



Karakteristik Batugamping Formasi Wapulaka dan Pemanfaatannya sebagai Bahan Galian Industri di Desa Wuna, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara

Ali Okto ¹⁾, Masri ^{1,a)}, Marwan Zam Mili ²⁾, Hasria ¹⁾

¹⁾ Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Universitas Halu Oleo

²⁾ Teknik Pertambangan, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Universitas Halu Oleo

^{a)} E-mail: masri@uho.ac.id

ABSTRAK

Daerah penelitian merupakan kawasan karst yang tersusun atas batugamping terumbu berumur Plistosen. Secara administrasi, daerah penelitian terletak pada Desa Wuna, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara. Hamparan batugamping terumbu tidak hanya dapat dimanfaatkan dalam geokonservasi, namun juga sebagai bahan industri. Metode yang digunakan adalah metode lapangan geologi dan pekerjaan laboratorium dengan data luaran utama adalah deskripsi sayatan tipis batugamping dan kandungan senyawa mayor batugamping. Pengolahan data lapangan menggunakan analisis petrografi dalam pemerian batuan dan analisis geokimia senyawa mayor untuk mengetahui jenis pemanfaatan batugamping. Batugamping dijumpai pada satuan perbukitan karst dan pedataran. Litologi penyusun berupa *wackestone* dan *packstone* yang kaya akan fragmen *bioclast*, kalsit, aragonit, mineral sekunder, dan porositas yang intens. Batugamping didominasi oleh CaO (kalsium oksida) dengan kadar rata-rata 94,44%. Beberapa sampel memiliki kadar MgO (magnesium oksida) tinggi hingga mencapai 4,4% yang mengindikasikan proses dolomitisasi. Data geokimia menunjukkan batugamping dapat digunakan untuk berbagai keperluan bahan industri seperti: industri semen, bata silika, soda abu, karbit, dan pemurnian baja. Batugamping *packstone* dan *wackestone* untuk bahan industri dicirikan oleh kelimpahan lumpur karbonat dan aragonit, serta minimnya mineral sekunder.

Kata Kunci: Pemanfaatan batugamping, bahan industri, geokimia, Wapulaka, Muna.

ABSTRACT

The research area is karst composed of Pleistocene limestone, administratively in Wuna Village, Muna Regency, Southeast Sulawesi. The expanse of coral reefs can be applied in geo conservation and as an industrial material. The method applied is a preliminary method with qualitative and quantitative data. Field data processing uses petrography analysis in limestone classification and geochemical analysis with XRF to determine limestone as industry material. The research area consists of karst hills and karst plain. Lithologies comprise wackestone and packstone. Wackestone and packstone are rich in bioclast fragments, calcite, aragonite, secondary minerals, and intense porosity. Limestone is dominated by CaO (calcium oxide) with an average content of 94.44%. Some samples have high MgO (magnesium oxide) up to 4.4% which shows the dolomitization. Geochemical data show limestone can be used for various industrial materials, such as cement industry, silica brick, soda ash, carbide, and steel refining. Packstone and wackstone for industrial materials are characterized by an abundance of mud calcite and aragonite, as well as a lack of secondary minerals.

Keywords: limestone usage, industry materials, geochemistry, Wapulaka, Muna

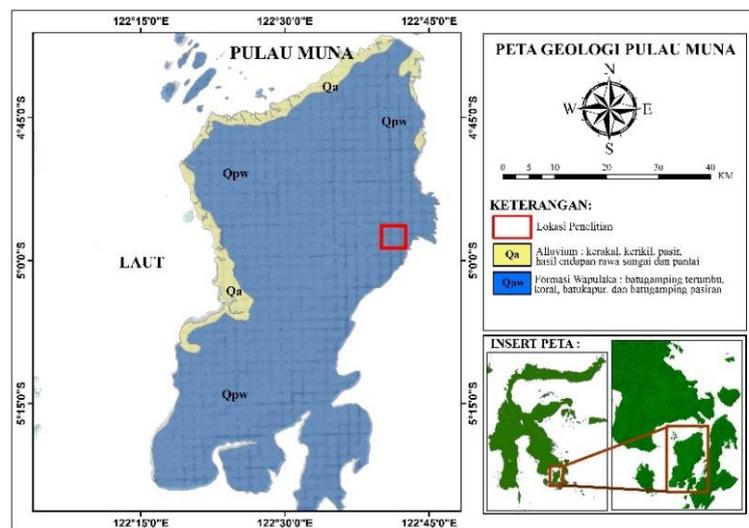
I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi batugamping yang sangat besar dan hampir tersebar merata di seluruh kepulauan Indonesia. Akan tetapi data yang pasti mengenai jumlah sumberdaya batugamping tersebut belum ada, namun berdasarkan sebaran peta geologinya, potensi batugamping yang terdapat di Indonesia diperkirakan sekitar 28,678 miliar ton (Permana, 2018). Di lengan tenggara pulau Sulawesi, batugamping hadir sebagai batuan pratersier maupun batuan kuartar yang tersebar hampir di seluruh wilayah. Batugamping yang umumnya hadir berupa batugamping terumbu, batugamping klastik, batugamping kristalin, beberapa di antaranya telah mengalami rombakan membentuk kalkarenit, napal, dan batupasir karbonatan (Rusmana dkk., 1993; Sikumbang dkk., 1995).

Daerah penelitian merupakan kawasan karst yang tersusun atas batugamping Formasi Wapulaka berumur Kuartar (Qpw) yang terletak di daerah Wuna, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara (**Gambar 1**). Formasi Wapulaka terdiri dari batugamping terumbu yang dicirikan dengan bentukan teras-teras karst dari hasil pengangkatan pada blok besar yang diendapkan pada lingkungan pengendapan laut dangkal, neritik dalam, dan terumbu atau dekat terumbu. Batuan penyusunnya terdiri dari batugamping koral memperlihatkan undak-undak pantai purba dan topografi karst, endapan

hancuran terumbu, batukapur, batupasir gampingan, kaya foraminifera plankton. Formasi ini merupakan formasi yang termuda yang berumur Plistosen (Davidson, 1991).

Batugamping merupakan salah satu jenis bahan galian mineral industri yang komposisi utamanya adalah mineral karbonat. Mineral dapat berupa kalsit (CaCO_3), dolomit (MgCO_3), dan beberapa mineral sekunder lain seperti siderit dan rodokrosit. Jika batugamping memiliki kandungan kalsium yang tinggi dibanding magnesium maka kualitasnya baik untuk digunakan sebagai baku bahan industri semen sebaliknya jika kalsium memiliki kadar rendah sedangkan kadar magnesium tinggi maka kualitasnya buruk sebagai bahan baku industri semen, namun cocok digunakan sebagai bahan bangunan. Kadar magnesium tinggi berdampak pada proses pengerasan, karena tidak dapat terikat oleh unsur lain dalam semen. Batugamping yang mengandung CaO (kalsium oksida) lebih dari 50% sangat baik digunakan untuk bahan bangunan dalam bentuk semen (Santika dan Mulyadi, 2017). Selain sebagai semen, batugamping juga dapat digunakan sebagai industri kaca, pembuatan soda abu peleburan dan permunian baja, bahan pemutih dalam industri kertas dan karet, serta digunakan sebagai pupuk kapur tohor untuk pertanian. Sumberdaya batugamping cukup besar sehingga pengembangan industri pertambangannya memiliki prospek yang sangat baik (Suhala dan Arifin, 1997), khususnya pada Pulau Muna dengan hamparan batugamping yang sangat luas.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian (modifikasi Sikumbang dkk., 1995)

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik petrologi dan geokimia batugamping, serta rekomendasi pemanfaatannya sebagai bahan industri. Karakteristik batugamping daerah penelitian diidentifikasi dengan analisis petrografi (Tucker, 2001; Scholle dan Scholle, 2003) untuk mengetahui komposisi penyusun batugamping, sedangkan karakteristik geokimia kandungan senyawa batugamping diidentifikasi menggunakan XRF dengan prioritas pada senyawa CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan CaCO_3 (Widiarso dkk., 2018). Berdasarkan berbagai parameter analisis ini, batugamping pada Daerah Wuna, Pulau Muna juga dapat dilakukan pengembangan industri batugamping, berdasarkan jenis pemanfaatan industri yang paling cocok berdasarkan kriteria Suhala dan Arifin (1997).

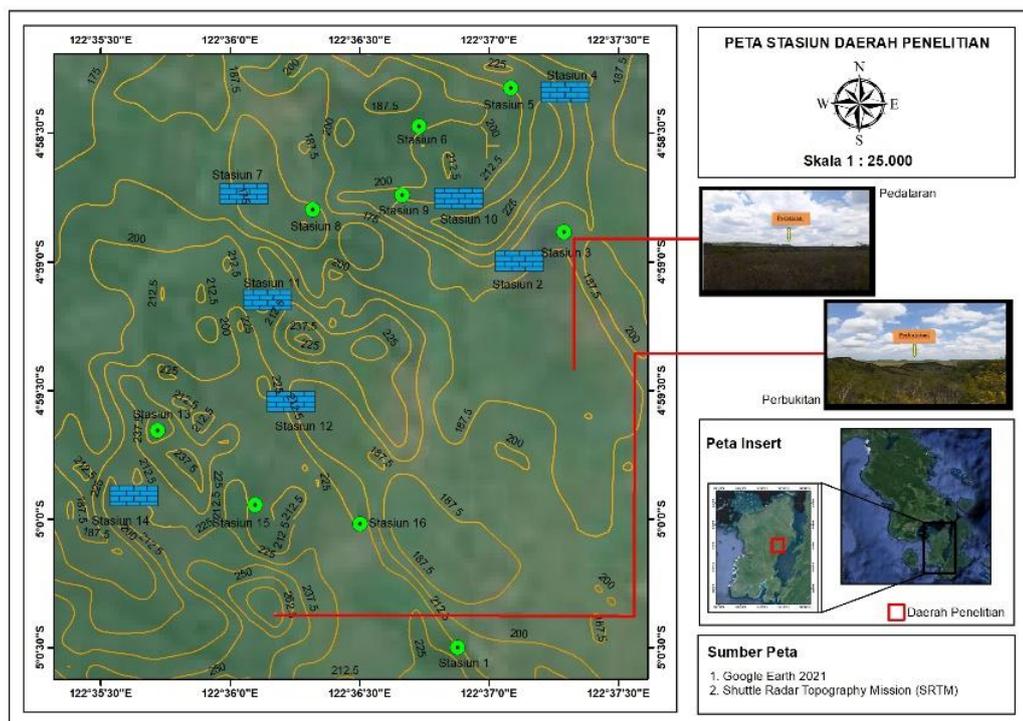
II. METODE PENELITIAN

Secara administrasi, daerah penelitian termasuk dalam Desa Wuna, Kecamatan Tongkuno, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara. Akses pada lokasi dapat melalui kendaraan bermotor ± 2 jam dari Kota Raha, Ibukota Kabupaten Muna. Metode dalam penelitian ini adalah metode lapangan geologi dan pekerjaan laboratoirum yang disertai pengumpulan data kualitatif dan kuantitatif. Pengumpulan data kualitatif dilakukan melalui pemetaan geologi dengan lintasan tersistematis. Data luaran berupa sebaran batugamping, kedudukan perlapisan, dan pemerian detail batuan secara megaskopik. Pada laboratorium, metode penelitian yang dilakukan yaitu analisis petrografi dan analisis geokimia X-Ray Fluoresence (XRF) Niton portabel. Analisis petrografi dilakukan pada Laboratorium Teknik Geologi Universitas Halu Oleo. Analisis ini dilakukan dengan mendeskripsi delapan sampel sayatan tipis batugamping pada mikroskop polarisasi. Pada analisis petrografi secara kualitatif, deskripsi mencakup komposisi batugamping (*skeletal* dan *nonskeletal grain*), mikrit, sparit, tekstur dan struktur pada sayatan tipis (Flugel, 2009). Pemerian batuan menggunakan Klasifikasi Dunham (Boggs, 2014). Penggunaan *blue dye* juga diperlukan untuk mengidentifikasi tipe porositas yang berkembang pada sayatan tipis. Untuk analisis geokimia XRF dilakukan di Laboratorium Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Malang. Analisis XRF dengan luaran data kuantitatif digunakan untuk mengetahui senyawa mayor batugamping, berupa komposisi silika oksida

(SiO₂), kalsium oksida (CaO), ferioksida (Fe₂O₃), magnesium oksida (MgO), kalsium karbonat (CaCO₃), dan tembaga oksida (CuO). Hasil analisis XRF akan dapat digunakan menentukan kualitas batugamping sebagai bahan industri (Kusdarto, 2006; Widiarso dkk., 2018). Berdasarkan karakteristik petrologi dan geokimia senyawa mayor yang telah diperoleh, dievaluasi dengan kriteria pemanfaatan industri. Jenis litologi dan pemanfaatan bagi industri juga diulas untuk memberikan informasi yang lebih detail.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah penelitian tersusun atas perbukitan karst dan pedataran. Perbukitan karst menunjukkan relief perbukitan bergelombang yang tersusun oleh *packstone* dan *wackestone*, sedangkan satuan pedataran tersusun atas endapan alluvium dan rombakan batugamping berukuran lempung berpasir hingga pasir dengan tesktur granular. Pelapukan terjadi cukup intens dengan pembentukan tanah penutup dengan ketebalan hingga 2 meter. Batugamping *wackestone* yang representatif digunakan dalam pengamatan petrografi dan analisis geokimia dijumpai pada singkapan ST 4, ST 11, dan ST 14, sedangkan batugamping *packstone* dijumpai pada singkapan ST 2, ST 7, ST 10, dan ST 12 (**Gambar 2**).



Gambar 2. Sebaran Stasiun Singkapan Batugamping pada Daerah Penelitian

3.1. Karakteristik Petrologi Batugamping

Berdasarkan pengamatan lapangan, deskripsi megaskopik dijumpai batugamping *wackestone* dan *packstone*. Hasil deskripsi megaskopik ini juga diperkuat oleh deskripsi petrografi menggunakan sayatan tipis pada tujuh sampel yang dipilih secara sistematis mewakili keseluruhan litologi (**Tabel 1**). *Wackestone* adalah jenis batugamping organik dan klastik yang tersusun atas dominasi lumpur oleh mikrit dan sparit. Fragmen umumnya *skeletal* dan *nonskeletal grain* yang mengambang di antara matriks. Batuan ini terbentuk pada fasies koral berarus rendah dan tenang, seperti pada daerah lagonal dan *back reef* (Tucker, 2001). *Wackestone* dicirikan dengan kelimpahan mikrit dan sparit, kehadiran siderit akibat substitusi atom kalsium oleh atom besi, dan agregat kalsit dalam mikrit (**Gambar 3**). *Packstone* adalah jenis batugamping organik dan klastik yang tersusun atas dominasi butiran yang dapat berupa fosil, mineral, dan *skeletal grain* lainnya yang juga dibatasi dengan mikrit dan sparit. Berbeda dengan *wackestone*, butiran pada *packstone* saling bersinggungan membentuk kemas tertutup. Tekstur ini menunjukkan dominasi fragmen yang berasal dari *supply sediment* yang besar. *Packstone* terbentuk pada *reef flat* yang merupakan pucuk terumbu maupun terbentuk pada *fore reef* yang berinteraksi dengan arus dan gelombang laut (Flügel, 2009). Pada *packstone* juga dijumpai fosil *red algae* dengan sortasi yang buruk dan kemas terbuka. Mineral aragonit juga dijumpai setempat pada tubuh *red algae* dan *molusca* yang telah mengalami deformasi (**Gambar 4**).

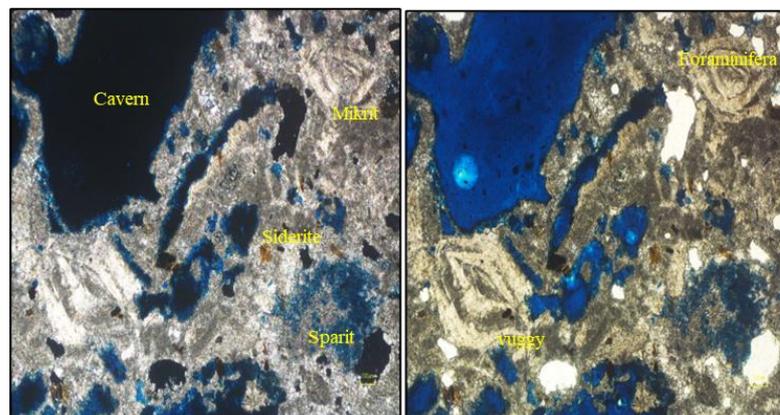
Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Analisis Petrografi *Wackestone* dan *Packstone* pada Daerah Penelitian

Sampel	Skeletal grain	Nonskeletal grain	Mikrit	Sparit	Pori	Mineral lain
ST-2 <i>Packstone</i>	Foraminifera bentonik dan pecahan <i>molusca</i>	Kalsit dan aragonite	Agregat aragonite	Lumpur karbonatan autogenik	<i>Cavern</i>	Hematite
ST-4 <i>Wackestone</i>	Foraminifera dan <i>molusca</i>	Kalsit dan dolomit	Agregat kalsit	Lumpur karbonatan autogenik	<i>Vuggy</i> dan intrapartikel	-
ST-7 <i>Packstone</i>	Foraminifera dan <i>red algae</i>	Aragonite	Agregat kalsit	Lumpur karbonatan autogenik	intrapartikel	-
ST-10 <i>Packstone</i>	<i>Red algae</i> dan <i>molusca</i>	Aragonite dan kalsit	Agregat kalsit	Lumpur karbonatan autogenik	<i>Vuggy</i> dan <i>shelter</i>	-
ST-11 <i>Wackestone</i>	Sedikit fragmen foraminifera	Kalsit	Agregat aragonite	Lumpur karbonatan autogenik	<i>Vuggy dan cavern</i>	Siderite dan glaukofan
ST-12 <i>Packstone</i>	Foraminifera dan <i>red algae</i>	Kalsit dan aragonite	Agregat aragonite	Lumpur karbonatan autogenik	Interpartikel dan <i>shelter</i>	-
ST-14 <i>Wackestone</i>	<i>Molusca</i>	Kalsit dan aragonite, dengan sedikit dolomit	Agregat kalsit	Lumpur karbonatan autogenik	<i>Cavern</i>	-

Sumber: olahan data primer, 2020

3.2. Karakteristik Geokimia Batugamping

Sebanyak 8 sampel batugamping diuji kandungan senyawa mayor dengan menggunakan XRF. Ditentukan beberapa kandungan unsur yang terdiri dari senyawa magnesium oksida (MgO), kalsium karbonat (CaO), ferrioksida (Fe₂O₃), tembaga oksida (CuO), lutetium oksida (Lu₂O₃), molibdenum trioksida (MoO₃), ytterbium oksida (Yb₂O₃) dan stronsium oksida (SrO) serta kalsit (CaCO₃) yang dihasilkan melalui analisis titrasi. Senyawa oksida dominan yang dominan pada setiap sampel yaitu senyawa CaO, Fe₂O₃, CuO dan MgO sedangkan senyawa SrO dan lainnya hanya terdapat pada beberapa sampel saja. Senyawa CaCO₃ ditemukan dengan persentase signifikan pada sampel ST-2, ST-7, dan ST-14 (**Tabel 2**). Selain senyawa oksida utama penyusun batugamping, juga dapat diperoleh kadar rata-rata dari masing-masing unsur. MgO memiliki kadar rata-rata berkisar 2.82%, CaO berkisar 94.44%, Fe₂O₃ berkisar 0.34%, CuO berkisar 0.12%, Lu₂O₃ sebesar 0.122%, MnO₃ sebesar 0.43%, Yb₂O₃ sebesar 0.4% dan SrO berkisar 0.2%, serta rata-rata senyawa CaCO₃ berkisar 46.2%.



Gambar 3. Sayatan Tipis Pada Sampel *Wackestone* pada ST-11



Gambar 4. Kehadiran Berbagai *Skeletal Grain* dan Porositas *Packstone* pada ST-7

Tabel 2. Hasil Analisis Geokimia XRF pada Batugamping Terumbu
 Komposisi

No	Stasiun	Komposisi								
		CaO	MgO	CuO	Fe ₂ O ₃	Lu ₂ O ₃	SrO	MoO ₃	Yb ₂ O ₃	CaCO ₃
1	ST. 2	98.87	n.d	0.03	0.9	0.18	n.d	n.d	n.d	52.43
2	ST. 4	91.45	4.4	0.04	0.29	0.08	n.d	n.d	0.39	n.d
3	ST. 7	93.23	2.4	0.04	0.26	0.1	n.d	0.5	0.42	43.23
4	ST. 10	94.53	1.6	0.03	0.21	0.14	n.d	0.41	n.d	n.d
5	ST. 11	99.2	0.56	0.03	0.14	n.d	n.d	0.39	n.d	n.d
6	ST. 12	92.77	3.2	0.05	0.45	n.d	0.2	n.d	n.d	n.d
7	ST. 14	91.76	4.4	0.56	0.37	n.d	0.21	n.d	0.41	n.d
8	ST.16	93.74	3.2	0.44	0.14	0.11	n.d	n.d	n.d	44.21
Rata-rata		94.44	2.82	1.22	0.345	0.122	0.2	0.43	0.4	46.2

Sumber: olahan data primer, 2020

Senyawa CaO hadir sebagai senyawa utama penyusun batugamping yang berasal dari air laut dan terkandung dalam batugamping pada saat proses presipitasi berlangsung. Kehadiran stronsium (Sr) dapat diinterpretasikan berasal dari material klastik *alochthon* dalam proses diagenesis. Umumnya, stronsium (Sr) ini merupakan unsur jejak pada penyusun batugamping dalam bentuk kation, dan sangat mudah terlarut dalam air laut, sehingga dengan mudah terikat oleh struktur kristal mineral karbonat pada saat pembentukan batugamping. Kehadiran unsur besi (Fe) pada batugamping merupakan unsur minor pada penyusun batugamping dalam bentuk senyawa maupun kation dan umumnya dibawa oleh material nonkarbonat yang berasal dari material klastik melalui proses diagenesis.

Berdasarkan analisis sayatan tipis (petrografi) ditemukan beberapa sayatan tipis yang mengandung mineral dolomit (lihat **Tabel 1** dan **Gambar 4**). Batugamping mengandung kadar oksida tinggi. Dolomitisasi terjadi setelah proses diagenesis berlangsung. Mineral dolomit sebagian menggantikan semen-semen kalsit menjadi kristal-kristal dolomit dan juga hadir menutupi pori. Kehadiran senyawa MgO hingga 4,4% menunjukkan bahwa mineral pada batugamping termasuk dalam *high Mg-calcite* yang dicirikan dengan pengkayaan magnesium (Boggs, 2009).

Tingginya kandungan CaO pada batugamping disebabkan oleh komposisi batugamping tersebut yang didominasi oleh cangkang-cangkang fosil baik dari foraminifera bentonil maupun foraminifera planktonik serta pecahan-pecahan fosil *red algae* dan moluska. Butiran-butiran skeletal tersebut umumnya mengandung lumpur karbonat yang sebagian besar telah mengalami rekristalisasi dan menjadi sparit kalsit (CaCO₃). Selain itu juga, tingginya komposisi CaO pada batugamping merupakan prospek yang sangat besar untuk pemanfaatannya yang digunakan sebagai bahan galian industri.

3.3. Pemanfaatan Batugamping

Batugamping dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, baik kebutuhan industri maupun rumah tangga. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan adalah kekompakan dan tekstur, kehadiran mineral sekunder, dan hadirnya unsur pengotor pada kandungan beberapa jenis senyawa tertentu pada batugamping (Sukandarrumidi, 2016). Batugamping untuk keperluan bahan bangunan harus memiliki kandungan CaO dan MgO minimum 95%, sedangkan batugamping pada industri semen memerlukan CaO pada kisaran 50-55% dengan kadar MgO maksimum sebesar 2% (Santika dan Mulyadi, 2017). Umumnya beberapa senyawa utama yang digunakan sebagai nilai ambang adalah CaO, CaCO₃, MgO, Fe₂O₃, dan SiO₂ (Suhala dan Arifin, 1997).

Batugamping pada lokasi penelitian dapat digunakan dalam berbagai keperluan (**Tabel 3**). Beberapa di antaranya dapat digunakan pada industri semen, bata silika, karbit, pemurnian baja, bahan baku pertanian, dan penyaring air. Beberapa karakteristik batugamping yang sangat ekonomis dalam berbagai keperluan diperoleh baik pada *wackestone* maupun *packstone*, dengan karakteristik utama kaya akan lumpur karbonatan pada mikrit dan sparit, memiliki *skeletal grain* yang melimpah yang kaya akan aragonit, dan belum mengalami proses oksidasi yang intens, ditandai dengan minimnya kehadiran mineral sekunder dan dolomitisasi.

Tabel 3. Pemanfaatan Batugamping pada Daerah Penelitian berdasarkan Data Geokimia

No	Stasiun	Komposisi				Pemanfaatan	Karakteristik Litologi
		CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	CaCO ₃		
1	ST. 2	98.87	n.d	0.9	52.43		<i>Packstone</i> dengan bioclasct dan vuggy yang intens
2	ST. 4	91.45	4.4	0.29	n.d	Bata silika	<i>Wackestone</i> dengan mikrit kalsit dan dolomitisasi sparit
3	ST. 7	93.23	2.4	0.26	43.23	Bata silika, pemurnian baja	<i>Packstone</i> dengan <i>bioclasct</i> dan <i>cavern</i> yang intens
4	ST. 10	94.53	1.6	0.21	n.d	Industri semen, bata silika, karbit, pemurnian baja	<i>Packstone</i> dengan banyak <i>skeletal grain</i> dan aragonite, tanpa kehadiran dolomit
5	ST. 11	99.2	0.56	0.14	n.d	Industri semen, bata sika, soda abu, karbit, pemurnian baja,	<i>Wackstone</i> dengan kelimpahan lumpur karbonat, tanpa proses dolomitisasi
6	ST. 12	92.77	3.2	0.45	n.d	Bata silika, pemurnian baja	<i>Packstone</i> dengan bioclasct dan mikrit aragonite dan dolomitisasi
7	ST. 14	91.76	4.4	0.37	n.d	Bata silika	<i>Wackestone</i> dengan pecahan bioclast dan hadirnya dolomit
8	ST.16	93.74	3.2	0.14	44.21	Bata silika, pemurnian baja	<i>Wackestone</i> dengan mikrit dan sparit kalsit
Rata-rata		94.44	2.82	0.345	46.2		

Sumber: olahan data primer, 2020

IV. KESIMPULAN

Batugamping pada daerah penelitian berupa *wackestone* dan *packstone*. *Wackestone* dicirikan dengan kelimpahan mikrit dan sparit yang tersusun atas lumpur karbonatan. Berfragmen *skeletal* dan *nonskeletal grain* yang mengambang di antara matriks. *Skeletal grain* berupa foraminifera dan moluska, sedangkan *nonskeletal grain* berupa aragonit dan kalsit. Di beberapa sampel juga dijumpai kehadiran dolomit. Batuan ini terbentuk pada fasies koral berarus rendah dan tenang, seperti pada daerah lagonal dan *back reef*. Berbeda dengan *wackestone*, butiran pada *packstone* saling bersinggungan membentuk kemas tertutup yang terbentuk pada *reef flat* dan *fore reef* yang tersusun atas foraminifera, *red algae*, dan moluska yang disusun oleh aragonit dan kalsit. Kedua batuan menunjukkan kehadiran tipe porositas yang bervariasi. Data geokimia menunjukkan kelimpahan kandungan CaO, MgO, Fe₂O₃, dan CaCO₃. Batugamping pada lokasi penelitian dapat digunakan pada industri semen, bata silika, karbit, pemurnian baja, bahan baku pertanian, dan penyaring air yang dijumpai baik pada *wackestone* dan *packstone* dengan karakteristik utama kaya akan lumpur karbonatan, *skeletal grain* yang melimpah yang kaya akan aragonit.

DAFTAR PUSTAKA

- Boggs, S. (2009). *Petrology of sedimentary rocks* (2 ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626487>
- Boggs, S. (2014). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy* (5 ed.). Pearson Education Limited.
- Davidson, J. W. (1991). The geology and prospectivity of Buton Island, S.E. Sulawesi, Indonesia. *Proceedings Indonesian Petroleum Association Twentieth Annual Convention*, 210–216.
- Flügel, E. (2009). *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation, and Application* (2 ed.). Springer.
- Kusdarto. (2006). Prospek pemanfaatan lempung Danau Limboto sebagai bahan baku semen. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 1(3), 30–34.
- Permana, A. (2018). Potensi batugamping terumbu Gorontalo sebagai bahan galian industri berdasarkan analisis geokimia XRF. *EnviroScientiae*, 14(3), 174–179. <https://doi.org/10.20527/es.v14i3.5688>
- Rusmana, E., Sukido, Sukarna, D., Haryono, E., & T. O. Simandjuntak. (1993). *Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi, skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Santika, A. W., & Mulyadi, D. (2017). Geokimia batugamping daerah Montong, Tuban, Jawa Timur. *RISSET Geologi dan Pertambangan*, 27(2), 227–238. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2017.v27.493>
- Scholle, P. A., & Scholle, D. S. U. (2003). *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis*. American Association of Petroleum Geologists.
- Sikumbang, N., Sanyoto, P., Supandjono, R. J. B., & Gafoer, S. (1995). *Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Suhala, S., & Arifin, M. (1997). *Bahan galian industri*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Sukandarrumidi. (2016). *Bahan galian industri* (4 ed.). UGM Press.
- Tucker, M. E. (2001). *Sedimentary Petrology: An Introduction to the origin of Sedimentary Rocks* (3 ed.). Blackwell Science.
- Widiarso, D. A., Kusuma, I. A., & Fadhlillah, A. P. (2018). Penentuan potensi sumberdaya batugamping sebagai bahan baku Semen Daerah Gandu dan Sekitarnya, Kecamatan Bogorejo, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. *Teknik*, 38(2), 92–98. <https://doi.org/10.14710/teknik.v38i2.13213>