

ANALISIS KOMPOSISI KIMIA BATUGAMPING DI DAERAH LEANG-LEANG KABUPATEN MAROS

Cici Apriani Asnur¹, Muhammad Idris Juradi^{1}, Mubdiana Arifin¹*

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia,

*Corresponding author: muhidris.juradi@umi.ac.id

SARI

Kelurahan Leang-leang yang berada di Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi cadangan batugamping. Identifikasi mengenai kandungan batugamping di Daerah Leang-leang belum ada yang melakukan sehingga perlu untuk mengetahui komposisi kimianya, sehingga dapat dimanfaatkan lebih optimal dan bernilai ekonomis lebih tinggi apabila diolah menjadi kalsium karbonat presipitat. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk menganalisis kandungan kalsium (Ca) dan kalsium oksida (CaO) yang terdapat di dalam batugamping. Metode analisis data yang digunakan adalah analisis kuantitatif deskriptif dengan cara mendeskripsikan data numerik hasil uji komposisi kimia menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Hasil dari penelitian didapatkan kandungan kalsium (Ca) rata-rata diatas 30% yaitu 36,91 – 37,96 %Wt sedangkan kandungan kalsium oksida (CaO) rata-rata diatas 50% yaitu 52,73 – 54,23 %Wt. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa kualitas Ca dan CaO pada batugamping di daerah penelitian memiliki kualitas tinggi (*high grade limestone*) sehingga dapat dijadikan sebagai bahan dasar kalsium karbonat presipitat.

Kata Kunci: batugamping; *X-Ray Fluorescence* (XRF); kualitas tinggi; karbonat presipitat ;

ABSTRACT

Leang-leang Village, which is located in Bantimurung District, Maros Regency, is one of the areas that has the potential for limestone reserves. Identification of the limestone content in the Leang-leang area has not been carried out yet, so it is necessary to know its chemical composition, so that it can be utilized more optimally and has higher economic value when processed into calcium carbonate precipitate. The purpose of this study was to analyze the content of calcium (Ca) and calcium oxide (CaO) contained in limestone. The data analysis method used is descriptive quantitative analysis by describing the numerical data of the chemical composition test results using X-Ray Fluorescence (XRF). The results of the study showed that the average calcium (Ca) content was above 30%, namely 36.91 – 37.96% Wt, while the average calcium oxide (CaO) content was above 50%, namely 52.73 – 54.23% Wt. From the results of the study it was concluded that the quality of Ca and CaO in the limestone in the study area is of high quality (high grade limestone) so that it can be used as a basic ingredient of calcium carbonate precipitate.

Keyword: limestone; *X-Ray Fluorescence* (XRF); high grade limestone; carbonate precipitate

PENDAHULUAN

Salah satu daerah yang memiliki potensi mineral tambang khususnya batu kapur yang cukup menonjol adalah Kabupaten Bangkalan. Identifikasi dan analisis komposisi kimia pada beberapa lokasi di Kabupaten Bangkalan telah dilakukan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi kimia. Hasil dari analisis batu kapur dari Desa Jeddih Kecamatan Socah dan Desa Morombuh Kecamatan Kwanyar berwarna putih dan memiliki partikel yang halus. Sedangkan dari Desa Berbeluk Kecamatan Arosbaya berwarna peach (merah muda kekuningan) dan memiliki partikel yang kasar. Hasil pengujian dengan menggunakan XRF batu kapur menunjukkan bahwa di Desa Jeddih Kecamatan Socah kandungan Ca sebesar 94,05 %Wt dengan

CaO sebesar 92,80 %Wt, Desa Morombuh Kecamatan Kwanyar kandungan Ca sebesar 95,07 %Wt dengan CaO sebesar 91,61 %Wt dan Desa Berbeluk Kecamatan Arosbaya Ca sebesar 85,80 %Wt dengan CaO sebesar 84,50 %Wt. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sampel batu kapur yang berasal dari Desa Jeddih Kecamatan Socah dan Desa Morombuh Kecamatan Kwanyar termasuk dalam kemurnian medium dengan kandungan Ca antara 93,5 – 97 %Wt, sedangkan untuk Desa Berbeluk Kecamatan Arosbaya termasuk dalam kategori kemurnian rendah dengan kandungan Ca antara 85,0 – 93,5 %Wt. Batu kapur dengan kandungan medium dapat digunakan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya, salah satunya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kalsium karbonat presipitat (Munawaroh dkk, 2017).

Kekayaan alam yang cukup melimpah di Indonesia yaitu batugamping atau batu kapur. Batugamping banyak digunakan untuk kepentingan industri sebagai bahan baku. Penelitian yang bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kualitas kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) batugamping sebagai bahan baku pembuatan marmer telah dilakukan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode gravimetri yang dilakukan dengan cara menimbang parameter massa gelas kimia kosong, massa sampel dan massa gelas kimia + larutan HCl 2N sebagai massa akhir setelah terjadi reaksi. Sampel yang digunakan terdiri dari dua blok yaitu blok 1 pada titik koordinat lokasi 4048' - 4051 LS dan 119037' BT dan blok 2 pada titik koordinat lokasi 4047 - 4051 LS dan 119037' - 119039' BT. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik chip sampling dengan menggunakan palu dan pahat. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata kadar (CaCO_3) pada dua titik pengambilan sampel diperoleh masing-masing sebesar 85,5307 % dan 84,6897 %. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kadar (CaCO_3) pada batugamping memenuhi persyaratan Standar Industri Indonesia (SII) yaitu di atas 50 % yang berarti titik pengambilan sampel di Kelurahan Bontoa Kecamatan Minasate'ne Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan marmer (Amir A, 2021)

Industri semen tengah gencar dikembangkan di Indonesia saat ini guna memenuhi kebutuhan infrastruktur, sehingga eksplorasi batugamping sebagai bahan baku semen sedang intens dilakukan. Daerah Waangu-angu Kabupaten Buton Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan salah satu daerah yang prospek untuk eksplorasi batugamping. Hal ini dikarenakan kondisi geologi daerah penelitian yang didominasi oleh batuan sedimen, khususnya batugamping. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas dari batugamping di daerah penelitian. Metodologi penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu terdiri dari pengambilan data di lapangan, analisa laboratorium dan interpretasi peta. Berdasarkan hasil analisa XRF, dapat diketahui bahwa keseluruhan sampel pada 3 stasiun pengamatan menunjukkan kandungan CaO yang cukup tinggi yakni mencapai 55% sehingga batugamping pada daerah penelitian dapat dikategorikan ke dalam batugamping kualitas tinggi (high grade limestone) karena memiliki kandungan CaO >48%. Sedangkan dari hasil interpretasi peta dapat diketahui arah sebaran umum batugamping di daerah penelitian adalah relatif ke arah timur laut-barat daya. Batugamping pada daerah penelitian memiliki kualitas yang tinggi (high grade limestone) sehingga baik digunakan sebagai bahan baku semen dan arah sebarannya relatif ke arah timur laut-barat daya (Wakila, M.H, dkk, 2021).

Beberapa wilayah di Indonesia terdapat tanah yang kaya akan batugamping sehingga membentuk bongkahan besar menyerupai gunung gamping (perbukitan karst), misalnya di bagian barat laut Kalimantan Timmur, Sumatera Barat, Jepara, Jawa Tengah dan beberapa daerah di Kepulauan Sulawesi. Penelitian terkait karakterisasi kandungan mineral dan unsur penyusun batugamping pada PT. Semen Tonasa telah dilakukan. Sampel batugamping diambil dari 5 blok dengan ketinggian yang berbeda pada setiap bloknnya kemudian diambil sampel sebanyak 6 titik pada masing-masing blok. Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan pengamatan terhadap sifat fisik dan pengujian terhadap sifat kimia menggunakan uji XRF dan XRD. Hasil yang diperoleh yaitu kandungan unsur yang terdapat pada batugamping yaitu Ca, Si, Al, Mg, Fe, K, S dan Na sedangkan kandungan mineral dari batugamping yaitu CaO , SiO_2 , MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , SO_3 dan Na_2O . Sifat fisik yang diperoleh yaitu warna segar putih dan abu, warna lapuk putih kecoklatan, tekstur batuan berongga, tak berongga, mudah lapuk dan tidak mudah lapuk, tingkat kekerasan atau memiliki nilai HGI berada pada rentang antara 60-77 serta kandungan fosil yang berbeda-beda (Laraebi, G. 2017).

Batugamping termasuk golongan dalam jenis batuan sedimen yang terbentuk akibat adanya proses sedimentasi. Penelitian mengenai analisis kualitas batugamping quarry dan tepung kalsium karbonat hasil produksi PT. Sugih Alam Nugroho telah dilakukan. Pengujian kadar air dianalisis dengan menggunakan alat *infrared moisture* determination balance bertujuan untuk mengetahui berapa persen kandungan air yang terdapat dalam batugamping dan tepung kalsium karbonat. Pengujian derajat keputihan dianalisis dengan menggunakan alat reflectometer. Pengujian residu dilakukan dengan menimbang berat setelah proses pengeringan dengan oven. Hasil dari penelitian ini batugamping yang berasal dari gunung dan stockpile melebihi standar yang ditetapkan dan batugamping yang berasal dari umpan crushing dan grinding telah lolos pengujian karena memiliki kadar air yang rendah. Pengujian tepung kalsium karbonat hasil produksi telah lolos pengujian kualitas dengan kandungan kadar air <0,03 %, derajat keputihan >89,6 % dan berat residu (+800 mesh) <0,05 % sesuai dengan standar kualitas batugamping dan tepung kalsium karbonat yang telah ditetapkan oleh perusahaan sehingga dapat dilakukan proses pengepakan dan pemasaran (Wahyuningsih, T., dkk, 2022)

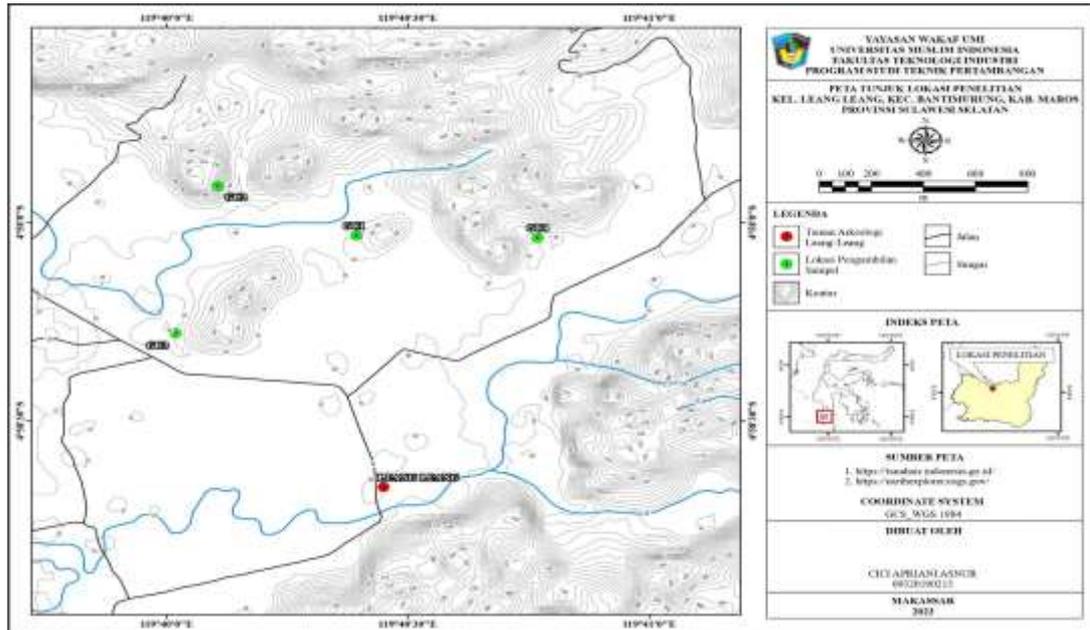
Batu kapur merupakan salah satu bahan tambang yang banyak terdapat di Indonesia. Identifikasi mengenai karakterisasi kalsium karbonat ($\text{Ca}(\text{CO}_3)$) dari batu kapur yang diperoleh di Kelurahan Tellu Limpoe Kecamatan Suppa telah dilakukan dengan melalui proses kalsinasi selama 4 jam pada variasi suhu 550°C , 650°C dan 750°C . Semakin tinggi suhu, kadar kalsit semakin rendah dan fasa yang terbentuk semakin banyak. Hasil tersebut dapat dibuktikan dari karakterisasi $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ hasil kalsinasi dengan XRD menunjukkan fasa *calcite* yang diperoleh untuk masing-masing suhu yaitu 98,8%, 92,2% dan 84,0% juga terbentuknya fasa CaO pada suhu kalsinasi 750°C akibat batu kapur mengalami dekomposisi oleh adanya energi panas. Kemudian berdasarkan analisis SEM, morfologi $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ menyerupai kubus namun ukuran partikelnya tidak merata dan tidak beraturan disebabkan adanya faktor pengotor. Sedangkan untuk hasil analisis EDS diperoleh kandungan kalsium yang terdapat dalam batu kapur cukup tinggi. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa batu kapur memiliki tingkat kemurnian yang tinggi dikarenakan unsur bahan kimia lain kurang dari 15% (Jasruddin dkk, 2015).

Batugamping merupakan bahan galian non logam dan dapat digunakan sebagai bahan baku utama di dalam pembuatan semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas batugamping. Analisis yang digunakan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur kimia yang terdapat pada sampel yaitu, dengan menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF). Hasil dari penelitian yang dilakukan, batugamping pada PT. Semen Tonasa berwarna putih, dengan kekerasan 2,5-3 skala mohs, tenacity yang keras, kompak, sebagian porfiri, memiliki komposisi mineral kuarsa, kalsit, magnesit dan dolomit. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa analisis kualitas CaO pada batugamping telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu 55,00%, dimana kandungan analisis kadar CaO pada batugamping di 25 sampel adalah 55,33%. Semakin banyak kandungan kadar CaO yang terdapat pada batugamping maka semakin baik pula digunakan untuk pembuatan semen Portland (Nurwaskito, A dkk, 2015).

Salah satu daerah yang memiliki potensi cadangan batugamping adalah Kelurahan Leang-leang, Kecamatan Bantimurung Kabupaten Maros. Lokasi ini terletak berbatasan dengan Kecamatan Pangkajene bagian barat dan Kecamatan Balocci bagian timur. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia pada batugamping di daerah penelitian dengan tujuan menganalisis kandungan kalsium (Ca) dan kalsium oksida (CaO) yang terdapat dalam batugamping.

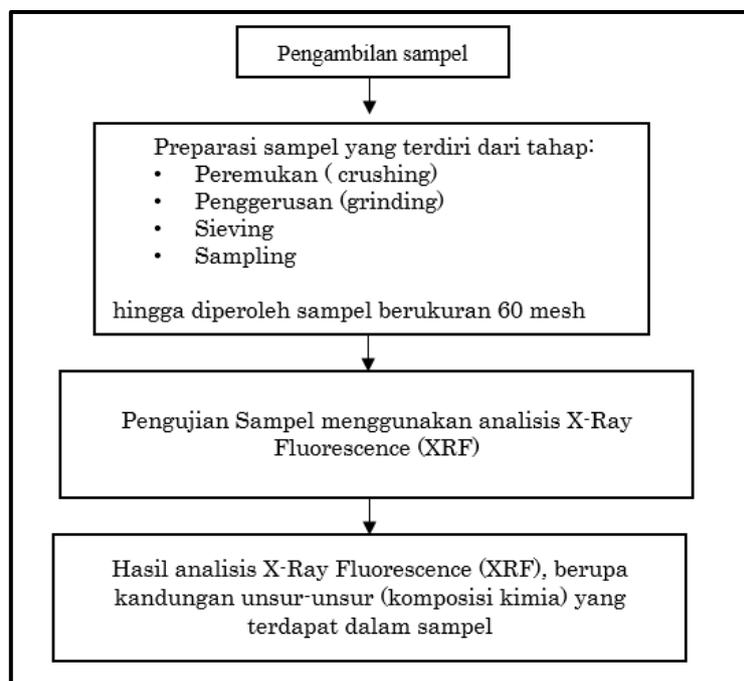
METODE PENELITIAN

Lokasi pengambilan sampel secara administratif lokasi penelitian terletak di Kelurahan Leang-leang, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan dan secara geografis terletak pada koordinat $119^\circ40'27''$ BT dan $4^\circ58'40''$ LS. Lokasi pengambilan sampel GC 1 berada pada koordinat $119^\circ40'23,64''$ BT dan $4^\circ58'1,96''$ LS. Sampel GC 2 berada pada koordinat $119^\circ40'6,35''$ BT dan $4^\circ57'54,46''$ LS. Sampel GC 3 berada pada koordinat $119^\circ40'1,12''$ BT dan $4^\circ58'16,73''$ LS dan sampel GC 4 berada pada koordinat $119^\circ40'46,12''$ BT dan $4^\circ58'2,30''$ LS. Peta tunjuk lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

Sampel yang telah diambil di lapangan kemudian dipreparasi dengan cara kominusi yaitu mengecilkan ukuran butir sampel menjadi lebih kecil dari ukuran semula menjadi 60 mesh. Alat-alat yang digunakan untuk preparasi sampel yaitu *jaw crusher*, *roll crusher*, *ball mill*, *sieve shaker*, ayakan dan timbangan. Ukuran sampel tersebut sudah siap untuk dilakukan pengujian menggunakan XRF. Setelah sampel dipreparasi, selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* untuk memperoleh data hasil pengujian yang menunjukkan kandungan unsur dan komposisi kimia dari batugamping. Alur penelitian dapat dilihat pada bagan alir penelitian Gambar 2, dibawah ini.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

HASIL PENELITIAN

1. Identifikasi Sifat Fisik Batugamping di Daerah Leang-leang

Berdasarkan beberapa data yang telah diambil di lapangan yang berada di daerah penelitian, hasil identifikasi sifat fisik batugamping di Daerah Leang-leang Kecamatan Bantimurung Kabupaten Maros merupakan batugamping jenis mud stone berdasarkan klasifikasi Dunham, 1962) disajikan pada Gambar 3. Sedangkan batugamping yang telah dipreparasi dengan ukuran 60 mesh dan telah siap untuk dilakukan uji XRF dapat dilihat pada Gambar 4. Batugamping tersebut berwarna segar putih dan berwarna lapuk putih kecoklatan, memiliki tekstur non klastik dan memiliki struktur yang tidak berlapis pada batuan ini.



Gambar 3. Kenampakan batugamping di lapangan

Batugamping yang telah diambil di lapangan kemudian dilakukan kominusi untuk mereduksi ukuran butir sehingga menjadi kecil dari ukuran semula menjadi ukuran 60 mesh untuk selanjutnya dilakukan uji XRF. Keempat sampel di bawah diberikan kode sampel GC 1 – GC 4



Gambar 4. Empat sampel batugamping yang telah dikominusi

2. Komposisi Kimia Batugamping di Daerah Leang-leang

Untuk mengetahui komposisi kimia batugamping di Daerah Leang-leang Kecamatan Bantimurung Kabupaten Maros maka dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dengan berat sampel 100 gram. Hasil uji XRF dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Senyawa Oksida Di Daerah Leang-Leang

| No. | Kode Sampel | Komposisi Kimia (%Wt) | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|--------|-------|------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | TiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | P ₂ O ₅ | MnO | Cr ₂ O ₃ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ |
| 1. | GC 1 | - | - | 0,013 | 0,441 | 52,873 | 0,178 | - | 0,005 | 0,039 | 0,027 | - | - |
| 2. | GC 2 | - | - | 0,011 | 0,182 | 52,733 | - | - | 0,007 | 0,037 | 0,004 | - | - |
| 3. | GC 3 | - | - | 0,020 | 0,180 | 53,350 | - | - | 0,007 | 0,026 | 0,002 | - | - |
| 4. | GC 4 | - | - | 0,007 | 0,106 | 54,230 | - | - | 0,006 | 0,028 | - | - | - |

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa kandungan kalsium oksida (CaO) pada batugamping di Daerah Leang-leang Kecamatan Bantimurung Kabupaten Maros rata-rata diatas 50% dengan kandungan terendah dari sampel 2 sebesar 52,73 %Wt dan yang tertinggi dari sampel 4 sebesar 54,23 %Wt.

Sedangkan untuk konsentrasi dari masing-masing unsur dapat dilihat pada Tabel 2 yang menunjukkan kandungan kalsium (Ca) pada empat lokasi rata-rata diatas 30% dengan kandungan terendah dari sampel 2 yang mengandung 36,91 %Wt dan tertinggi dari sampel 4 yang mengandung 37,96 %Wt.

Tabel 2. Komposisi unsur kimia batugamping di Daerah Leang-leang

| No. | Kode Sampel | Komposisi Kimia (%Wt) | | | | | | | | | |
|-----|-------------|-----------------------|----|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|
| | | Si | Al | Ti | Fe | Ca | Mg | K | P | Mn | Cr |
| 1. | GC 1 | - | - | 0,007 | 0,154 | 37,76 | 0,106 | - | 0,001 | 0,030 | 0,009 |
| 2. | GC 2 | - | - | 0,006 | 0,063 | 36,91 | - | - | 0,002 | 0,028 | 0,001 |
| 3. | GC 3 | - | - | 0,012 | 0,063 | 37,34 | - | - | 0,002 | 0,020 | - |
| 4. | GC 4 | - | - | 0,004 | 0,037 | 37,96 | - | - | 0,001 | 0,021 | - |

Keterdapatn CaO dalam batugamping ini disebabkan karna pembentukan batugamping yang berada di lingkungan evaporasi dan terbentuk melalui proses penguapan. Tetesan air pada gua akan masuk dari atas gua lewat tekanan atau ruang pori pada langit-langit gua lalu akan menguap kembali sebelum menyentuh dasar gua. Pada saat air menguap, maka kalsium karbonat yang larut dalam air akan tersimpan di langit gua. Dengan berjalannya proses penguapan secara terus menerus, maka bisa menyebabkan penumpukan es kalsium karbonat pada langit-langit gua yang disebut dengan stalaktit. Apabila jatuh ke dasar kemudian menguap dan berkembang ke atas dari bawah gua, maka dinamakan dengan stalakmit.

Menurut PT Holcim Indonesia Tuban Plant (Khunaifi, A dkk, 2018), batugamping dikategorikan menjadi 2 jenis, yaitu batugamping kualitas tinggi (*high grade limestone*) dengan kadar CaO (>48 %) dan batugamping kualitas rendah (*low grade limestone*) dengan kadar CaO (<48%). Kandungan CaO pada batugamping di Daerah Leang-leang termasuk dalam kualitas tinggi (*high grade limestone*) dengan kandungan CaO (52,73 - 54,23 %Wt). Batugamping dengan kualitas tinggi dapat dijadikan sebagai bahan dasar kalsium karbonat presipitat



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa nilai kandungan kalsium (Ca) rata-rata diatas 30% dengan kandungan yang tertinggi sebesar 37,96 %Wt dan nilai kandungan kalsium oksida (CaO) rata-rata diatas 50% dengan kandungan yang tertinggi sebesar 54,23 %Wt dan termasuk dalam kategori batugamping kualitas tinggi (high grade limestone) sehingga dapat dijadikan sebagai bahan dasar kalsium karbonat presipitat.

REFERENSI

- Munawaroh, F., Muharrami, K. L., Triwikantoro dan Arifin, A. (2017). Identifikasi dan Analisis Komposisi Kimia Batu Kapur di Kabupaten Bangkalan sebagai Bahan Dasar Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat. Program Studi Pendidikan IPA. Universitas Trunojoyo Madura. Bangkalan
- Amir, A, A. (2021). Analisis Kandungan Kalsium Karbonat (CaCO_3) Batugamping Sebagai Bahan Baku Pembuatan Marmer. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Wakila, M, H., Chalik, C, A., Asmiani, N., Munir, A, S., Juradi, M, I dan Annisa. (2021). Analisa Kualitas Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen Pada Daerah Waangu-angu Kabupaten Buton Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal GEOSAPTA*. Vol. 7 No.1: 31-34.
- Laraebi, G. (2017). Karakterisasi Kandungan Mineral dan Unsur Penyusun Batugamping Pada PT. Semen Tonasa. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Wahyuningsih, T., Sudiyanto, A., Asworo, M., Hermanto, O, S dan Setyawan, M. (2022). Analisis Kualitas Batugamping *Quarry* dan Tepung Kalsium Karbonat Hasil Produksi PT. Sugih Alam Nugroho. *Journal Of Metallurgical Engineering and Processing Technology*. Vol. 3, No. 1.
- Megawati., Alimuddin dan Kadir, L, A. (2019). Komposisi Kimia Batu Kapur Alam dari Industri Kapur Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara. *Jurnal Matematika, Sains dan Pembelajarannya*. Vol. 5 No. 2.
- Jasruddin., Novianti dan Sujiono, E. H. (2015). Karakterisasi Kalsium Karbonat (CaCO_3) dari Batu Kapur Kelurahan Tellu Limpoe Kecamatan Suppa. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. Jilid 11, No. 2. Hal. 169-172.
- Nurwaskito, A., Amril, F., dan Widodo, S. (2015). Analisis Kualitas Batugamping Sebagai Bahan Baku Utama Semen Portland Pada PT Semen Tonasa Provinsi Sulawesi Selatan
- Dunham, R. J. (1962). *Classification of Carbonate Rock According To Depositional Textures*, AAPG Memoir No.1.
- Khunaifi, A., Ali, J., Novianto, H dan Nugraha, T. (2018). Analisis Untuk Optimalisasi Cadangan Batugamping Bahan Baku Semen di Quarry PT. Holcim Indonesia Tuban Plant