

ANALISIS KADAR KALSIUM OKSIDA (CaO) PADA BATU KARANG DI DAERAH PESISIR BAYANG DAMPELAS DONGGALA

Annisa Dian Islamiyati dan Paulus Hengky Abram

Jurusan Pendidikan MIPA
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako Palu

Abstract

Coral reefs are classified as coral or coral limestone. These corals contain of a high level of calcium purity with more than 90%. These calcium are in the form calcite (CaCO_3). Calcite can be used in the industrial sector which can be processed into a catalyst and use as a mixture of portland cement. Its economic value increases by converting CaCO_3 to CaO through the calcination process at high temperatures. The coral samples were taken from the coastal area of Bayang, Dampelas Donggala which consisted of 2 samples. i.e coastal and mountain coral reefs. The CaO levels contained in coral reefs were determined by qualitative and quantitative analysis method using XRF (X-Ray Fluorescence). XRF result showed that were CaO compounds in each coral reef sample. The CaO level in the coastal reef was 92,08% before calcination and 92,11% after calcination. Whereas the CaO level in the mountain coastal reef was 94,51% before calcination and 96,77% after calcination.

Keywords: Coral, calcination, calcium oxide, xrf (x-ray fluorescence)

PEMBAHASAN

Keberadaan sumber daya alam di muka bumi ini sangat berlimpah, potensi tersebut meliputi minyak, gas, dan bahan-bahan mineral (Ukhtiyani dkk., 2017). Sumber daya mineral merupakan sumber daya yang telah disediakan oleh kulit bumi sebagai bagian dari mineral batuan dalam jumlah tertentu. Sumber daya ini bila diolah dapat menghasilkan logam dan berbagai bahan keperluan proses industri sebagai penunjang kehidupan manusia (Sari, 2016).

Salah satu mineral pada batuan yang berpotensi untuk dikembangkan adalah Kalsium Oksida yang diperoleh dari hasil kalsinasi Kalsium karbonat (CaCO_3) pada suhu tinggi (Noviyanti dkk., 2015). Mineral dibagi dalam kelompok-kelompok menurut unsur-unsur yang menyusunnya. Komposisi kimia yang terdapat pada batu diantaranya FeCO_3 , PbCO_3 , ZnCO_3 , $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}$, SiO_2 , Al_2O_3 , dan CaCO_3 (Pambudi & Suprpto, 2018).

Batu merupakan suatu zat padat, keras, dan tahan lama. Karakteristik dari beberapa jenis batu bervariasi bergantung pada kondisi dan cara pembentukannya. Salah satu jenis batuan adalah batu karang yang memiliki komposisi utama mineral aragonit (CaCO_3), mineral aragonit bersifat metastabil sehingga dapat menyebabkan terjadinya perubahan atau diagenesa menjadi bentuk lain yang lebih stabil (Erlangga dkk., 2016).

Kalsit (CaCO_3) merupakan fase yang paling stabil dan banyak digunakan dalam bidang industri, kesehatan, dan pertanian. Kandungan kalsium karbonat ini dapat diubah menjadi kalsium oksida dengan cara kalsinasi sehingga lebih mudah dimurnikan untuk mendapatkan kalsiumnya (Noviyanti dkk., 2015). Dengan cara ini batu karang dapat dimanfaatkan dalam sektor Industri sebagai katalis heterogen dan sebagai bahan campuran semen portland (Suhardin dkk., 2018).

Mineral tersebut mempunyai nilai ekonomis yang tinggi karena dapat diperoleh dalam jumlah yang banyak (Ali dkk., 2019). Untuk mendapatkan kalsium oksida tersebut perlu dilakukan kalsinasi terlebih dahulu agar CaO yang diperoleh mempunyai kemurnian yang tinggi sehingga mampu berperan sebagai katalis (Oko & Feri, 2019).

Kalsium oksida adalah senyawa industri yang sangat penting, dapat digunakan sebagai katalis, zat pembersih limbah beracun, bahan campuran cat dan juga pemanfaatan lainnya (Roy & Bhattacharya, 2011). Salah satu keunggulan dari katalis CaO adalah berbentuk padat sehingga mudah dipisahkan pada akhir reaksi. Sedangkan kelemahan dari katalis ini salah satunya adalah mudah bereaksi dengan udara yang mengandung air membentuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sehingga menyebabkan penurunan aktivasi kataliknya (Kesic dkk., 2016).

Kawasan batu karang yang berada di Kabupaten Donggala Khususnya kecamatan dampelas secara geografis terletak antara $0^\circ 25' 08''$ - $0^\circ 05' 27''$ LS dan $119^\circ 46' 16''$ - $120^\circ 06' 03''$ BT (BPS, 2017). Kawasan batu karang ini banyak terdapat di Desa Bayang Kecamatan Dampelas. Masyarakat di desa tersebut memanfaatkan batu karang tersebut sebagai bahan untuk konstruksi bangunan rumah masyarakat.

Ketersediaan bahan baku yang cukup melimpah serta dilihat dari unsur-unsur yang terkandung didalamnya, kalsit yang terdapat pada batu karang dapat diubah menjadi CaO dan diolah menjadi katalis heterogen dalam bidang industri untuk meningkatkan nilai ekonomis batuan (Suhardin dkk., 2018). CaO dapat diperoleh melalui dekomposisi kalsit atau CaCO_3 pada suhu yang tinggi (Lesbani dkk., 2015).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis kandungan kalsium oksida dan mineral-mineral lainnya yaitu dengan menggunakan X-Ray-Fluorescence (XRF)

(Balasubramanian & Muthukumaraswamy, 2016). Metode XRF merupakan teknik analisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif memberikan informasi pada unsur atau senyawa yang terkandung dalam bahan, analisis kuantitatif memberikan informasi mengenai jumlah unsur yang terkandung dalam bahan (Fitri dkk., 2016).

Berdasarkan uraian tersebut, maka peneliti tertarik untuk menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) untuk mengidentifikasi dan menentukan kadar CaO pada batu karang desa Bayang kecamatan Dampelas, kabupaten Donggala.

METODE

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu palu/martil, oven, gegep, neraca analitik, desikator, ayakan 70 mesh, gelas kimia 250 ml, lumpang dan alu, cawan porselin, cawan krusibel, tanur/muffle furnace, serta seperangkat alat XRF. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu batu karang dan aquades.

Pengambilan sampel

Sampel batuan diambil dari daerah pesisir pantai desa Bayang di dua lokasi yaitu batuan yang berada di pinggiran pantai dan batuan yang berada di pegunungan. Pengambilan sampel batuan di lapangan dengan cara grab sampling, yaitu mengambil bongkah batuan di lokasi (Wijaya dkk., 2016).

Batuan yang diambil merupakan batu karang yang masuk pada golongan batu gamping terumbu atau batu gamping koral yang berwarna putih dan umumnya pejal, biasanya sebagian sudah membentuk perbukitan, sedang sebagian lainnya berkembang terus di bawah (Permana & Eraku, 2017).

Pengambilan sampel dilakukan di Desa Bayang Kecamatan Dampelas Kabupaten Donggala yaitu batu karang yang berada di pantai dan batu karang yang berada di gunung. Seperti pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel

Preparasi sampel batuan

Sampel batuan yang diambil dibersihkan dari material-material lain yang menempel menggunakan aquades panas. Lalu sampel di keringkan di bawah sinar matahari selama 3 jam (Ardiansyah dkk., 2015). Kemudian sampel di tumbuk hingga halus menggunakan lumpang dan alu, selanjutnya sampel diayak dengan menggunakan ayakan 70 mesh (Suhardin dkk., 2018).

Analisis kadar air

Cawan porselin kosong dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam, didinginkan di dalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang sebagai W_3 . Sampel yang lolos ayakan 70 mesh ditimbang sebanyak 10 gram masukkan ke dalam cawan, timbang massanya (W_1), kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 2 jam, setelah itu didinginkan dalam desikator selama 5 menit dan ditimbang menggunakan neraca analitik sebagai W_2 . Prosedur ini dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh berat konstan. Kemudian ditentukan kadar airnya dengan rumus sebagai berikut (BSN, 2008):

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

dengan:

- w : Kadar air (%)
- W_1 : Berat cawan dan batu basah (gram)
- W_2 : Berat cawan dan batu kering (gram)
- W_3 : Berat cawan (gram)
- ($W_1 - W_2$): Berat air
- ($W_2 - W_3$): berat batu kering (gram)

Analisis kadar abu

Cawan krusibel kosong ditimbang terlebih dahulu (m_1), sampel yang lolos ayakan menggunakan ayakan 70 mesh ditimbang sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam cawan krusibel yang telah dikethai massanya (m_2), kemudian sampel dikalsinasi menggunakan mesin tanur pada suhu 900°C selama 1 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator lalu ditimbang kembali menggunakan neraca analitik (m_3) Kemudian dihitung kadar abu sampel dengan menggunakan persamaan (BSN, 2010):

$$m = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100\%$$

Dengan:

- m : Kadar abu (%)

m_1 : Berat cawan kosong (gram)
 m_2 : Berat cawan + sampel contoh (gram)
 m_3 : Berat cawan + abu (gram)

Analisis kadar CaO

Sampel batuan hasil kalsinasi dianalisis menggunakan instrumen XRF yang bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan menentukan kadar CaO yang terkandung di dalam sampel menggunakan radiasi sinar-X yang diserap dan dipantulkan oleh sampel (Alimin dkk., 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan dan preparasi sampel

Sampel batu karang diambil dengan menggunakan metode grab sampling yaitu pengambilan batuan dalam bentuk bongkahan di lokasi (Wijaya dkk., 2016). Sampel batuan diambil di daerah pesisir pantai desa Bayang kecamatan Dampelas kabupaten Donggala. Titik pengambilan sampel berada di dua tempat yaitu batuan yang berada di pinggiran pantai dan batuan yang berada di gunung yang berdekatan dengan pantai. Sampel batuan yang diambil memiliki ciri-ciri berwarna putih, dan memiliki pori, berbentuk massif (Utami dkk., 2016).

Kadar air

Metode analisis kadar air terbagi dalam beberapa cara diantaranya adalah metode pengeringan atau pengovenan, metode destilasi, metode kimiawi, dan metode gravimetri (Sir dkk., 2016). Analisis kadar air sampel batuan bertujuan untuk menyatakan hubungan antara fase udara, air dan butiran padat yang berada dalam volume sampel. Kadar air pada batuan menunjukkan perbandingan berat air yang mengisi rongga pori material batuan terhadap berat partikel padatnya. (BSN, 2008).

Kadar air yang diperoleh yaitu pada sampel batu karang gunung (sampel A) sebesar 0,31%, 0,40%, dan 0,40% sehingga diperoleh kadar air rata-rata sebesar 0,37%. Pada sampel batu karang pantai (sampel B) sebesar 0,246%, 0,275%, dan 0,275% sehingga diperoleh kadar air rata-rata sebesar 0,265%.

Kadar abu

Analisis kadar abu suatu sampel perlu ditentukan untuk melakukan estimasi mineral yang

terkandung dalam sampel. Abu pada batuan merupakan bahan anorganik yang terbentuk karena proses pembakaran (Pamekas dkk., 2019). Analisis kadar abu pada batuan bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dan kualitasnya (BSN, 2010).

Terjadi perubahan warna pada sampel yaitu sampel batu karang gunung berwarna kuning keabuan (Sampel A) sedangkan sampel batu karang pantai (sampel B) berwarna putih keruh. Hal ini disebabkan karena sampel telah mengalami oksidasi dan proses pengabuan ini merupakan proses langsung yaitu sampel dioksidasi pada suhu tinggi sehingga zat yang tertinggal setelah pembakaran ditimbang (Sunartaty & Yulia, 2017).

Kadar abu yang diperoleh yaitu pada sampel batu karang gunung (sampel A) sebesar 70,26%, dan pada sampel batu karang Pantai (sampel B) sebesar 71,89%.

Analisis kadar kalsium oksida (CaO)

Setelah proses kalsinasi selesai, sampel dianalisis menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui persentase CaO pada sampel (Suhardin dkk., 2018).

Metode *X-Ray Fluorescence* digunakan untuk menganalisa unsur penyusun suatu bahan dengan adanya radiasi sinar-X yang diserap dan dipantulkan oleh target atau sampel. Metode ini paling banyak digunakan untuk menganalisis bahan-bahan geologi seperti batuan, mineral dan sedimen (Sari, 2016). Penggunaan metode *X-Ray Fluorescence* karena teknik ini mempunyai satuan part per million (ppm) (Jamaluddin & Umar, 2018).

Unsur dapat ditentukan keberadaannya secara langsung tanpa ada ketetapan standar untuk melakukan analisis. Hasil keseluruhan dari karakterisasi sampel tersebut berupa data secara kualitatif dan kuantitatif (Li dkk., 2017). Hasil analisis XRF menunjukkan komposisi batu karang tersusun atas beberapa senyawa dengan persentase yang berbeda-beda. Tabel 1 menunjukkan kandungan senyawa oksida pada sampel batu karang gunung (sampel A) sebelum dan setelah kalsinasi. Tabel 2 menunjukkan komposisi senyawa oksida batu karang pantai (sampel B) sebelum dan setelah kalsinasi.

Tabel 1. Komposisi batu karang gunung (sampel A) sebelum dan setelah kalsinasi dalam bentuk oksida

No	Oksida	Persentase (%)	
		Sebelum kalsinasi	Setelah kalsinasi
1.	CaO	92,08	92,11
2.	SiO ₂	6,34	5,99
3.	Fe ₂ O ₃	1,02	1,16
4.	SrO	0,526	0,589
5.	Nb ₂ O ₅	0,0187	0,281
6.	In ₂ O ₃	0,0093	0,0070
7.	SnO ₂	0,0077	0,0068
8.	Sb ₂ O ₃	0,0061	0,0093

Tabel 2. Komposisi batu karang pantai (sampel B) sebelum dan sesudah kalsinasi dalam bentuk oksida

No	Oksida	Persentase (%)	
		Sebelum kalsinasi	Setelah kalsinasi
1.	CaO	94,51	96,77
2.	SiO ₂	2,83	-
3.	SrO	2,30	2,92
4.	Fe ₂ O ₃	0,252	0,0183
5.	Nb ₂ O ₅	0,374	0,0264
6.	MoO ₃	0,275	0,0174
7.	RuO ₄	0,0139	0,0093
8.	Sb ₂ O ₃	0,0115	0,0093
9.	SnO ₂	0,0105	0,0089
10.	In ₂ O ₃	0,0099	0,0080

Hasil pengukuran pada Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa batu karang tersusun atas beberapa kandungan senyawa terbanyak yaitu kalsium oksida. Persentase CaO pada batu karang gunung (sampel A) 92,08% sebelum kalsinasi dan 92,11% setelah kalsinasi. Pada batu karang pantai persentase kandungan CaO lebih besar dari pada

sampel B yaitu sebesar 94,51% sebelum kalsinasi dan 96,77% setelah kalsinasi.

Perbandingan spesifik mengenai kandungan kalsium oksida pada sampel batu karang gunung (sampel A) dan sampel batu karang pantai (sampel B) dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Perbandingan kadar CaO pada sampel A dan sampel B

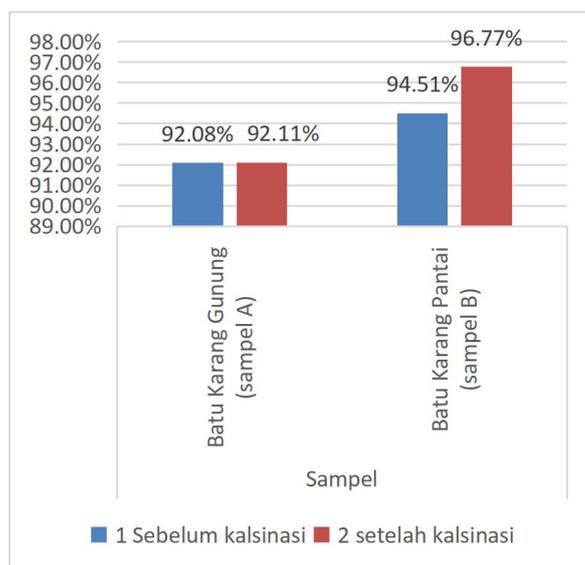
No	Sampel	Persentase kandungan CaO (%)	
		Sebelum Kalsinasi	Setelah Kalsinasi
1	Batu Karang Gunung (sampel A)	92,08	92,11
2	Batu karang pantai (sampel B)	94,51	96,77

Terdapat perbedaan yang signifikan pada kandungan CaO yang diperoleh pada masing-masing sampel dimana persentase kandungan CaO pada sampel A sebelum kalsinasi sebesar 92,08% dan meningkat sebesar 0,03% setelah kalsinasi yaitu sebesar 92,11 %. Sementara pada sampel B, persentase kandungan CaO yang diperoleh sebesar 94,51% sebelum kalsinasi dan meningkat sebesar 2,26% yaitu sebesar 96,77%.

Kandungan CaO pada batu karang pantai lebih tinggi dibandingkan batu karang gunung, hal ini disebabkan karena batu karang gunung (sampel

A) telah mengalami proses sedimentasi sehingga unsur senyawa kimia yang masih murni telah berubah. Sedangkan pada batu karang pantai (sampel B) tumbuh secara insitu sehingga unsur senyawa kimia masih murni dan belum berubah (Santika & Mulyadi, 2017).

Kadar CaO pada batuan berasal dari butiran batu yang terdiri dari fragmen organisme seperti foraminifera, algae, moluska, koral dan sebagainya (Hidayatillah dkk., 2020). Perbandingan persentase kandungan CaO pada batu karang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Grafik persentase kandungan CaO

Gambar 2 memperlihatkan kandungan kalsium oksida yang tinggi yaitu lebih dari 90% menunjukkan bahwa penyusun utama batu karang adalah mineral kalsium oksida. Tingginya kandungan kalsium menunjukkan bahwa batu tersebut merupakan batuan dengan tingkat kemurnian yang tinggi (Suhardin dkk., 2018).

Tingginya kadar CaO dan rendahnya kadar senyawa oksida lainnya seperti SiO₂, SrO, Fe₂O₃ dan SrO menunjukkan bahwa batu karang merupakan jenis batuan yang lebih ekonomis dan diinterpretasikan karena memiliki persentase butir lebih banyak dibandingkan matriksnya (Hidayatillah dkk., 2020).

KESIMPULAN

Kadar CaO yang diperoleh pada sampel batu karang gunung adalah sebesar 92,08% sebelum kalsinasi dan 92,12% setelah kalsinasi. Pada sampel batu karang pantai kadar CaO yang diperoleh sebesar 94,51% sebelum kalsinasi dan 96,77% setelah kalsinasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Paulus Hengky Abram yang telah memberikan banyak masukan dan saran untuk tulisan ini. Dan juga kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu, khususnya kepala laboratorium, laboran laboratorium Kimia FKIP Universitas Tadulako. dan laboratorium sains XRD dan XRF Universitas Hasanuddin telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian sehingga penelitian ini berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, R. K., Qadaryati, N., & Widadi, S. (2019). Analisis kualitas untuk optimasi pemanfaatan potensi sumber daya mineral non logam dan batuan di kecamatan Lumbir, kabupaten Bayumas. *Jurnal Teknik*, 40(3), 161–168.
- Alimin, Maryono, & Putri, S. E. (2016). Analisis kandungan mineral pasir pantai Losari kota Makassar menggunakan XRF dan XRD. *Jurnal Chemica*, 17(2), 19–23.
- Ardiansyah, M., Farida, M., & Irfan, U. R. (2015). Studi provenance batu pasir formasi walanae daerah Lalebata kecamatan Lamuru kabupaten Bone provinsi Sulawesi Selatan. *Geosains*, 11(01), 13–18.
- Balasubramanian, G., & Muthukumaraswamy, S. A. (2016). On the empirical study of elemental analysis and metal testing using XRF spectrum analysis algorithm. *Internastional Journal of Engineering and Applied Scieces*, 3(1), 61–67.
- BPS. (2017). *Kecamatan Dampelas dalam angka 2017*.
- BSN. (2008). *Cara uji penentuan kadar air untuk*
- Kualitas CaO yang diperoleh dipengaruhi oleh salah satu faktor yaitu oleh proses pemanasan atau proses kalsinasi. Semakin tinggi suhu kalsinasi suatu sampel maka kualitas CaO semakin bagus dan dapat dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai katalis heterogen (Haryono dkk., 2018). Dan bila dilihat dari kadar CaO yang diperoleh batu karang dapat juga dimanfaatkan sebagai bahan campuran semen. Menurut Nurwaskito (2015) semakin banyak jumlah kadar CaO yang terdapat pada batu gamping maka semakin baik untuk digunakan pada bahan pembuatan semen. Dalam hal ini batu karang masuk dalam golongan batu gamping terumbu atau batu gamping koral (Permana & Eraku, 2017).
tanah dan batuan di laboratorium.
- BSN. (2010). *Analisis kadar abu contoh batubara*. Erlangga, B. D., Mulyadi, D., & Cahyarini, S. Y. (2016). Analisis petrografi dan X-Ray Diffraction untuk deteksi kalsit non destruktif dari fosil karang porites endapan terumbu kuarter Kendari, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 26(1), 15.
- Fitri, N., Yusibani, E., & Yufita, E. (2016). Identifikasi kandungan material perekat pada benteng purba di kawasan Aceh Besar menggunakan XRF. *Journal of Aceh Physics Sociesty*, 5(2), 14–18.
- Haryono, Natanael, L. C., Rukiah, & Yulianti, Y. B. (2018). Kalsium oksida mikropartikel dari cangkang telur sebagai katalis pada sintesis biodiesel dari minyak goreng bekas. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 08(01), 8–15.
- Hidayatillah, A. S., Winarno, T., & Khasanah, R. (2020). Hubungan antara fasies batugamping terhadap kualitasnya sebagai bahan baku semen portland menurut kadar CaO dan senyawa terkait di kuari B dan C, PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk Unit Palimanan, Cirebon. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 3(1), 1.
- Jamaluddin, & Umar, E. P. (2018). Identifikasi kandungan unsur logam batuan menggunakan metode XRF (X-Ray Fluorescence) (studi kasus: kabupaten Buton). *Jurnal Geoelebes*, 2(2), 47–52.
- Kesic, Z., Lukic, I., Zdujic, M., Mojovic, L., & Skala, D. (2016). Calcium oxide based catalyst for biodiesel production: a review. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 22(4), 391–408.
- Lesbani, A., Susi, Y., Verawaty, M., & Mohadi, R. (2015). Calcium oxide decomposed from chicken's and goat's bones as catalyst for converting discarded cooking oil to be biodiesel. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 4(1), 7–13.
- Li, F., Lu, A., & Wang, J. (2017). Modeling of chromium, copper, zinc, arsenic and lead using portable X-Ray Fluorescence

- spectrometer based on discrete wavelet transform. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1163), 1–11.
- Noviyanti, Jasruddin, & Sujiono, E. H. (2015). Karakterisasi kalsium karbonat (CaCO_3) dari batu kapur kelurahan Tellu Limpoe kecamatan Suppa. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 11(2), 169–172.
- Nurwaskito, A. (2015). Analisis kualitas batugamping sebagai bahan baku utama semen portland pada PT. Semen Tonasa Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, dan kadar abu daerah Bentarsari, kecamatan Salem, kabupaten Brebes, provinsi Jawa Tengah. *Padjajaran Geoscience Journal*, 3, 281–286.
- Permana, A. P., & Eraku, S. S. (2017). Analisis stratigrafi daerah Tanjung Kramat kecamatan Hulonthalangi kota Gorontalo. *Jurnal Geomine*, 5(1).
- Roy, A., & Bhattacharya, J. (2011). Microwave-assisted synthesis and characterization of CaO nanoparticles. *International Journal of Nanoscience*, 10(3), 413–418.
- Santika, A. W., & Mulyadi, D. (2017). Geokimia batugamping daerah Montong, Tuban, Jawa Timur. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 27(2), 227–238.
- Sari, R. K. (2016). Potensi mineral batuan tambang bukit 12 dengan metode XRD, XRF, dan AAS. *Jurnal EKSAKTA*, 12, 13–23.
- Sir, T., Udiana, I., & Isu, S. (2016). Perbandingan pengukuran kadar air tanah lempung menggunakan metode gravimetry dan metode gypsum block berdasarkan variasi kedalaman. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 213–226.
- Suhardin, A., Ulum, M. S., & Darwis, D. (2018). Penentuan komposisi serta suhu kalsinasi optimum CaO dari batu kapur kecamatan 2(1).
- Oko, S., & Feri, M. (2019). Pengembangan katalis CaO dari cangkang telur ayam dengan impregnasi KOH dan aplikasinya terhadap pembuatan biodiesel dari minyak jarak. *Jurnal Teknologi*, 11(2), 103–110.
- Pambudi, M. A. R., & Suprpto. (2018). Penentuan kadar tembaga (Cu) dalam sampel batuan mineral. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2), 20–23.
- Pamekas, F., Satrio, Reza, M. G. G., & Nurdrajat. (2019). Kerangka sekuen pengendapan batubara berdasarkan analisis nilai sulfur Banawa. *Journal of Science and Technology*, 7(1), 30–35.
- Sunartaty, R., & Yulia, R. (2017). Pembuatan abu dan karakteristik kadar air dan kadar abu dari abu pelepah kelapa. *Seminar Nasional Kemaritiman Aceh*, 1, 560–562.
- Ukhtiyani, I., Darwis, D., & Iqbal, I. (2017). Purifikasi dan karakterisasi silika (SiO_2) berbasis pasir kuarsa dari desa Pasir Putih kecamatan Pamona Selatan Kabupaten Poso. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 6(3), 270–275.
- Utami, E. D., Raharja, R. D., Anggara, F., & Harijoko, A. (2016). Mineralogi dan geokimia intrusi di tambang batubara Bukit Asam, Sumatera Selatan, Indonesia. *Proceeding, Seminar Hasil Kebumihan Ke-9 Peran Penelitian Ilmu Kebumihan Dalam Pemberdayaan Masyarakat*.
- Wijaya, I. P. K., Lestari, W., Ariyanti, N., Pandu, J., Sifuddin, F., Utama, W., & Bahri, A. S. (2016). Studi kelayakan perangkap CO_2 berdasarkan analisa fisik sedimen (studi kasus: formasi kabuh, cekungan Jawa Timur Utara). *Convergence on Inovation and Industrial Applications (CINIA)*, 227–231.