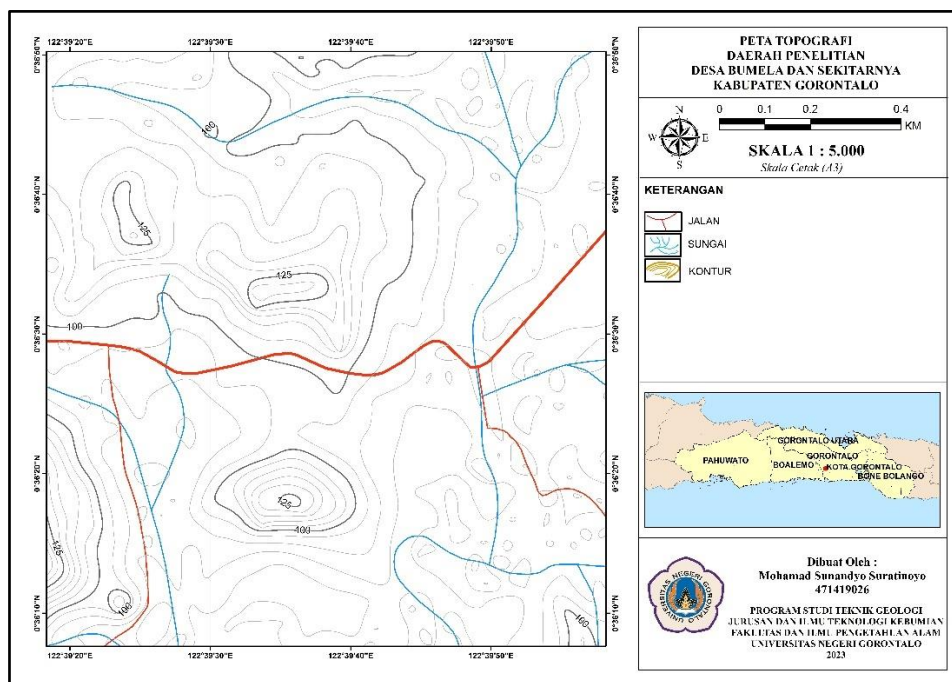
Pemetaan geologi memberikan informasi tentang kondisi geologi suatu daerah, baik dari segi geomorfologi, struktur geologi, stratigrafi maupun potensi sumber daya alam yang terkandung didalamnya. Daerah penelitian adalah Desa Bumela Kabupaten Gorontalo tepatnya di Desa Dulupi dan sekitarnya. Daerah penelitian memiliki kondisi geologi yang cukup kompleks dan secara geomorfologi didominasi oleh daerah perbukitan. Selain itu, secara stratigrafi terdiri dari batuan Tersier hingga Kuartar. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian cukup menarik dengan palung dan lipatan karena kondisi geologi yang menarik tersebut, diperlukan penyelidikan lebih lanjut untuk mendapatkan informasi geologi yang lebih akurat dan informatif di kawasan Desa Bumela, Kabupaten Gorontalo. Berdasarkan latar belakang tersebut maka tujuan penelitian ini adalah melakukan pemetaan Daerah Bumela Kecamatan Bilato Kabupaten Gorontalo.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan berupa survei geologi lapangan, penelitian laboratorium, dan pengolahan studio. Metode observasi lapangan adalah metode yang berfokus pada pengamatan kondisi geologi di daerah penelitian (Permana et al, 2019; 2020; 2021; 2022; Marfian et al, 2023; Damogalad et al, 2024; Mooduto et al, 2024; Robot et al, 2024; Triyani et al, 2024; Wowiling et al, 2024). Kemudian data-data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode penelitian laboratorium berupa analisis petrografi dengan sayatan tipis (Tetley dan Daczko, 2013; Serge dan Senthilkumar, 2017; Ofulume et al., 2018; Payuyu et al., 2022; Ghaneswara et al, 2023; Hutagalung et al, 2023; Mane et al, 2024). Analisis petrografi pada sampel batupasir di bawah mikroskop untuk menentukan tekstur dan komposisi mineral yang digunakan untuk memberi nama batuan (Boggs, 2006). Penggolongan nama batuan tersebut menggunakan klasifikasi Pettijohn (1975; 1980).

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administratif berada di Desa Bumela Kecamatan Bilato Kabupaten Gorontalo. Letak geografis Daerah penelitian terletak pada koordinat $00^{\circ} 63' 0'' - 00^{\circ} 64' 5''$ Lintang Utara dan $122^{\circ} 53' 42'' - 122^{\circ} 54' 62''$ Bujur Timur (Gambar 1). Luas daerah $4,393 \text{ Km}^2$. Penelitian dilakukan studi khusus di jalan trans Gorontalo.



Gambar 1. Peta lokasi sampel

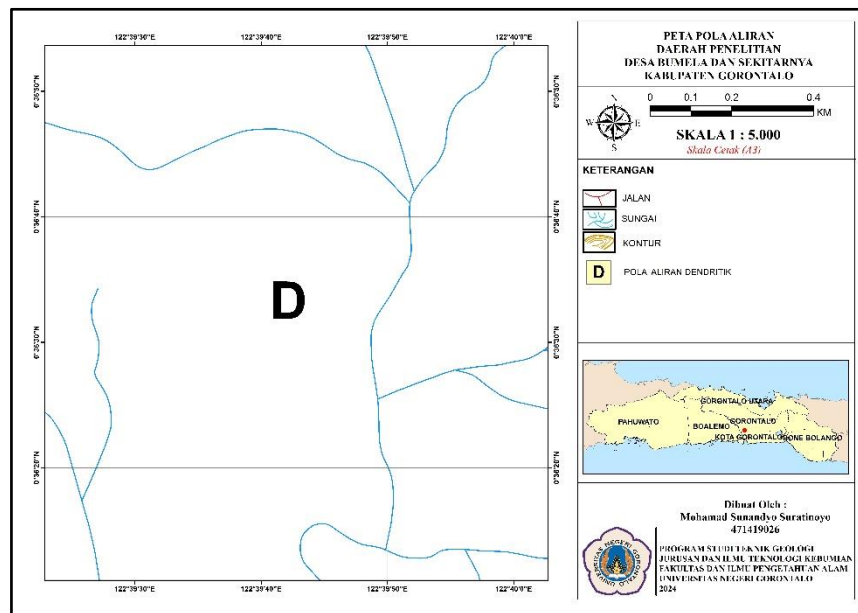
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi Morfologi permukaan bumi merupakan hasil interaksi antara proses eksogen dan proses endogen. Proses eksogen adalah proses yang berasal dari luar permukaan bumi yang bersifat destruktif yang berupa erosi, pelapukan dan lain sebagainya. Sedangkan proses endogen adalah proses yang berasal dari dalam bumi dan bersifat konstruktif yaitu berupa pengangkatan, perlipatan dan patahan (Lobeck, 1939). Analisis geomorfologi pada daerah penelitian dilakukan dengan analisis peta topografi serta, mengamati kondisi morfologi secara langsung dilapangan.

Daerah memiliki morfologi pegunungan yang tertutupi vegetasi lebat, akan tetapi sebagian dari pegunungan tersebut telah dijadikan perkebunan jagung oleh warga lokal. Ketinggian pada daerah penelitian yaitu kisaran 38 – 250 mdpl dengan elevasi tertinggi berada pada sebelah selatan daerah penelitian dan elevasi terendah berada sebelah utara.

Analisis pola aliran sungai dilakukan dengan pengamatan langsung dilapangan. Berdasarkan pengamatan tersebut diketahui bahwa pola aliran sungai yang berkembang pada daerah penelitian yaitu Paralel berdasarkan klasifikasi Twidale (2004) (Gambar 2).



Gambar 2 Peta pola aliran sungai daerah penelitian.

Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi tiga satuan geomorfologi mengacu pada klasifikasi pembagian satuan geomorfologi (Van Zuidam, 1985) antara lain berupa satuan dataran aluvial, perbukitan denudasional dan perbukitan vulkanik (Tabel 1).

Tabel 1 Satuan Geomorfik Daerah Penelitian

Aspek Geomorfologi		Satuan Geomorfik			
		Dataran Aluvial	Perbukitan Denudasional	Perbukitan Vulkanik	
Morfologi	Morfografi	Dataran	Perbukitan	Perbukitan	
	Morfometri	Kelerengan	0 - 2 (Landai)	16 - 55 (Hampir Datar - Curam)	16 - 55 (Hampir Datar - sangat Curam)
		Pola Lereng	Mengarah ke Segala Arah	Dominan Mengarah Utara - Selatan	Dominan Mengarah Utara - Timur Laut
		Relief	Topografi Landai	Topografi Landai - Lereng Curam	Topografi Landai - Lereng Curam
		Pola Aliran	Dendritik	Dendritik	Dendritik
		Bentuk Lembah	V - U	V - U	V - U
Morfogenesis	Morfostruktur Aktif	-	-	-	
	Morfostruktur Pasif	Material Lepas	Batupasir	Tuf dan Aglomerat	
	Morfodinamik	Erosi dan Pelapukan Tinggi	Erosi dan Pelapukan Tinggi	Erosi Pelapukan	

3.1.1 Dataran Aluvial

Satuan ini menempati sekitar 10% dari luas lokasi penelitian yang dicirikan dengan pola kontur yang relatif renggang yang satuan ini menyebar dibagian tenggara Desa Bumela. Satuan ini memiliki ketinggian 85-90 mdpl dan kemiringan lereng 0° - 2° (landai). Secara umum pola kelerengan mengarah ke segala arah dengan litologi penyusun satuan ini Endapan Aluvial. Pola aliran sungai pada satuan ini adalah Dendritik, memiliki lembah yang umumnya berbentuk “U”, jenis sungai permanen dengan penyusun batuan berupa bongkah (Gambar 3).



Gambar 3 Morfologi Dataran Aluvial

3.1.2 Satuan Perbukitan Denudasional

Satuan ini menempati sekitar 65% dari luas lokasi penelitian yang dicirikan dengan pola kontur yang relatif renggang yang satuan ini menyebar dibagian tenggara Desa Bumela. Satuan ini memiliki ketinggian 100-125 mdpl dan kemiringan lereng 16° - 55° (Hampir Datar Curam). Secara umum pola kelerengan mengarah ke segala arah dengan litologi penyusun satuan ini berupa Batupasir. Pola aliran sungai pada satuan ini adalah Paralel, memiliki lembah yang umumnya berbentuk “U”, jenis sungai permanen dengan penyusunan batuan berupa bongkah (Gambar 4).



Gambar 4 Morfologi Satuan Perbukitan Denudasional

3.1.3 Satuan Perbukitan Vulkanik

Satuan ini menempati sekitar 25% dari luas lokasi penelitian yang dicirikan dengan pola kontur yang relatif renggang sampai rapat satuan ini menyebar dibagian tenggara Desa Bumela. Satuan ini memiliki ketinggian 100-200 mdpl dan kemiringan lereng 16° - 55° (Hampir datar sangat curam). Secara umum pola kelerengan mengarah ke segala arah dengan litologi penyusun satuan ini Tuff dan Aglomerat. Pola aliran sungai pada satuan ini adalah Dendritik, memiliki lembah yang umumnya berbentuk “U”, jenis sungai permanen dengan penyusunan batuan berupa bongkah (Gambar 5).



Gambar 5 Morfologi Satuan Perbukitan Vulkanik

3.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

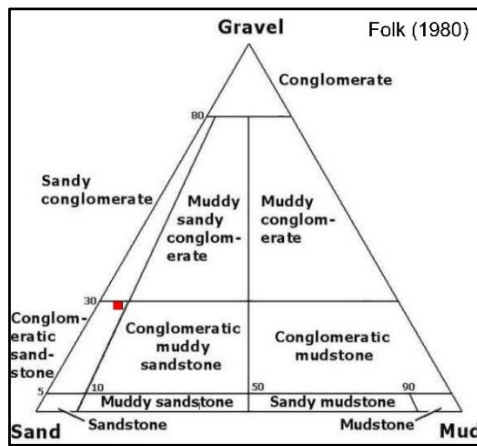
Berdasarkan pada pemetaan geologi permukaan yang telah dilakukan pada daerah penelitian, terdapat 4 jenis batuan yang dijumpai di lokasi penelitian di Bumela tersusun atas satuan *Conglomeratic Sandstone*, satuan *Sandstone*, *Muddy Sandstone* dan tuff.

3.2.1 Satuan *Conglomeratic Sandstone*

Secara megaskopis kenampakan batuan ini memiliki warna batuan abu-abu kecoklatan, ukuran Butir lanau – kerakal 1/16 - 64 mm, Permeabilitas baik, bentuk butir rounded – sub-rounded, kemas terbuka, sortasi buruk, struktur batuan masif, dengan komposisi mineral: kuarsa, feldspart, litik. batuan ini tersusun atas pasir 65%, lempung 5%, dan kerikil 30% (Gambar 6 dan 7).

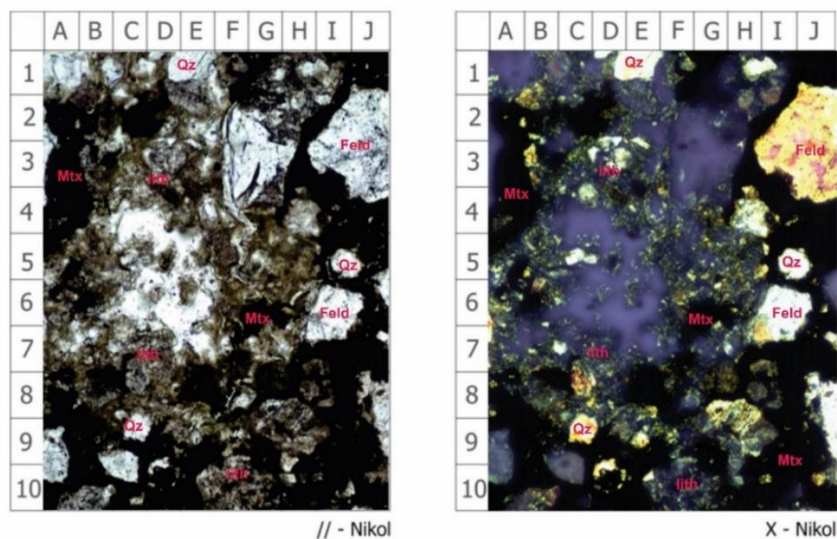


Gambar 6. Stasiun pengamatan DS01 *Conglomeratic Sandstone*



Gambar 7 Ploting Klasifikasi Batupasir Stasiun DS01 (Folk, 1980)

Analisis petrografi pada batupasir dengan kode sampel DS01 yang mana Hasil pengamatan sayatan tipis batupasir pada batupasir dengan kode DS01, ukuran butir rata-rata 0.2 mm (pasir sedang), kemas relatif tertutup, kenampakan bentuk butir dijumpai menyudut, sortasi relatif baik, komposisi batuan terdiri atas fragmen litik (45%), kuarsa (10%), Feldspar (5%), dan matriks (40%) (Gambar 8).



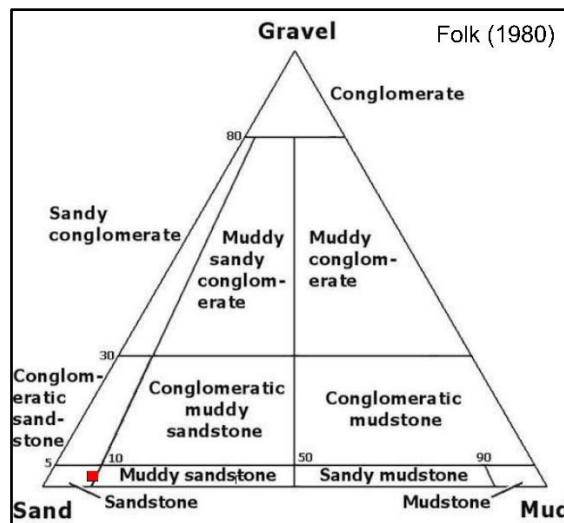
Gambar 8 Sayatan Tipis Pengamatan DS01

3.2.2 Satuan Sandstone

Secara megaskopis kenampakan batuan ini memiliki warna batuan abu-abu kecoklatan, ukuran Butir pasir halus - kerikil 1/4 – 4 mm, Permeailitas baik, bentuk butir agak mebulat sampai mebulat, kemas tertutup, sortasi buruk, struktur batuan masif, dengan komposisi mineral: kuarsa, felspar, litik, batuan ini tersusun atas pasir 87%, lempung 10%, dan kerikil 3% (Gambar 9 dan 10).

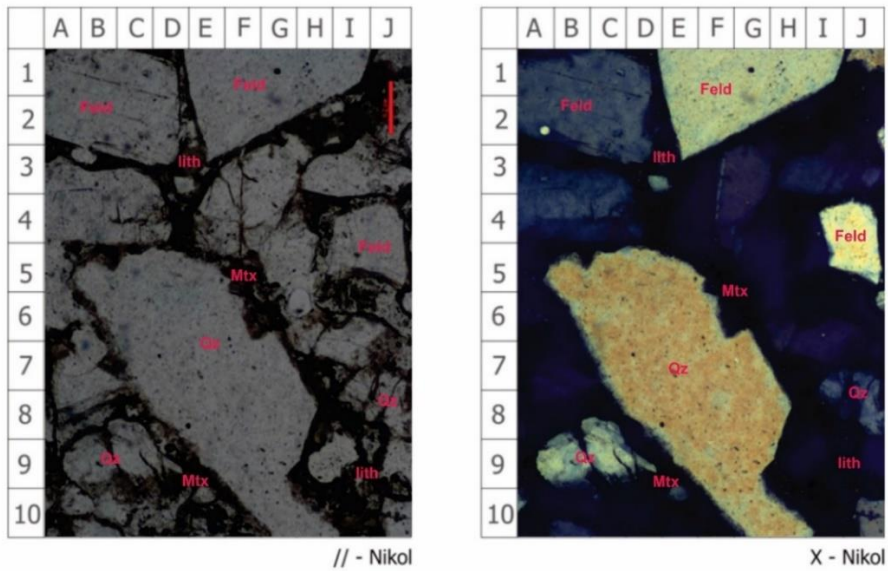


Gambar 9 Stasiun Pengamatan Sandstone DS03



Gambar 10 Ploting Klasifikasi Batupasir Stasiun DS03 (Folk, 1980)

Analisis petrografi pada batupasir dengan kode sampel DS03 yang mana Hasil pengamatan mikroskopis pada batupasir dengan kode DS03 berukuran butir rata-rata 0.1-0.125 mm (Pasir Kasar), kemas terbuka, sortasi relatif buruk, bentuk butiran dijumpai relatif menyudut sampai membundar dengan komposisi batuan terdiri atas fragmen litik (20%), kuarsa 40%), Feldspar (10%), dan matriks (20%) (Gambar 11).



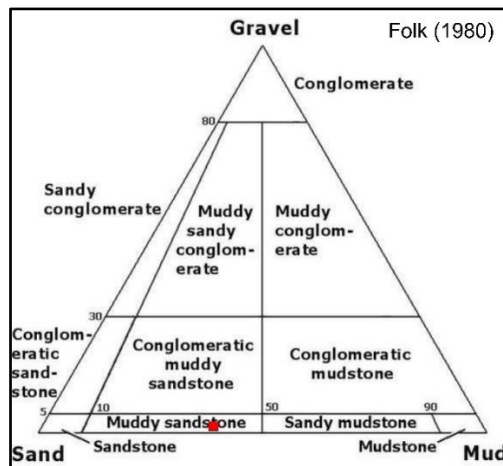
Gambar 11 Sayatan Tipis Pengamatan DS03

3.2.3 Satuan *Muddy Sandstone*

Secara megaskopis kenampakan batuan ini memiliki warna coklat terang, ukuran butir pasir sangat halus-sedang (1/16 – 1/4 mm), sortasi baik, kemas tertutup, porositas baik, struktur batuan masif. Memiliki variasi ketebalan batupasir 5-88 cm, komposisi mineral kuarsa, feldspar dan fragmen litik tidak karbonatan, batuan ini tersusun atas pasir 60%, lempung 40%, dan kerikil 0% (Gambar 12 dan 13).

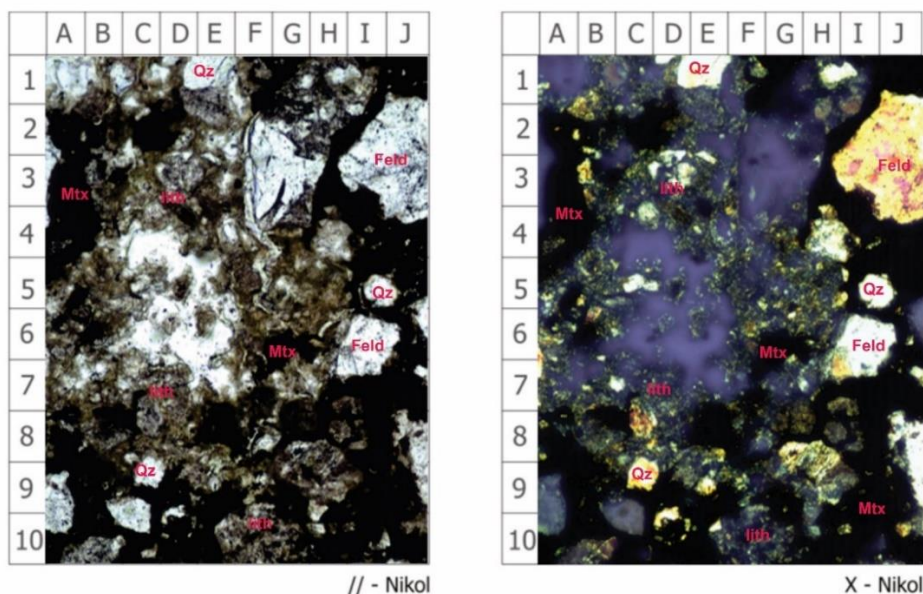


Gambar 12 Stasiun Pengamatan Muddy Sandstone DS07



Gambar 13 Ploting Klasifikasi Batupasir Stasiun DS07 (Folk, 1980)

Analisis petrografi pada batupasir dengan kode sampel DS07 yang mana Hasil pengamatan secara mikroskopis pada sayatan dengan kode DS07, batuan berukuran butir rata-rata sebesar 0.01-0.08 mm (butir pasir kasar), memiliki kemas butiran yang relatif terbuka, sortasi butiran buruk, kenampakan bentuk butiran membundar sampai menyudut, dengan komposisi batuan terdiri atas fragmen litik (40%), kuarsa (7%), Feldspar (3%), dan matriks (50%) (Gambar 14).



Gambar 14 Sayatan Tipis Pengamatan DS07

3.2.4 Satuan Tuf

Satuan Tuff ini menempati sekitar 23% dari luas lokasi penelitian. Satuan ini berwarna abu-abu gelap dengan struktur batuan masif yang dijumpai di bagian utara sampai bagian barat lokasi penelitian dan tersingkap dalam keadaan segar hingga agak lapuk (Gambar 15).

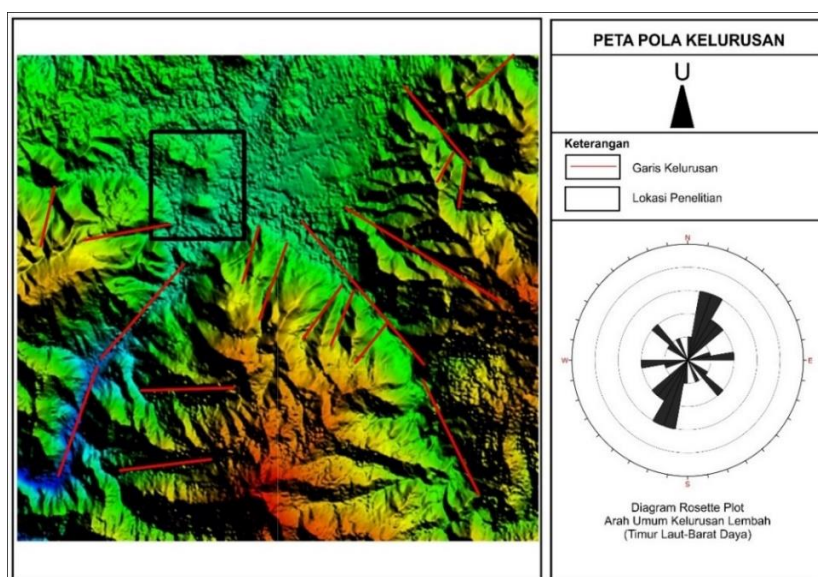


Gambar 15 Stasiun Pengamatan Tuffan S22

Litologi satuan Batupasir kasar dengan stasiun pengamatan S22 memiliki ciri-ciri fisik dengan warna abu-abu terang sampai abu-abu gelap, struktur batuan masif, fragmen batuan beku berupa basal dan andesit, permeabilitas buruk, bentuk butir agak membundar sampai menyudut, besar butir kerikil sampai kerakal, kemas terbuka, porositas baik, semen non karbonatan.

4.3 Struktur Geologi

Struktur geologi daerah penelitian diidentifikasi berdasarkan pengamatan kelurusan pada citra DEM-NAS dikarenakan kurangnya data struktur pada lokasi penelitian. Kelurusan dapat diartikan sebagai elemen linear geomorfologi yang dapat mempresentasikan struktur geologi. Hasil dari kelurusan punggung atau lembah memiliki arah umum timur laut – Barat Daya. Struktur geologi yang terdapat di lokasi penelitian berupa kemiringan lapisan batuan (Gambar 16).



Gambar 16 Pola Kelurusan Daerah Penelitian

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan serta pengolahan data maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kondisi geomorfologi pada daerah penelitian terbagi menjadi tiga yaitu satuan perbukitan denudasional, satuan perbukitan vulkanik, dan satuan dataran alluvial. Kemudian stratigrafi daerah penelitian terdiri dari 4 satuan yaitu satuan Conglomeratic SandStone, SandStone, Muddy SandStone, dan Tuf. Sedangkan struktur geologi daerah penelitian dilakukan analisis liniament sehingga menghasilkan struktur geologi dengan arah umum Timur laut – Barat Daya.
2. Berdasarkan hasil pengamatan pada lokasi penelitian, secara fisik batupasir dapat di bedakan dari tekstur ukuran butir sehingga dijumpai tiga jenis batupasir berupa batu pasir konglomeratn, batupasir, dan batupasir lempungan.
3. Berdasarkan hasil analisis petrografi dengan melihat presentase komposisi mineral menunjukkan bahwa ke-empat sampel tersebut merupakan jenis batupasir Lithic Greywacke.
4. Sebaran batupasir pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa batupasir Konglomeratan menempati sekitar 24%, batupasir menempati sekitar 21%, dan batupasir lempungan menempati sekitar 32%.

5. REFERENSI

- Bachri, S., Sukido., & Ratman, N. (1994). Geologi Lembar Tilamuta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.
- Boggs, Jr.S., (2006). *Principle of Sedimentology and Stratigraphy*, 2 nd edition. Pearson Prentice Hall, London.
- Damogalad, Y., Permana, A., Hutagalung, R., & Manyoe, I. (2024). Karakteristik Batuan Dasar Formasi Gabro Daerah Keramat Kabupaten Boalemo. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 8(1), 81-87. doi:<http://dx.doi.org/10.30595/jrst.v8i1.1732>
- Dickinson, W.R. and Suczek C.A., (1979). Plate Tectonics and Sandstone Composition. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*. 63(12): 2164 – 2182
- Folk, R. L. (1980). Petrology of Sedimentary Rock. In R. L. Folk, *Petrology of Sedimentary Rock* (p. 184). Austin: Hemphill Publishing Company.
- Folk, R. L. (1975). *Petrology of Sedimentary Rock*, Hempil Publishing Company.
- 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., and 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>
- Leeuwen, T., & Muhardjo,. (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. *Journal of Asian Earth Sciences - J ASIAN EARTH SCI*. 25. 481-511. 10.1016/j.jseaes.2004.05.004.
- Lobeck, A.K., (1939). *Geomorphology, An Introduction to The Study of Landscape*. Mc. Graw – Hill Book

Company, New York.

- Mane, M., Permana, A., Hutagalung, R., & Aris, A. (2024). Lingkungan Pengendapan Batugamping Daerah Oluhuta-Olele Kabupaten Bone Bolango Berdasarkan Karakteristik Mikrofasies. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 3(1), 46-50. doi:<https://doi.org/10.37905/jage.v3i1.26917>
- Marfian, F., Permana, A., & Akase, N. (2023). Study of Petrogenesis Andesite Rock in Bualemo Region, North Gorontalo Regency Based on XRF Geochemistry Analysis. *Jambura Geoscience Review*, 5(1), 63-70. doi:<https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v5i1.16941>
- Masy'al Balfas, Abdurrokhim. (2018). Provenance Batupasir Lintasan Sungai Cilutung, Formasi Halang, Majalengka Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*, Vol. 2. No.1.
- Mooduto, T., Ahmad, F., Kodung, M., Sari, N., Hidayansya, T., & Permana, A. (2024). Tsunami Modeling Study in Geological Disaster Mitigation in the Kwandang Region. *Jambura Geoscience Review*, 6(1), 29-36. doi:<https://doi.org/10.37905/jgeosrev.v6i1.22561>
- Ofulume A.B. , Ib K.K., Ibeneme S.I., Dioha E.C., Chinemelu E.S., Eluwa J.C. and Onyese U.O. (2018). The petrography, geochemistry and potential applications of Ndi-Uduma Ukwu/Ohafia-Ifigh limestone, Ohafia, S.E. Nigeria. *Journal of Geosciences and Geomatics*, 6(1), 21-26. DOI: 10.12691/jgg-6-1-3.
- Payuyu, N., Permana., A.P., dan 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., dan S. S. Eraku. (2017). Analisis Stratigrafi Daerah Tanjung Kramat Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo. *Jurnal Geomine*,5(1): 1-6.
- Permana A.P., Pramumijoyo S., and Akmaluddin. (2019).Uplift Rate of Gorontalo Limestone (Indonesia) Based on Biostratigraphy Analysis. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. Vol. 6(438). P. 6-11. DOI: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.150>
- Permana A.P., Pramumijoyo S., and Akmaluddin. (2020). Paleobathymetry Analysis of Limestone in Bongomeme Region Based on Content of Benthic Foraminifera Fossil, Gorontalo District, Indonesia. *Bulletin of the Iraq Natural History Museum*. Vol. 16(1). P. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.26842/binhm.7.2020.16.1.0001>
- Permana, A.P., Pramumijoyo, S., Akmaluddin and Barianto, D.H. (2021). Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Limboto Limestone, Gorontalo Province, Indonesia. *Kuwait Journal of Science*. Vol. 48. No. 1. 116-126. <https://doi.org/10.48129/kjs.v48i1.6916>
- Permana, A.P., Eraku, S.S., Hutagalung, R., and Isa, D.R. (2022). Limestone Facies and Diagenesis Analysis in the Southern of Gorontalo Province, Indonesia. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 6 (456), 185-195. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.248> Rusdi, I.H., Arifin
- Permana, A.P., Suaib, A., Hutagalung, R., & Eraku, S.S., (2024). Analysis of the relative age of limestone at Tanjung Kramat Regiun, Gorontalo City, Indonesia. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 1(463), 190–200. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.375>
- Pettijohn, F.J., (1975). *Sedimentary Rocks*, 3rd ed. Harper & Row Publishing Co., New York.
- Robot, L.C., Permana, A.P., & Akase, N. (2024). Analysis of Microfacies and Depositional Environment of Limestone in North Isimu Area, Gorontalo Regency. *Tunas Geografi*, 13(1), 22-33. <https://doi.org/10.24114/tgeo.v13i1.41981>
- Sandi, I.N., Permana, A.P., & Kasim, M. (2024). Analisis provenance barupasir formasi dolokapa Kabupaten Gorontalo Utara berdasarkan data geokimia XRF. *Enviroscienteeae*, 20(1), 27-32.

<http://dx.doi.org/10.20527/es.v20i1.18843>

- Serge N., and Senthilkumar G.R. (2017). Petrography of crystalline limestone and the associated rocks occurred near Uthappanaickanoor Village, Usilampatti Block, Madurai District, Tamil Nadu, India. *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics (IOSR-JAGG)*, 5, 54-62.
- Tetley M., and Daczko N.R. (2013). Virtual petrographic microscope: a multiplatform education and research software tool to analyse rock thin-sections. *Australian Journal of Earth Sciences*, 61(4), 631-637. DOI: 10.1080/08120099.2014.886624
- Triyani, M.D., Permana, A.P, Kasim, M., & Putranto, F.A. (2024). Analisis Karakteristik Batuan Dasar Pada Pembentukan Endapan Nikel Laterit di Desa Wulu, Kabupaten Buton Tengah. *Juitech Jurnal Ilmiah*, 8(1), 115-122. <http://dx.doi.org/10.36764/ju.v8i1.1256>
- Twidale, C.R., (2004). *River Patterns and Their Meaning*, *Earth-Science Reviews*: v.67, p.159 – 218.
- Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis an Geomorphological Mapping*. ITC, Smits Publication, Enschede, Netherland.
- Wowiling, I.E., Permana, A.P., Hutagalung, R., Sagita, G., & Lakoy, F.F. (2024). Seam C1A2 Group coal rank analysis in East Meranti PIT, Katanjung Village, Kapuas Regency based on proximate values. *MATEC Web of Conferences*, 402, 03005 (2024). <https://doi.org/10.1051/mateconf/202440203005>