



# Identifikasi Kualitas Batugamping Berdasarkan Analisis Geokimia dan Petrografi Daerah Pilolodaa Provinsi Gorontalo

Ulfanna Papatungan<sup>a</sup>, Aang Panji Permana<sup>b</sup>, Noviar Akase<sup>c</sup>

<sup>abc</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

\*email: [aang@ung.ac.id](mailto:aang@ung.ac.id)

## ARTICLE INFO

### Sejarah artikel:

Diterima: 28 Maret 2025

Direvisi: 19 Mei 2025

Diterima: 30 Juni 2025

**Keywords:** Geology,  
Limestone, Industry,  
Pilolodaa

### How to cite this article:

Papatungan, U., Permana, A.  
P., Akase, N. (2025).

Identifikasi Kualitas  
Batugamping Berdasarkan  
Analisis Geokimia dan  
Petrografi Daerah Pilolodaa  
Provinsi Gorontalo. *Journal  
of Applied Geoscience and  
Engineering*, 4(1), 31-41.  
[https://doi.org/10.34312/  
Jage.v4i1.33607](https://doi.org/10.34312/jage.v4i1.33607)

## ABSTRACT

This study aims to identify the quality of limestone in the Pilolodaa area, Gorontalo Province, as a potential raw material for industrial use. The research methods include petrographic analysis and geochemical testing using X-Ray Fluorescence (XRF). The study identified three main lithological units: floatstone limestone, carbonate sandstone, and alluvial deposits. The floatstone limestone sample (UP-15) contains 53.45% CaO and 0.40% MgO, meeting the standards for use in cement manufacturing and as a fluxing agent in steel refining. However, unconfined compressive strength tests indicate that the limestone is classified as "very weak-weak," making it unsuitable for structural construction materials. Nevertheless, the limestone still has potential as an aggregate in concrete mixtures and for various industrial applications. The geological setting and favorable chemical composition suggest that the floatstone limestone in Pilolodaa is viable for further development in supporting local industrial needs.

## 1. PENGANTAR

Indonesia memiliki potensi batugamping yang sangat luas dan menyebar di sebagian penjurusan nusantara. Meskipun informasi yang akurat mengenai jumlah sumber daya batugamping belum tersedia, perkiraan berdasarkan peta geologi menunjukkan bahwa estimasi cadangan batugamping di Indonesia mencapai kurang lebih 28,678 miliar ton (Madiadipoera, 1990).

Provinsi Gorontalo merupakan salah satu provinsi yang ada di Indonesia yang memiliki potensi batugamping. Batugamping di Provinsi Gorontalo terbagi menjadi dua macam diantaranya batugamping klastik (TQI) dan batugamping terumbu (QI). Batugamping klastik dibagi menjadi kalkarenit dan kalsirudit memiliki warna krem kekuningan hingga krem keabu-abuan, keras dan kompak, memiliki butir sedang hingga kasar, yang tersebar di Daerah Limboto, Utara Danau Limboto sampai Kecamatan Tibawa (Boften et al., 2023; Permana et al., 2023; 2025a; 2025b). Sementara itu Batugamping Terumbu pada umumnya memiliki warna putih sampai kemerahan, yang terendapkan bersama dengan cangkang terumbu, ganggang, hingga moluska yang tersebar di selatan Danau Limboto hingga sekitar pantai bagian selatan, terendapkan di atas batuan vulkanik dan granit yang pada umumnya bersifat mudah hancur serta di beberapa tempat kompak dan keras dan memiliki morfologi yang terjal, seperti yang terdapat di daerah sekitar Batudaa Pantai (Kusdarto, 2006; Ahmad et al., 2025; Hisyam et al., 2025; Mooduto et al., 2025).

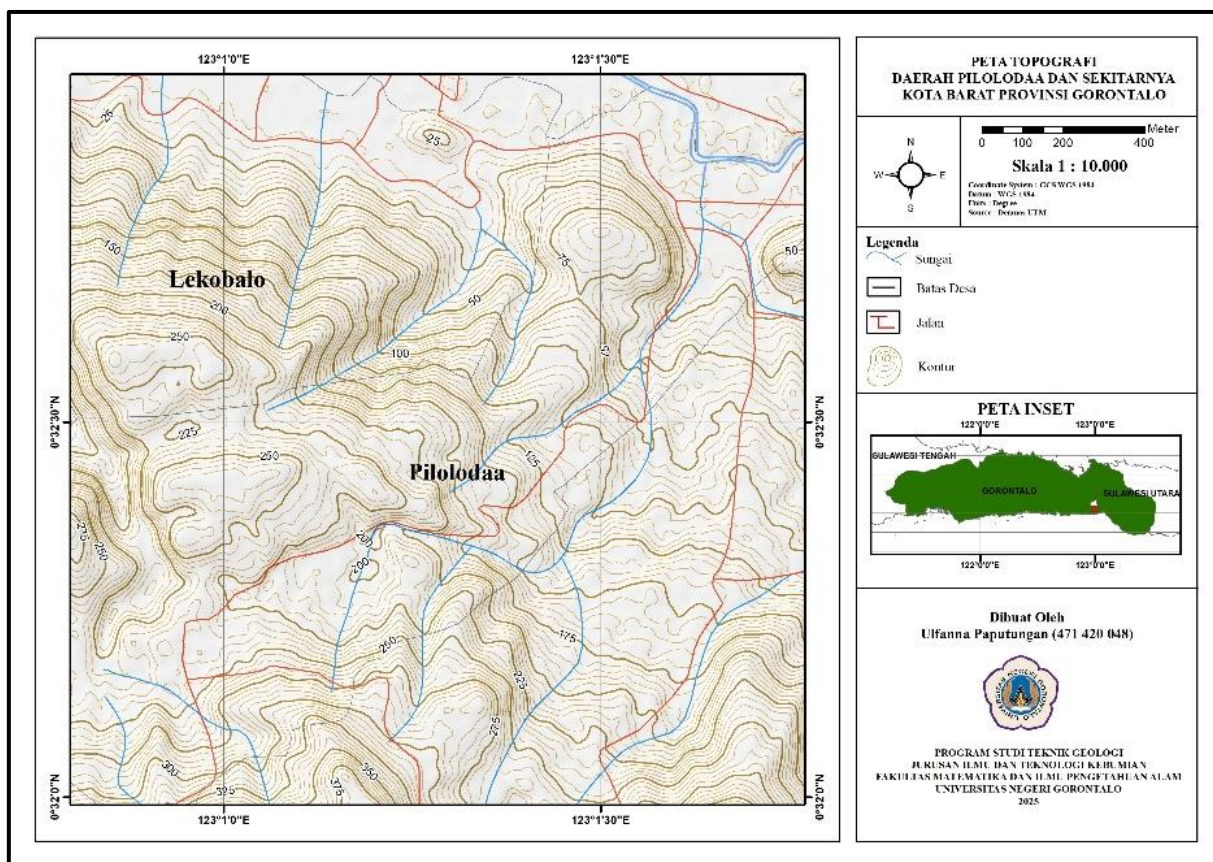
Total Keseluruhan penyebaran batugamping baik itu batugamping klastik maupun batugamping terumbu di daerah Limboto dan sekitarnya diperkirakan yaitu sekitar 14.073 ha dengan sumber daya hipotetik sekitar 5.224.550.000 m<sup>3</sup> atau 14.253.563.500ton dibulatkan menjadi 14 milyar ton. Disekitar danau limboto batugamping klastik dengan luas sebaran 3.880 Ha dan batugamping terumbu dengan luas sebaran 10.193 Ha, teridentifikasi bahan galian yang memiliki potensi sumber daya dimana masing-masing sekitar 1.900.000.000 m<sup>3</sup> dan 3.324.550.000 m<sup>3</sup> (Kusdarto, 2006). Analisis geokimia XRF pada batugamping terumbu di Kelurahan Buliide tersusun senyawa CaO 82,96%, SrO 13,57%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3,04%, dan ZrO<sub>2</sub> 0,33% serta tidak terdapat senyawa MnO (Permana, 2018).

Berdasarkan hal tersebut penulis tertarik untuk mengkaji mengenai kualitas batugamping dan potensinya sebagai bahan baku industri yang dilakukan di daerah Pilolodaa dan sekitarnya, Kecamatan Kota Barat Kota Gorontalo Provinsi Gorontalo.

## 2. METODE

Secara administrasi lokasi penelitian terletak di Kelurahan Pilolodaa Kecamatan Kota Barat, Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Secara geografis terdapat pada koordinat 0° 32' 37.5828" LU dan 123° 1' 33.222" BT dengan luas daerah penelitian yaitu ±3.2 km<sup>2</sup> dapat dilihat pada (Gambar 1).

Metode penelitian yang digunakan yaitu observasi lapangan dan pengolahan data di laboratorium. Observasi lapangan adalah metode yang berfokus pada pengamatan kondisi geologi di daerah penelitian. Kemudian data-data yang diperoleh dianalisis di laboratorium berupa analisis petrografi sayatan tipis (*thin section*) menggunakan mikroskop polarisasi dan analisis kandungan kimia batugamping dengan menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

### 3. HASIL DAN DISKUSI

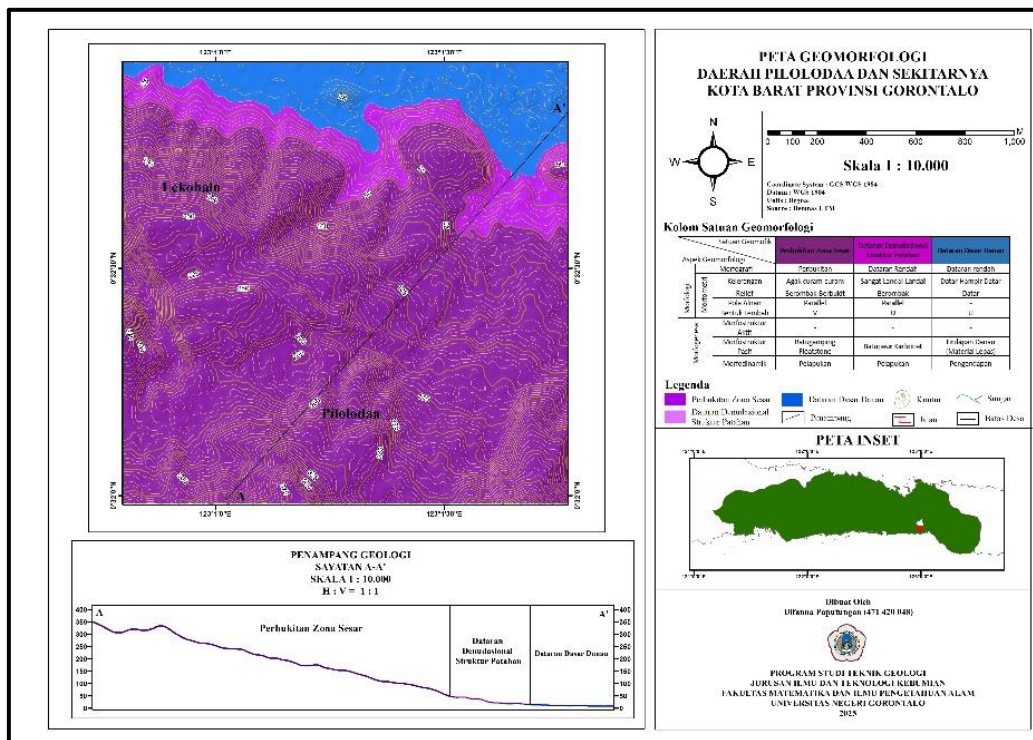
#### 3.1 Geomorfologi

Gorontalo terbagi menjadi empat wilayah geografis utama, yaitu zona pegunungan utara, zona pegunungan selatan, zona dataran rendah limboto, zona perbukitan berbukit, dan zona dataran pesisir (Bemmelen, 1949). Wilayah penelitian termasuk kedalam zona pegunungan selatan.

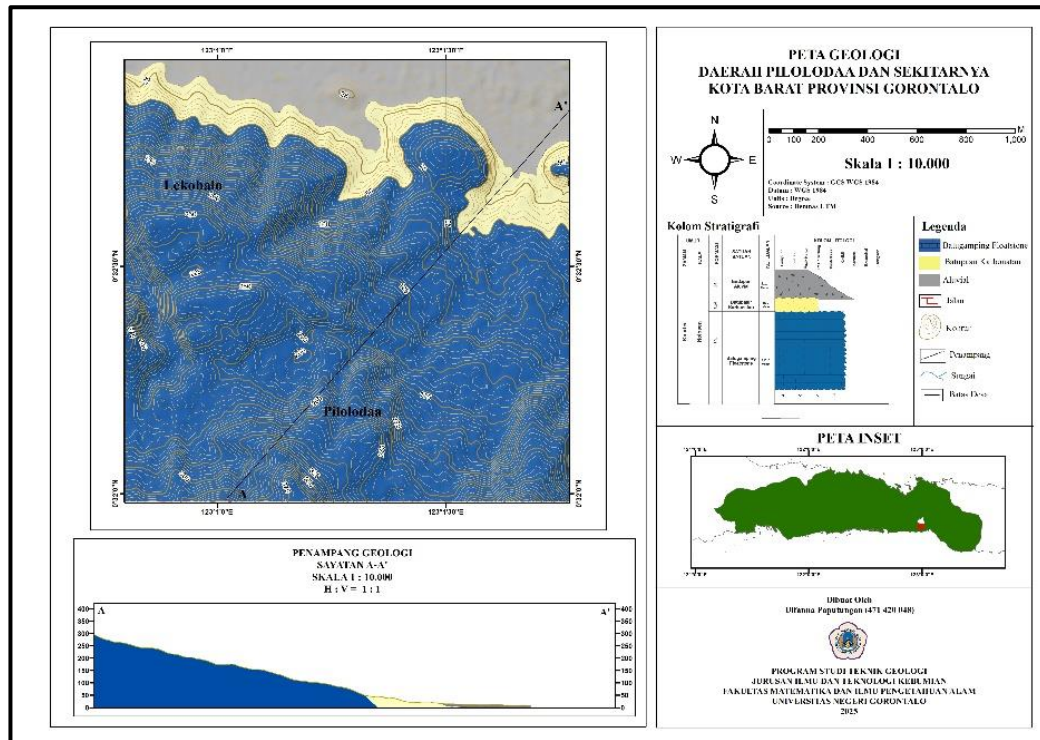
Klasifikasi yang digunakan dalam penentuan satuan geomorfologi pada daerah penelitian yaitu Brahmantyo dan Bandono (1999) yang mengacu pada proses-proses geologis baik endogen maupun eksogen serta mempertimbangkan beberapa aspek yang berhubungan. Geomorfologi daerah penelitian didasarkan kepada deskriptif gejala-gejala geologis yang dapat diamati melalui peta topografi dan pengamatan morfologi langsung di lapangan dibagi menjadi 3 bentuk morfologi yaitu Perbukitan zona sesar, dataran denudasional struktur patahan dan dataran dasar danau (Tabel 1) (Gambar 2).

**Tabel 1.** Pembagian Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian

Aspek Geomorfologi		Satuan Geomorfik		
		Perbukitan Zona Sesar	Dataran Denudasional Struktur Patahan	Dataran Dasar Danau
Morfologi	Morfografi	Perbukitan	Dataran Rendah	Dataran rendah
	Morfometri			
	Kelerengan	Agak curam-curam	Sangat Landai-Landai	Datar-Hampir Datar
	Relief	Berombak-Berbukit	Berombak	Datar
	Pola Aliran	Paralel	Paralel	-
	Bentuk Lembah	V	U	U
Morfogenesis	Morfostruktur Aktif	-	-	-
	Morfostruktur Pasif	Batugamping Floatstone	Batupasir Karbonat	Endapan Danau (Material Lepas)
	Morfodinamik	Pelapukan	Pelapukan	Pengendapan



**Gambar 2.** Peta Geomorfologi Daerah Penelitian



Gambar 3. Peta Geologi daerah penelitian

### 3.2 Stratigrafi

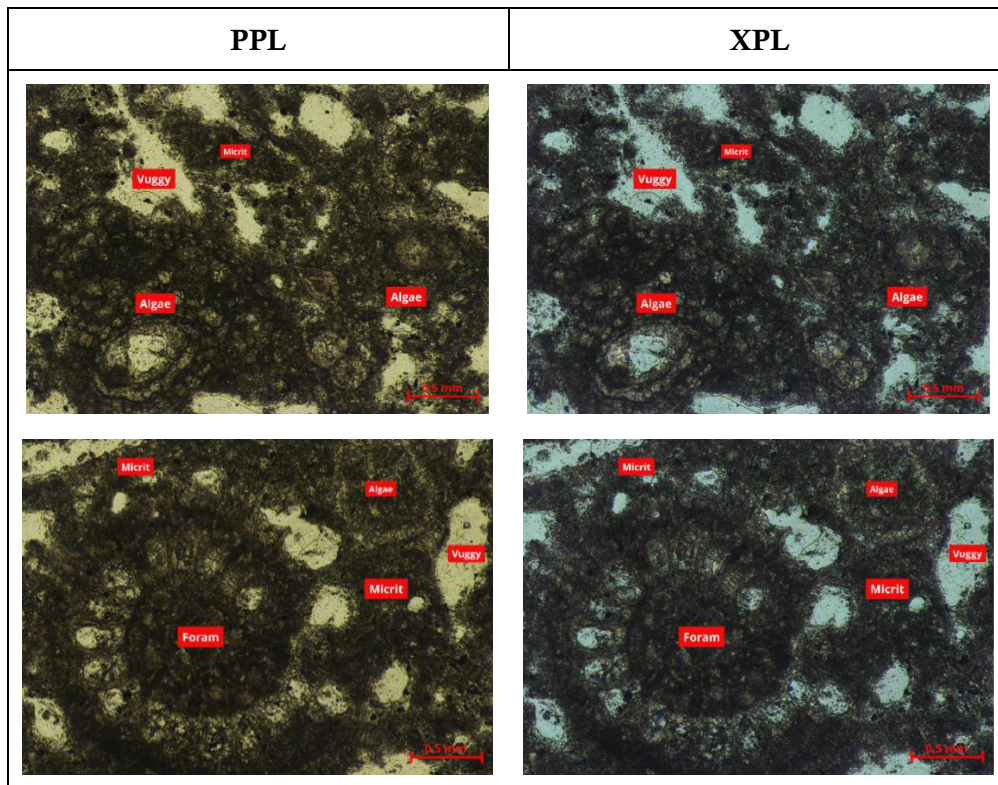
Stratigrafi daerah penelitian dibagi berdasarkan beberapa kriteria utama yang mencakup berbagai aspek geologi seperti ciri fisik litologi yang ditemukan dilapangan serta hasil analisis petrografi yang dilakukan di laboratorium. Satuan fasies yang terdapat di daerah penelitian jika diurutkan dari yang paling tua ke yang muda yaitu fasies *floatstone*, batupasir karbonatan dan satuan aluvial (Gambar 3).

#### 3.2.1 Fasies *Floatstone*

Satuan ini dapat dijumpai di daerah pilolodaa hingga sebagian lekobalo. Secara megaskropis satuan ini berwarna putih (segar) dan abu-abu (lapuk), fragmen coral, matriks *support*, kemas terbuka, pemilahan buruk, permeabilitas tinggi, porositas baik, struktur masif, berongga, karbonatan, batugamping *floatstone* (Embry & Klowan, 1971) (Gambar 4).



Gambar 4. Kenampakan singkapan (A) dan dan Kenampakan Hand specimen (B) batugamping *floatstone* pada stasiun UP-15



**Gambar 5.** Kenampakan sayatan tipis batugamping floatstone

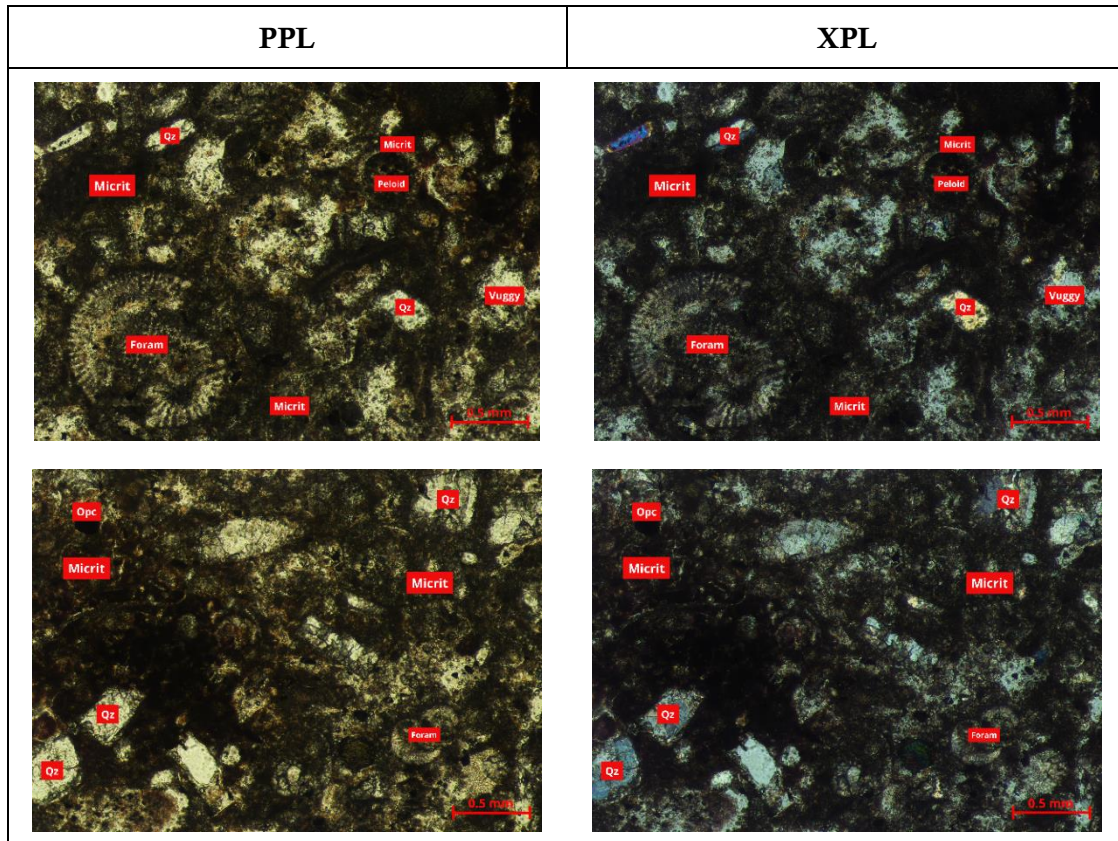
Secara mikroskopis batugamping *floatstone* pada sampel UP-15 berwarna coklat kekuningan (PPL) dan putih kecoklatan (XPL), dengan ukuran partikel >2mm, memiliki tekstur *matrix-supported*, kemas terbuka. Terdapat porositas tipe *vuggy* dengan kelimpahan 13 %. Berdasarkan komposisinya batuan terdiri dari *skeletal grain* berupa foraminifera (10%), *red algae* (23%), dan matriks berupa mikrit (54%), *floatstone* (Emry & Klovan, 1971) (Gambar 5).

### 3.2.2 Satuan Batupasir Karbonatan

Secara megaskropis satuan ini berwarna putih keabu-abu, ukuran butir pasir sedang – pasir kasar 1/2 – 1 mm (*medium sand-coarse sand*), kemas tertutup, pemilahan baik, permeabilitas buruk, porositas buruk, struktur masif, karbonatan, batupasir karbonatan. (Mount, 1985) (Gambar 6).



**Gambar 6.** Kenampakan singkapan (A) dan dan Kenampakan Hand specimen (B) batupasir karbonatan pada stasiun UP-23



Gambar 7. Kenampakan sayatan tipis batupasir karbonatan

Secara mikroskopis batu pasir karbonatan pada sampel UP-23 berwarna coklat kekuningan (PPL) dan coklat (XPL), memiliki tekstur grain-supported, ukuran grain bervariasi antara <math><0.01 - 0.5\text{mm}</math>. Terdapat porositas tipe vuggy dengan kelimpahan 6 %. Berdasarkan komposisinya batuan tersusun atas skeletal grain berupa foraminifera (11%), *non-skeletal grain* berupa peloid (1%), non karbonat grain yaitu kuarsa (4%), plagioklas (3%) dan opac (3%), dengan matriks berupa mikrit (72%), *sandy micrit* (Mount, 1985) (Gambar 7).

### 3.2.3 Satuan Aluvial

Satuan ini terdiri dari fragmen-fragmen material lepas yang berukuran lempung hingga kerakal. Satuan ini terbentuk dari hasil pengendapan dari danau limboto dan pelapukan dari material yang terdapat di sekitar daerah penelitian yang telah mengalami transportasi (Gambar 8).



Gambar 6. Kenampakan Satuan Aluvial

### 3.3 Kualitas Batugamping dan Pemanfaatannya

Analisis geokimia pada daerah penelitian dilakukan menggunakan metode XRF pada 2 contoh sampel stasiun yaitu UP 15 dan UP 23 dan memperoleh data seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Geokimia XRF

PARAMETER	UP 15	UP 23
SiO <sub>2</sub>	3.47	023.92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.16	7.69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.38	2.81
MgO	0.40	2.04
CaO	53.45	29.74
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.42
K <sub>2</sub> O	0.11	0.18
TiO <sub>2</sub>	0.07	0.33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.13
MnO	0.04	0.06
HD	40.85	32.68
SO <sub>3</sub>	0.01	0.00
H <sub>2</sub> O-	1.44	8.89

Pada stasiun UP 15 merupakan contoh batugamping *floatstone* dan stasiun UP 23 merupakan contoh batuan karbonatan *sandy micrit* Kedua stasiun memiliki hasil komposisi kimia yang berbeda. Pada stasiun UP 15 batugamping floatstone memiliki komposisi CaO >50% dan kandungan MgO < 2% untuk stasiun UP 23 berdasarkan analisis geokimia memiliki kandungan CaO sebesar 29.74 % dan MgO 2.04%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan karbonat yang memiliki potensi disektor industri adalah stasiun UP 15 yaitu batugamping *floatstone*.

#### 3.3.1 Bahan Baku Industri Semen

Batugamping merupakan bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan semen. Selain itu juga diperlukan bahan baku lainnya seperti lempung, gipsum, bijih besi, pasir silika.berdasarkan standar nasional indonesia (SNI) kandungan CaO dalam pembuatan semen harus diatas 50% serta kadar MgO kurang dari 5%. Pada daerah penelitian batugamping floatstone memiliki komposisi kimia CaO 53.45% dan MgO 0.40 % sehingga berdasarkan klasifikasi ASTM C150 batugamping floatstone masuk kedalam kategori semen portland tipe 1. Tipe semen yang tidak mempunyai syarat tertentu pada proses pembuatannya, proses solidifikasi dan pengembangan kekuatan.

#### 3.3.2 Campuran Dalam Proses Peleburan dan Pemurnian Baja

Pemanfaatan batugamping selanjutnya yaitu sebagai campuran dalam proses peleburan dan pemurnian baja. Standar penggunaan batukapur menurut pabrik baja didalam negeri, standar yang dikeluarkan di India serta standar dari dalam negeri lainnya seperti yang dikeluarkan literatur Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral (ESDM) dalam (Garinas, 2019) (Tabel 3).

**Tabel 3.** Standar Kualitas Batu Bahan Baku Kapur (dalam Garinas 2019)

No	Parameter	Kadar (%)		
		Standar Industri Logam Baja DN	Standar Literatur (ESDM)	Standar India
1	CaO	> 51,0	> 52	> 48
2	SiO <sub>2</sub>	< 1,2	> 4,0 (1,5-4)	< 1,5
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	> 0,9	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )= < 3	-
4	MgO	-	< 3,5	< 3
5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	< 0,65	-
6	P	-	< 0,10	-
7	Kadar Air	< 5	-	-

Keterangan: DN = Dalam Negeri

Hasil XRF daerah penelitian pada sampel batuan stasiun UP 15 (tabel 4.2) berdasarkan parameter komposisi kimianya, batugamping floatstone sampel UP 15 memenuhi kriteria sebagai campuran dalam proses peleburan dan pemurnian baja berdasarkan standar literatur dari Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, (Tabel 3).

### 3.3.3 Batuan Bahan Baku Bangunan

Untuk mengetahui kualitas dari batuan pada daerah penelitian dilakukan uji kuat tekan menggunakan alat compression mechine terhadap sampel yang telah dibentuk menjadi ukuran persegi dengan dimensi 5×5 cm<sup>2</sup>, dengan pace rate yaitu 1.500 kN/sec sampai batuan mencapai beban maksimum yang ditandai dengan hancurnya batuan tersebut. Hasil uji kuat tekan tersebut dapat diamati pada (Tabel 4).

**Tabel 4.** Hasil Uji Kuat Tekan Batugamping

No	Kode Sampel	Litologi	Berat (gr)	Dimensi		Luas Penampang (A) (cm <sup>2</sup> )	Pembacaan Manometer (P) (kN)	Kuat Tekan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )
				Lebar (cm)	Tinggi (cm)			
1	UP 6	Floatstone	270	5	5	25	17.3	70.49
2	UP 18	Floatstone	230	5	5	25	5.8	23.67
3	UP 15	Floatstone	254	5	5	25	8.0	32.63
4	UP 23	Batupasir Karbonat	330	5	5	25	3.6	14.68
5	UP 28	Floatstone	256	5	5	25	17.2	70.05

Pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium Beton PUPR Provinsi Gorontalo. Dari pengujian terhadap kelima sampel tersebut maka dapat diketahui bahwa kelima sampel memiliki kuat tekan yang berbeda-beda (Tabel 4). Akan tetapi, pada klasifikasi material beban berdasarkan kuat tekannya (Tabel 5), kelima sampel masuk kedalam kategori *very weak-weak* sehingga tidak

direkomendasikan untuk digunakan sebagai batuan yang dipakai dalam bahan baku bangunan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SSI.0378 – 80) karena memiliki kekerasan yang tidak cukup kuat (Tabel 6).

**Tabel 5.** Klasifikasi Matrial beban berdasarkan kekuatan tekannya

<i>Unconfined Compression Strenght Kg/cm<sup>2</sup></i>	<b>Term</b>
< 70	<i>Very Weak (VW)</i>
70 – 200	<i>Weak (W)</i>
200 – 700	<i>Medium Strong (MS)</i>
700 – 1400	<i>Strong (S)</i>
> 1400	<i>Very Strong (VS)</i>

**Tabel 6.** Syarat mutu batuan bahan bangunan menurut standar industri Indonesia (SSI.0378 – 80)

Penguujian	Pondasi Bangunan			Jenis Bangunan Beton Kontruksi			Tonggak Baru Tepi Jalan	Penutup Baru Tepi Jalan	Batu Hias atau Batu Tempel
	Bangunan Berat Tekan Gandar >7000kg	Bangunan Sedang Tekanan Gandar <7000kg	Bangunan Ringan Tekanan Gandar <3000kg	Jalan					
				Kontruksi Berat Beton Kelas III	Kontruksi Berat Beton Kelas II	Kontruksi Berat Beton Kelas I			
Kuat Tekan Batuan Mineral Minimum (kg/cm <sup>2</sup> )	1300	1000	800	1200	800	600	500	400	200

### 3.3.4 Bahan Campuran dalam pembuatan beton

Berdasarkan uji coba kuat tekan yang telah dilakukan, batugamping didaerah penelitian masuk kedalam kategori very weak- weak atau sangat lemah-lemah berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SSI.0378 – 80). Akan tetapi, pada proses pembuatan beton batugamping dapat dimanfaatkan sebagai sebagai agregat kasar maupun agregat halus untuk mengganti material seperti pasir atau kerikil. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Jubair 2022), penggunaan batugamping sebagai pengganti agregat dalam pembuatan campuran beton kekuatan tinggi dapat menghasilkan kekuatan tekan rata-rata beton yang tinggi. Selain itu, bubuk gamping juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi atau pengganti sebagian semen dalam campuran beton karena mengandung kalsium karbonat beserta silika, aluminium dan magnesia. Dalam Putro & Nurchasanah (2011) penambahan serbuk batugamping sampai 15 % memiliki kecenderungan peningkatan kuat tekan pada beton.

Penambahan batugamping memiliki keunggulan yaitu mengurangi biaya produksi, mengingat keterdapatannya batugamping pada daerah penelitian sangat berlimpah dibanding dengan agregat dari material lain. Akan tetapi, dalam campuran pembuatan beton harus dilakukan dengan hati-hati dan melalui pengujian untuk memastikan bahwa beton yang dihasilkan dari campuran batugamping memiliki kekuatan yang cukup dan memenuhi standar yang ditetapkan, sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut. Selain itu, masih banyak lagi pemanfaatan batugamping pada

sektor industri seperti industri kaca, bahan pemutih nira tebu (gula), penstabil jalan, pertanian, pembuatan karbid, bahan keramik dll tetapi perlu dilakukan analisis lebih lanjut.

#### 4. KESIMPULAN

Kondisi geologi daerah penelitian terdiri dari geomorfologi berupa perbukitan zona sesar, dataran denudasional struktur patahan dan dataran dasar danau. Daerah penelitian terbagi menjadi satuan fasies *floatstone*, satuan batupasir karbonatan *sandy micrit* dan satuan aluvial. Dari hasil analisis geokimia XRF pada sampel batuan Fasies batugamping *floatstone* UP15 memiliki komposisi lebih baik dibandingkan dengan batupasir karbonatan berdasarkan kandungan CaO nya. Batugamping *floatstone* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri semen, campuran dalam pemurnian baja, dan campuran dalam pembuatan beton. Disamping itu, dilakukan juga analisis kuat tekan pada masing-masing sampel sebagai syarat batuan bahan baku bangunan dan hasilnya yaitu sampel tersebut masuk kedalam kategori *very weak-weak* sehingga tidak direkomendasikan untuk digunakan sebagai batuan yang dipakai dalam bahan baku bangunan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SSI.0378 – 80).

#### 5. REFERENSI

- Ahmad, F., Permana, A.P., & Hutagalung, R. (2025). Density and Porosity Analysis of Limestone as a Groundwater Reservoir in Kayubulan Village, Gorontalo Regency. *Jambura Geoscience Review*, 7(1), 25-36. doi:<https://doi.org/10.37905/jgeosrev.v7i1.28250>
- Apandi, T. & Bachri, S., 1997. *Peta Geologi Lembar Kotamobagu*, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Ardiansyah, F., & Trsinaning, P. T. (2020). Analisis Uji Kuat Tekan Untuk Menentukan Kualitas Batuan Pada Area Tambang Pt. Semen Padang Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan Provinsi Sumatra Barat. *Geoda*, 1(2), 129-136.
- ASTM C-150, *Standard Specification for Portland Cement*, ASTM International.
- Brahmantyo, B. & Bando. 2006. Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (Landform) untuk Pemetaan Geomorfologi pada Skala 1:25.000 dan Aplikasinya untuk Penataan Ruang. *Jurnal Geoaplika*, V. 1 (2), p. 71-78.
- Bemmelen, R.W. (1949). *The Geology of Indonesia*. US Government Printing Office.
- 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>
- Departemen Pekerjaan Umum. (1980). Syarat mutu batuan bahan bangunan menurut Standar Industri Indonesia (SII 0378-80). Jakarta.
- Embry, A. F., and Klován, J. E. (1971). *A Late Devonian Reef Tract on Northeastern Banks Island, NWT*. Bull. Can. Petroleum Geol. Vol. 19. 730–781.
- Garinas, W. (2019). Karakteristik batu kapur dalam negeri untuk bahan baku pendukung pengolahan bijih besi/baja. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 1(1), 33-38.
- Hisyam, F., Permana, A. P., & Hutagalung, R. (2024). Analisis Porositas Batugamping Sebagai Reservoir Air Tanah Daerah Bintalahe, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 3(2), 99-112. <https://doi.org/10.37905/jage.v3i2.30311>
- Jubair (2022), Pemanfaatan Batu Gamping Enrekang Dalam Campuran Beton Kekuatan Tinggi, *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering – Vol.2, No.1, April 2022*. Makassar
- Kusdarto. (2006). *Prospek pemanfaatan lempung Danau Limboto sebagai bahan baku semen*. Buletin Sumber Daya Geologi. 1 (3): 30-34.
- Madiadipoera, T. (1990). *Bahan galian industri di Indonesia*. Direktorat Jenderal Sumber Daya Mineral RI.

- Mooduto, T., Permana, A., & Hutagalung, R. (2025). Porosity Value Analysis of Limestone as a Groundwater Reservoir in West Kaidundu Village, Bulawa Sub-District, Bone Bolango Regency. *Jambura Geoscience Review*, 7(1), 37-47. doi:<https://doi.org/10.37905/jgeosrev.v7i1.28313>
- Mount, J.F., 1985, Mixed Siliciclastic and Carbonate: A Proposed First-Order Textural and Compositional Classification. *Sedimentology*, pp.435- 442.
- Permana, A. P. (2018). Potensi batugamping terumbu Gorontalo sebagai bahan galian industri berdasarkan analisis geokimia XRF. *EnviroScientee*, 14(3), 174-179. <https://dx.doi.org/10.20527/es.v14i3.5688>
- Permana, A. P., Eraku, S. S., Hutagalung, R., & Suarno, R. R. (2023). Porosity Analysis of Limestone in the South Leato Region of Gorontalo City. *E3S Web of Conferences*, 400, 01010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340001010>
- Permana, A.P., Eraku, S.S., Nurfaika, Hutagalung, R., Suaib, A., Ahmad, F.A., & Wangi, A.V. (2025a). Limestone Potential on the Bone Bolango Coast as a Groundwater Reservoir Based on Porosity Quality Analysis. *Environment and Ecology Research*, 13(1), 77 - 87. <https://doi.org/10.13189/eer.2025.130107>
- Permana, A.P., Baderan, D.W.K., Hutagalung, R., & Ahmad, F.A., (2025b). Tectonic Geohistory of the Gorontalo Region Based in Foraminifera Fossil. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 3(471), 207–219. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-170X.471>
- Putro, G. B., & Nurchasanah, Y. (2011). Tinjauan Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Batu Gamping sebagai Bahan Tambah pada Campuran Beton.
- Sukandarrumidi, 1999. *Bahan Galian Industri*. Gadjah Mada University: Yogyakarta.