

**ANALISIS BATUAN SEDIMEN CAMPURAN KARBONAT -
SILISIKLASTIK DAERAH BATULAYAR KABUPATEN GORONTALO*****ANALYSIS OF MIXED SILICICLASTIC-CARBONATE SEDIMENTARY
ROCK IN BATULAYAR REGION, GORONTALO REGENCY*****Hisbullah¹⁾, Aang Panji Permana^{2)*}, Muhammad Kasim³⁾**^{1,2,3}Jurusan Ilmu dan Teknologi Kebumian, Fakultas Matematika dan IPA,
Universitas Negeri Gorontalo²aang@ung.ac.id**ABSTRAK**

Pulau Sulawesi yang terletak di bagian tengah Kepulauan Indonesia menyerupai huruf K. Bentuk ini dipengaruhi oleh pergerakan tiga lempeng utama dunia. Berdasarkan wilayah fisiografinya, Pulau Sulawesi terbagi menjadi Lengan Selatan, Lengan Tengah, Lengan Utara, Lengan Timur, Tenggara Lengan dan Leher. Gorontalo yang merupakan bagian dari Lengan Utara Sulawesi memiliki kondisi geologi yang sangat kompleks akibat hal tersebut pengaruh tektonik. Lokasi penelitian berada di Desa Batulayar Kecamatan Bongomeme Kabupaten Gorontalo. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu survei geologi lapangan dan analisis laboratorium. Survei geologi lapangan untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian berupa batuan penyusun, hubungan stratigrafi, faktor yang membentuk morfologi dan struktur geologi. Analisis laboratorium berupa analisis petrografi. Hasil dan pembahasan dari penelitian ini satuan geomorfologi lokasi penelitian dibagi menjadi dua satuan geomorfologi yaitu satuan perbukitan denudasional dan dataran alluvial. Stratigrafi daerah penelitian terdiri dari dua satuan litologi yakni satuan batulanau karbonatan dan batupasir. Berdasarkan hasil pengamatan sayatan tipis pada sampel batulanau karbonatan, satuan ini merupakan batuan sedimen campuran silisiklastik-karbonat. Jumlah komponen penyusun batuan dalam bentuk persen mendapatkan nama batuan yaitu *sandy micrite*.

Kata kunci: batu layar; batuan sedimen; karbonat; silisiklastik

ABSTRACT

Sulawesi Island, which is located in the central part of the Indonesian Archipelago, resembles the letter K. This shape is influenced by the movement of the world's three main plates. Based on its physiographic region, Sulawesi Island is divided into South Arm, Middle Arm, North Arm, East Arm, Southeast Arm and Neck. Gorontalo, which is part of the North Arm of Sulawesi, has very complex geological conditions due to tectonic influences. The research location is in Batu Layar Village, Bongomeme Sub-District, Gorontalo Regency. The methods used in this research are field geological survey and laboratory analysis. Field geological survey to determine the geological conditions of the research area in the form of constituent rocks, stratigraphic relationships, factors that form morphology and geological structure. Laboratory analysis in the form of petrographic analysis. The results and discussion of this research are that the geomorphological units of the research location are divided into two geomorphological units, namely denudational hills and alluvial plains. The stratigraphy of the research area consists of two lithological units, namely carbonate siltstone and sandstone units. Based on the results of observations of thin sections on carbonate siltstone samples, this unit is a mixed siliciclastic-carbonate sedimentary rock. The number of components that make up a rock in percentage form gives the rock its name, namely sandy micrite.

Keywords: batu layar; sedimentary rock; carbonate; siliciclastic

PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia secara geologis merupakan pusat pertemuan ketiganya lempeng aktif utama dunia, Lempeng Hindia-Australia yang bergerak ke utara-timur laut, lempeng Samudera Pasifik bergerak ke barat-barat laut dan Lempeng Benua Eurasia hampir statis (Hamilton, 1979; Silver *et al*, 1983; Hutchison, 1989;

Gorontalo yang merupakan bagian dari Lengan Utara Sulawesi memiliki kondisi geologi yang sangat kompleks akibat hal tersebut pengaruh tektonik. Sebaran batu gamping berumur seperempat di dataran Gorontalo dan Pliosen-Plistosen batugamping di sekitar Danau Limbo terlihat jelas. Pengaruh tektonik sangat kuat, terutama dari posisi batugamping terumbu yang berumur seperempat di wilayah Gorontalo. Batugamping terumbu ini mengalami perubahan yang sangat ketinggian yang kuat, dibuktikan dengan data lapangan di dekat Gorontalo dan pantai utara Tanjung Daka (Sukanto & Ratman, 2013; Katili, 1970; Bachri *et al*, 1997).

Batuan sedimen merupakan salah satu jenis batuan yang mengisi hampir tiga perempat permukaan bumi (Boggs, 1995; 2006). Batuan sedimen terbagi menjadi dua kelompok besar yaitu sedimen silisiklastik dan karbonat. Pemisahan batuan sedimen yang cenderung menarik garis tegas diantara keduanya ini seolah-olah mengisyaratkan bahwa batuan sedimen karena proses pembentukannya hanya terpisah menjadi dua bagian besar tersebut. Pada kenyataannya di tempat-tempat tertentu banyak dijumpai adanya batuan silisiklastik yang bercampur dengan batuan karbonat. Sedimentasi campuran terutama merupakan fenomena dimana silisiklastik dan karbonat bercampur dalam lingkungan sedimen yang serupa (Mount, 1984; 1985; Zhang *et al*, 1989; Yang & Sha, 1990; Guo *et al*, 2003; Dong *et al*, 2008; Li *et al*, 2020; 2021).

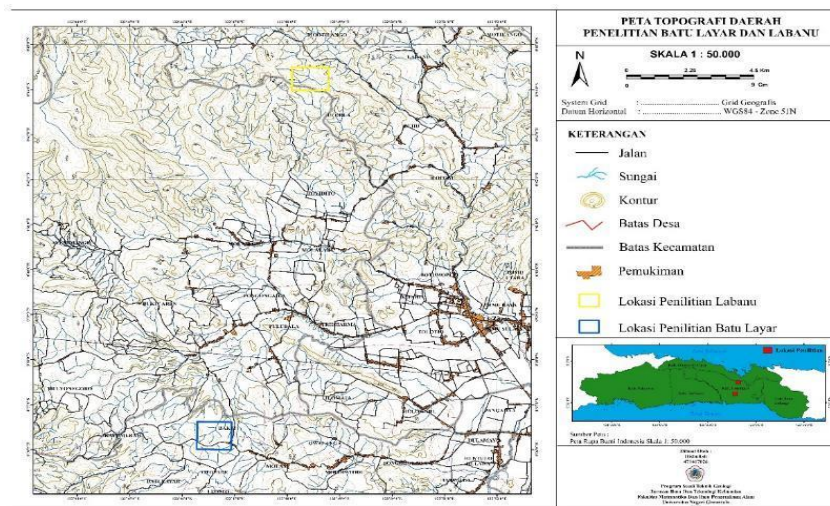
Mount (1984 dan 1985) membuat klasifikasi baru untuk analisis batuan sedimen campuran silisiklastik-karbonat. Pada aplikasinya klasifikasi ini masih terbatas pemakaiannya dan belum banyak dipopulerkan sebagaimana klasifikasi untuk batuan sedimen murni seperti klasifikasi batuan silisiklastik menurut Dott (1964), Pettijohn (1975), Tucker (1998) atau klasifikasi karbonat (murni) oleh Folk (1962), Embry & Klovan (1971) atau Dunham (1962).

Menurut Mount (1984), ada empat kemungkinan terjadinya proses pencampuran batuan sedimen silisiklastik dengan batuan karbonat di lingkungan paparan (*shelf*) yaitu campuran sela (*punctuated mixing*), pencampuran fasies (*fasies mixing*), pencampuran in situ (*in situ mixing*) dan pencampuran batuan induk (*source mixing*).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka tujuan dalam penelitian ini adalah menganalisis batuan sedimen campuran karbonat-silisiklastik Daerah Batulayar Kecamatan Bongomeme, Kabupaten Gorontalo.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Desa Batulayar Kecamatan Bongomeme Kabupaten Gorontalo yang berada pada koordinat $0^{\circ}35'59,80''$ - $0^{\circ}36'36,29''$ Lintang Utara sampai $122^{\circ}46'56,04$ - $122^{\circ}46'17,31$ Bujur Timur (Gambar 1).



Gambar 1. Daerah Penelitian Desa Batulayar Kecamatan Bongomeme Kabupaten Gorontalo

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu survei geologi lapangan dan analisis laboratorium. Survei geologi lapangan untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian berupa batuan penyusun, hubungan stratigrafi, faktor yang membentuk morfologi dan struktur geologi.

Analisis laboratorium berupa analisis petrografi. Analisis laboratorium yang dilakukan adalah analisis petrografi sampel batuan sedimen campuran yang

berada pada daerah penelitian di bawah mikroskop polarisasi untuk mengetahui komponen penyusun batuan dan tekstur pada batuan (Boften *et al*, 2023; Eraku *et al*, 2023a; 2023b; Ghaneswara *et al*, 2023; Hutagalung *et al*, 2023; Permana *et al*, 2023a; 2023b).

Untuk penamaan batuan yang lebih spesifik merujuk pada klasifikasi Mount (1985), dengan menggunakan data hasil petrografi yang telah dikelompokkan dalam empat komponen yaitu : pasir, lumpur/*mud*, *allochem* dan mikrit yang telah dinormalisasikan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Geomorfologi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian Desa Batulayar Kecamatan Bongomeme Kabupaten Gorontalo berdasarkan peta topografi daerah penelitian berada pada ketinggian 25-500 mdpl dengan pola kontur dominan agak renggang. Hal ini menunjukkan bahwa lokasi penelitian berada pada perbukitan rendah yang mengalami degradasi. Kemiringan lereng lokasi penelitian termasuk dalam kategori landai hingga curam berdasarkan klasifikasi kelas lereng Van Zuidam (1985), dengan relief bergelombang - pegunungan. Berdasarkan hasil interpretasi dan pengamatan langsung di lapangan pola aliran sungai yang berkembang pada lokasi penelitian merupakan pola aliran dendritik memiliki bentuk seperti huruf "V" (Gambar 2) yang menunjukkan bahwa sungai stadia muda dengan tingkat erosi sangat kuat ke arah vertikal sehingga membentuk dinding sungai curam.



Gambar 2. Penampang sungai bentuk "V" di lokasi penelitian

Setelah mengamati aspek kuantitatif bentuk lahan pada lokasi penelitian seperti kelerengan, bentuk lereng, ketinggian, beda tinggi dan pola pengaliran, maka satuan geomorfologi lokasi penelitian dibagi menjadi dua satuan geomorfologi yaitu satuan perbukitan denudasional dan dataran aluvial :

1. Satuan Perbukitan Denudasional

Satuan perbukitan denudasional ini memiliki luas $\pm 336 \text{ Km}^2$ menempati hampir seluruh daerah penelitian dari sisi bagian utara sampai selatan, ditandai dengan warna coklat tua pada peta geomorfologi. Kenampakan morfografi pada satuan ini merupakan perbukitan rendah dengan elevasi 100 - 500 mdpl. Pola lereng pada satuan ini mengarah ke berbagai arah dan memiliki kemiringan lereng landai-agak curam dengan relief topografi bergelombang hingga berbukit. Aliran sungai yang berkembang pada satuan ini yaitu aliran sungai stadia muda yang penampang sungainya berbentuk huruf "V" dengan tingkat erosi kuat mengarah vertikal, kenampakan pada peta topografi pola pengaliran pada satuan ini yaitu dendritik. Litologi penyusun pada satuan ini adalah batupasir dan batulanau karbonatan dengan tingkat erosi yang kuat akibat proses eksogen dan aktivitas manusia (Gambar 3).



Gambar 3. Kenampakan morfologi perbukitan denudasional

2. Satuan Dataran Aluvial

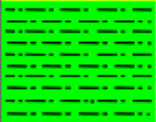
Satuan ini ditandai dengan warna biru muda dengan luas area $\pm 52 \text{ Km}^2$ pada peta geomorfologi dan menempati bagian tenggara daerah penelitian dengan elevasi 25 - 50 mdpl menunjukkan morfografi dataran rendah. Satuan ini memiliki

kemiringan lereng sangat landai sampai datar dengan relief datar - hampir datar. Aliran sungai pada satuan ini tidak menunjukkan suatu pola aliran, sungai pada satuan memiliki lembah berbentuk "U" yang menunjukkan sungai pada satuan ini stadia tua dengan tingkat erosi kuat ke samping akibat proses eksogen. Litologi penyusun satuan ini berupa material lepas.

B. Stratigrafi Daerah Penelitian

Penentuan satuan batuan pada lokasi penelitian berdasarkan ciri-ciri litologi yang didapatkan di lapangan dengan melihat jenis batuan, keseragaman batuan dan aspek - aspek lain yang terdapat pada tubuh batuan. Stratigrafi lokasi penelitian mengacu pada Sandi Stratigrafi Indonesia (1996) dengan sistem penamaan litostratigrafi tidak resmi yang kemudian dibandingkan dengan satuan resmi dari stratigrafi regional menurut Bachri *et al* (1994) pada peta geologi regional 1 : 250.000 lembar Tilamuta.

Berdasarkan pembagian satuan stratigrafi tidak resmi, maka lokasi penelitian dibagi menjadi dua satuan yaitu satuan batulanau karbonatan dan satuan batupasir (Gambar 4).

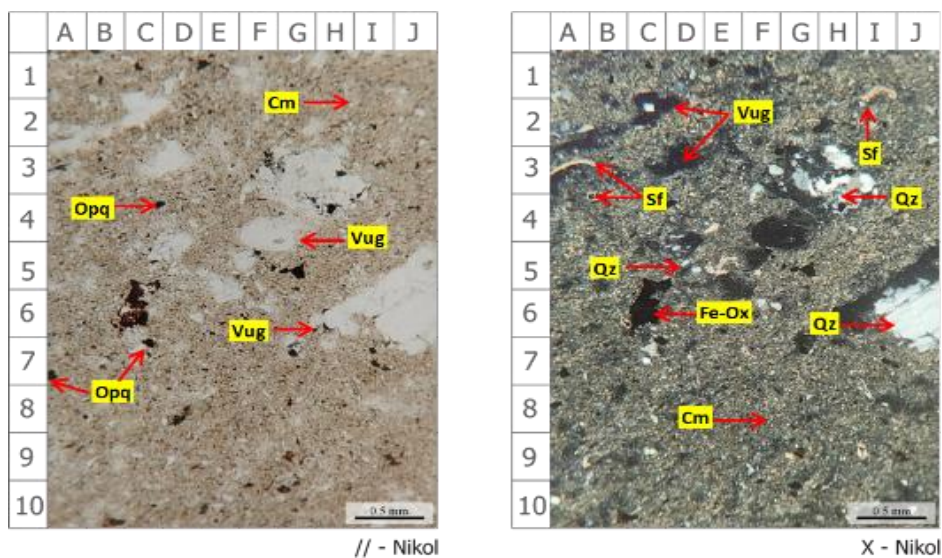
UMUR		FORMASI	STRATIGRAFI LOKASI PENELITIAN	
ZAMAN	KALA		SIMBOL	SATUAN
KUARTER	Holosen	?	?	?
	Plistosen	Endapan Danau (Qpl)		Batupasir
				Batulanau Karbonatan

Gambar 4. Kolom stratigrafi Daerah Batulayar

1. Satuan Batulanau Karbonatan

Litologi penyusun satuan ini yaitu batulanau karbonatan yang memiliki warna abu - abu gelap, warna lapuk kuning kecoklatan, ukuran butir dominan sangat halus (lanau - pasir sangat halus), kemas tertutup, sortasi relatif baik, bentuk butir dijumpai menyudut tanggung - membundar tanggung (*sub angular - sub rounded*), karbonatan, fragmen batuan terdiri dari fosil moluska kelas *gastropoda* dan *bivalvia* dalam bentuk utuh, pecahan dan terdapat sedikit kuarsa.

Hasil pengamatan secara mikroskopis pada sayatan tipis batuan ini memiliki ukuran butir dominan sangat halus $< 0.05\text{-}0.1\text{ mm}$ (lanau - pasir sangat halus), dengan ukuran rata-rata 0.05 (lanau), sayatan teroksidasi sedang (5%), memiliki kemas tertutup, sortasi relatif baik, bentuk butir dijumpai menyudut tanggung-membundar tanggung (*sub angular - sub rounded*), hubungan antar butir dijumpai *point contact* dan *floating*, dijumpai rongga (5%) berupa *vuggy* dan *moldic*, komposisi batuan terdiri dari butiran jenis *skeletal grain* berupa foraminifera kecil (17%) yang umumnya telat terisi oleh karbonat, serta dijumpai butiran jenis *non skeletal grain* berupa kuarsa (15%), mineral opak (8%). Butiran tertanam dalam matriks yang didominasi oleh mineral lempung (45%) yang merupakan hasil rekristalisasi dari material berukuran halus. Dijumpai material karbon (5%) pada sayatan ini (Gambar 5).



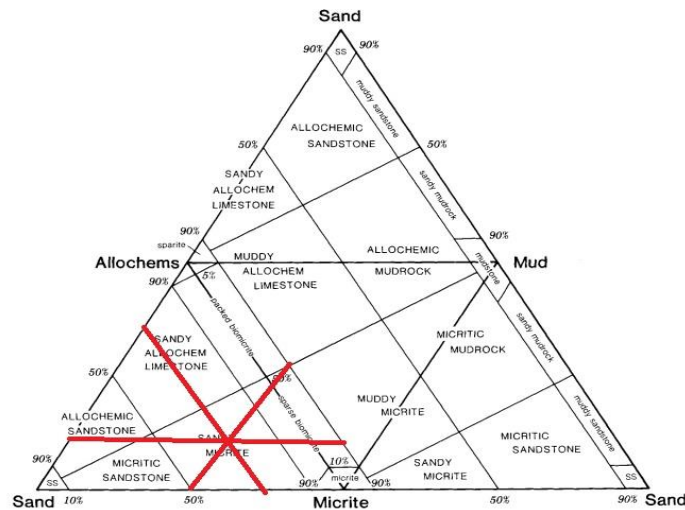
Gambar 5. Analisis petrografi pada sayatan tipis batulanau karbonatan

Butiran jenis *skeletal grain* meliputi Foraminifera Kecil [SF], dijumpai foraminifera planktonic (dominan) dan foraminifera bentonik, memiliki bentuk globular, dominan dijumpai dalam bentuk utuh, namun setempat dijumpai pula dalam bentuk pecahan, kenampakan tak berwarna, butiran foraminifera memiliki ukuran 0.1-0.3 mm, dengan ukuran butir rata-rata sebesar 0.2 mm. Umumnya rongga cangkang telah terisi oleh Karbonat kekuningan, bias rangkap tinggi, bentuk kristalin, bias rangkap ekstrim. Butiran jenis *non skeletal grain* berupa Kuarsa (Qz) hadir pada sayatan, memiliki ukuran 0.05 - 0.2 mm dengan rata-rata berukuran 0.1 mm, tersebar pada sayatan, kenampakan tak berwarna dan jernih, relief rendah, bentuk kristal relatif anhedral, terdapat pula kuarsa autigenik dengan ukuran rata-rata 0.05 mm. Mineral Opak (Opq), kenampakan gelap dalam posisi // -nikol dan X-nikol, bentuk relatif tak beraturan, kenampakan isotropik, dengan rata-rata ukuran 0.05 mm.

Butiran tertanam dalam matriks berupa material berukuran lempung, kenampakan berwarna kecoklatan, memiliki ukuran yang sangat halus yakni 0.01 mm, relief dan bias rangkap rendah, hadir sangat dominan pada sayatan. Umumnya telah mengalami rekristalisasi menjadi Mineral lempung (Cm), berukuran halus 0.05-0.1 mm. Dijumpai Carbon (Crb), kenampakan coklat gelap dalam posisi // -nikol dan X-nikol, bentuk relatif seperti cerat, memanjang, dengan rata-rata ukuran 0.15 mm. Berdasarkan hasil pengamatan sayatan tipis pada sampel batuan, satuan ini merupakan batuan sedimen campuran silisiklastik - karbonat. Untuk penamaan batuan pada satuan ini menggunakan klasifikasi batuan sedimen campuran model tetrahedral menurut Mount (1985). Jumlah komponen penyusun batuan dalam bentuk persen (Tabel 1) yang diaplikasikan ke dalam klasifikasi Mount (1985) mendapatkan nama batuan yaitu *sandy micrite* (mikrit pasir) (Gambar 6).

Tabel 1. Normalisasi komponen penyusun batu lanau karbonatan

Komponen	Komposisi (%)
Pasir (<i>Sand</i>)	31,2
<i>Allochem</i>	18,8
<i>Micrite</i>	50



Gambar 6. Hasil plotting komposisi penyusun batuan sedimen campuran karbonat - silisiklastik di Daerah Batulayar

Satuan batulanau karbonatan ini menempati di bagian utara lokasi penelitian berada pada kontur 123 mdpl pada peta topografi dengan luas penyebaran $\pm 1 \text{ Km}^2$, kedudukan batuan N $34^\circ\text{E}/29^\circ$. Pada peta geologi satuan ini ditandai dengan warna biru muda.

Berdasarkan kenampakan di lapangan dan hasil pengamatan batuan sedimen campuran ini merupakan hasil pengangkatan berulang dan terendapkan pada daerah cekungan setelah terjadi pengangkatan terakhir dan perubahan muka air laut cepat sehingga yang sebelumnya berada pada lingkungan laut dangkal sekarang berada pada ketinggian 125 m dpl. Hal ini didukung dengan terdapatnya fosil *phylum mollusca* kelas *gastropoda* dan *bivalvia* yang mempunyai ornamen yang kompleks dan tebal, bereaksi dengan senyawa karbonat sehingga mengindikasikan lingkungan laut dangkal (Gambar 7). Satuan ini dibandingkan dengan Formasi Gunungapi Pinogu (TQpv) yang diperkirakan berumur Pliosen hingga pleistosen.



Gambar 7. Singkapan batulanau karbonatan di Daerah Batulayar yang terdapat fosil

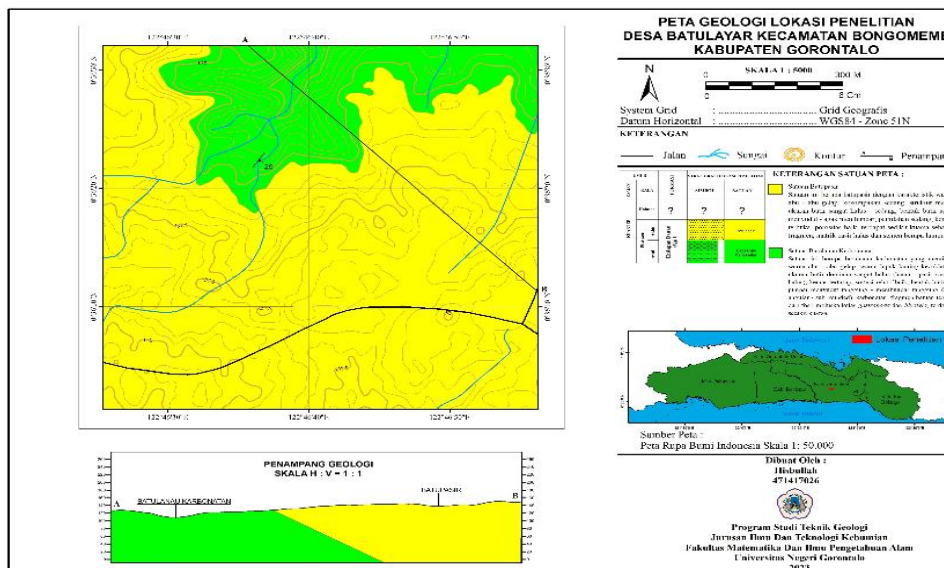
2. Satuan Batupasir

Litologi penyusun satuan ini berupa batupasir dengan karakteristik warna abu-abu gelap, kekompakan sedang, struktur masif, ukuran butir sangat halus - sedang, bentuk butir agak menyudut - agak membundar, pemilahan sedang, kemas terbuka, porositas baik, terdapat sedikit kuarsa sebagai fragmen, matrik pasir halus dan semen berupa lumpur (Gambar 8).



Gambar 8. Singkapan batupasir di Daerah Batulayar

Satuan ini hampir menempati seluruh lokasi penelitian, menyebar ke arah selatan dengan luas $\pm 2 \text{ km}^2$. Satuan ini ditandai dengan warna kuning terang pada peta geologi (Gambar 9).



Gambar 9. Peta geologi penelitian di Daerah Batulayar

Berdasarkan ciri litologi dan hasil pengamatan singkapan di lapangan satuan ini merupakan hasil endapan setelah pengangkatan dan masih berada pada zona transisi antara laut dan daratan, satuan ini dibandingkan dengan Formasi Gunungapi Pinogu (TQpv). Endapan pasca orogenik yang terbentuk pada daerah cekungan yaitu berupa batupasir, breksi, serta konglomerat. Umumnya termampatkan lemah yang diperkirakan berumur Pleistosen akhir hingga saat ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini dengan metode yang digunakan seperti survei geologi lapangan dan analisis laboratorium petrografi dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain geomorologi daerah batu layar terdiri dari dua satuan yakni satuan perbukitan denudasional dan satuan dataran aluvial. Stratigrafi daerah batulayar terdiri dari satuan batulanau karbonatan dan batupasir. Dan hasil analisis petrografi pada sampel batulanau karbonatan yang merupakan batuan sedimen campuran karbonat-silisiklastik mendapatkan nama batuan *sandy micrite*.

DAFTAR PUSTAKA

Bachri, S., Sukido & Ratman, N, 1994. *Peta geologi lembar Tilamuta, Sulawesi, skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

- Bachri, S., Partoyo, E., Bawono, S.S., Sukarna, D., Surono & Supandjono, J.B., (1997). Geologi Daerah Gorontalo, Sulawesi Utara. *Kumpulan Makalah Hasil Penelitian dan Pemetaan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, 1996/1997, 18-30.
- Boggs, S., Jr. (1992). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Macmillan Publishing Co., New York, NY.
- Boggs, S., Jr. (2006). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, 4th edn.: Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- 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>.
- Dott, R.H. (1964). Wacke, Greywacke and Matrix—What Approach to Immature Sandstone Classification? *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, 625-632.
- Dong, G.Y., He, Y.B., Chen, H.D., Luo, J.X., & Qin, Z, Y. (2008). A study on the mixed sedimentation of three sections of the Cambrian Balang Formation under Yangjiaping, Shimen, Hunan. *Geol Rev.* 5:593–601.
- Dunham, R. J. (1962). *Classification of carbonate rock according to their texture*. In: W. E. Ham (Editor), *Classification of Carbonate Rocks*. Am. Assoc. Petrol Geologists. Mem 1: 108-121.
- Embry, A., F. & Klovan, J. E. (1971). A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT. *Bull. Can. Petroleum Geol.* 19 : 730 – 781 .
- Eraku, S.S., Baruadi, M, K., & Permana, A, P. (2023a). Landslide potential analysis using unmanned aerial vehicles in South Leato Village, Gorontalo City, Indonesia. *Nature Environment and Pollution Technology*, 22(3), 1211-1223. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2023.v22i03.010>.
- Eraku, S.S., Permana, A, P., & Baruadi, M, N. (2023b). Analysis of ecotourism potential development in Pohuwato Regency, Gorontalo Province. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 19, 774-785. <https://doi.org/10.37394/232015.2023.19.73>.

- Folk, R L. (1959). Practical petrographic classification of limestone. *Bull. Am Assoc. Petrol. Geologists*, 43; 1-38.
- 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>.
- Guo, F,S., Yan, Z,B., & Du, Y,S. (2003). Discussion on mixed sedimentation, mixed rock and mixed strata. *Earth Sci Front* (China Univ Geosciences, Beijing). 10(3):68.
- Hamilton W. (1979). *Tectonics of the Indonesian region*. Geological Survey Professional Paper 1078, U.S. Govern. Printing Office, Washington. U.S.G.S. Professional Paper 1078. P. 345.
- 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>.
- Hutchison C.S. (1989). Geological evolution of Southeast Asia. Oxford Monograph on Geology and Geophysicc no 13, Oxford. P. 368.
- Katili, J. A. (1970) Large transcurrent faults in southeast asia with special reference to Indonesia. *International Journal of earth Science*, (59), Issue 2 : 581– 600.
- Li Q,Q., Bao Z,D., Xiao Y,X., Chen J,Y., Li Z,C, & Wang, Z,J. (2021). Research advances and prospect of mixed deposition. *Acta Sedimentological Sin.* 39(1):153–67.
- Li Z,Q., Li F,J., & Lai X,L. (2020) . Analysis of hybrid facies, hybrid sequence and its controlling factors of the Middle Devonian Yangmaba Formation in the Longmenshan area. *Sci Technol Eng.* 20(26):10580–91.
- Mount, J,F. (1984). Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments. *Geology*. 12(7):432–5.
[10.1130/0091-7613\(1984\)12<432:MOSACS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1984)12<432:MOSACS>2.0.CO;2).

- Mount J, F. (1985). Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification. *Sedimentology*. 32(3):435-442. [10.1111/j.1365-3091.1985.tb00522.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1985.tb00522.x).
- 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>.
- Pettijohn, F.J. (1975). *Sedimentary Rocks*. 3rd ed., Harper and Row Publishing Co., New York, 628h
- Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996. IAGI (Ikatan Ahli Geologi Indonesia), Jakarta.
- Silver, E.A., McCaffrey, R., & Smith, R.B. (1983). Collision, rotation, and the initiation of subduction in the evolution of Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geophysical Research*, vol. 88 : 9407–9418.
- Sukanto R., & Ratman N. (2013). *Batuan kuartar*, In : Surono., & Hartono U. Edisi Pertama, LIPI Press dan Pusat Survei Geologi Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Tucker, M. (1988). *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific, Oxford.
- Van Zuidam, R.A., (1985). *Aerial photo interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. Smith Publisher, The Hague, ITC.
- Yang, C, Q., & Sha, Q.A. (1990). Sedimentary environment of the mid-dle devonian qujing formation, qujing, yunnan province: a kind of mixing sedimentation of terrigenous clastics and carbonate. *Acta Sedimentological Sin*. 82:59–66.
- Zhang, J,Q., & Ye, H, Z. (1989). A study on carbonate and siliciclastic mixed sediments. *Chengdu Coll Geol*. 16(2):87–92.