

## Karakteristik Mineral Kalsit pada Bahan Galian Batugamping di Kecamatan Cikembar, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat

Firman Alvin Dwiyanto\*, Linda Pulungan, Dudi Nasrudin

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*alvinfirman25@gmail.com, linda.tambang93@gmail.com, dudi.n.usman@gmail.com

**Abstract.** Limestone is a sedimentary rock composed of calcium carbonate minerals, one of which is the mineral calcite. Mineral calcite is a mineral with chemical formula  $\text{CaCO}_3$  that can be found in a pure state or not, due to the mineral content of impurities. These minerals are scattered in almost all areas of Sukabumi, with the potential for minerals that have been utilized by the community by mining or traditionally. Rock minerals are commonly used as construction and industrial materials in abundance. The research methodology used is to analyze limestone (calcite mineral), by testing the chemical properties of XRF and physical properties of rocks. X-Ray Fluorescence (XRF) is a method for identifying and determining the concentration of elements present in solid, powder to liquid samples. The XRF method is usually used to determine the elemental composition and chemical composition of a material, this method was chosen because it is fast and does not easily damage the sample. Physical characteristics testing revealed porosity values of 3.93% and 3.25% it may be deduced from these values that these limestones frequently have extremely small voids. The two samples' physical characteristics tests yielded void ratios of 0.04  $\text{cm}^3$  and 0.03  $\text{cm}^3$ . Based on this value, the rock's quality can be determined, and if used for its physical attributes, it will be appropriate. The chemical properties of X-Ray fluorescence are known to show that limestone has an average CaO chemical composition of 55.84%.

**Keywords:** *Limestone, Calcite Mineral, Rock Physical Properties.*

**Abstrak.** Batugamping merupakan sebuah batuan sedimen yang tersusun dari mineral kalsium karbonat, salah satunya yaitu mineral kalsit. Mineral kalsit adalah mineral dengan komposisi kimia  $\text{CaCO}_3$  yang dapat dijumpai dalam keadaan murni ataupun tidak, dikarenakan adanya kandungan mineral pengotornya. Bahan galian ini tersebar di hampir semua wilayah Sukabumi, dengan potensi bahan galian yang sudah dimanfaatkan masyarakat dengan menambang maupun secara tradisional. Bahan galian batuan biasa digunakan sebagai material konstruksi dan industri dengan jumlah yang melimpah. Metodologi penelitian yang digunakan menganalisis batugamping (mineral kalsit), dengan melakukan pengujian sifat kimiawi XRF dan sifat fisik batuan. X-Ray Fluorescence (XRF) yaitu suatu metode untuk mengidentifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada bentuk padat, bubuk hingga sample cair. Metode XRF biasanya digunakan untuk menentukan komposisi unsur dan komposisi kimia pada suatu material, metode ini dipilih karena cepat dan tidak mudah merusak sampel. Pengujian sifat fisik yang dilakukan didapatkan nilai porositas 3,93% dan 3,25% di mana nilai tersebut dapat dianalisis bahwa batugamping tersebut cenderung memiliki rongga yang sangat kecil sekaligus sedikit. Void ratio yang didapatkan dari hasil pengujian sifat fisik pada kedua sampel tersebut yaitu sebesar 0,04  $\text{cm}^3$  dan 0,03  $\text{cm}^3$ . Berdasarkan nilai tersebut dapat dinyatakan kualitas batuan tersebut dan akan tepat bila dimanfaatkan secara sifat fisiknya. Pada daerah penelitian melalui pengujian sifat fisik batuan diketahui bahwa batuan dalam kondisi baik untuk dimanfaatkan dan pengujian sifat kimiawi X-Ray Fluorescence diketahui bahwa dalam batugamping memiliki senyawa kimia CaO rata-rata sebesar 55,84%.

**Kata Kunci:** *Batugamping, Mineral Kalsit, Sifat Fisik Batuan.*

## A. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya mineral dan gas yang melimpah. Salah satu sumber daya mineral yang melimpah yaitu kalsium karbonat atau yang lebih dikenal dengan batugamping atau batu kapur adalah sumber daya mineral yang cukup banyak di Indonesia (Bahri *et al.*, 2015).

Undang – Undang Nomor 3 Tahun 2020 pasal 66 menjelaskan berbagai jenis kegiatan pertambangan rakyat, kegiatan penambangan batugamping termasuk kedalam kegiatan pertambangan batuan karena batugamping termasuk kedalam mineral bukan logam. Mineral kalsit sendiri termasuk kedalam mineral bukan logam, selain itu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2021 pasal 1 nomor 1 yaitu industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi mengolah Bahan baku dan/atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi, termasuk jasa industri dan nomor 2 yaitu bahan baku adalah bahan mentah, barang setengah jadi, atau barang jadi yang dapat diolah menjadi barang setengah jadi atau barang yang mempunyai nilai ekonomi yang lebih tinggi. Dalam kedua peraturan tersebut dapat menjadi dasar untuk pemanfaatan bahan galian mineral kalsit.

Desa Sukamulya, Kecamatan Cikembar, Kabupaten Sukabumi memiliki potensi bahan galian batugamping dengan mineral utamanya yaitu mineral kalsit. Mineral kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) biasanya dimanfaatkan dalam industri cat, kertas, perekam magnet, pembuatan kaca, industri tekstil, detergen, plastik, kosmetik, dan bahan kimia lainnya. (Novianti, dkk, 2015:169) Kebutuhan mineral kalsit di Indonesia sangatlah tinggi. Salah satunya dapat dilihat bahwa tingginya kebutuhan bahan konstruksi untuk pembangunan di Indonesia. Pada daerah Sukabumi ini terdapat potensi sumberdaya alam yang dapat mendukung kewilayahan untuk meningkatkan Penghasilan Asli Daerah (PAD). Sukabumi memiliki bahan galian mineral kalsit yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam material. Pada daerah Sukabumi ini pun sebelumnya terdapat penelitian mengenai mineral kalsit, salah satu faktor yang mendukung pemanfaatan mineral kalsit tersebut yaitu membantu dalam bidang industri rumahan yang tidak membutuhkan alat yang rumit dan keahlian khusus guna meningkatkan perekonomian daerah sekitar serta membuka lapangan kerja. Maka dilakukanlah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat fisik mineral kalsit pada daerah penelitian guna pemanfaatannya.

Desa Sukamulya, Kecamatan Cikembar, Kabupaten Sukabumi memiliki potensi bahan galian batugamping dengan mineral utamanya yaitu mineral kalsit yang tidak dimanfaatkan oleh warga sekitar karena kurangnya informasi mengenai mineral tersebut. Keterdapatannya mineral kalsit di daerah tersebut dapat dimanfaatkan sehingga meningkatkan perekonomian untuk warga sekitar.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana kadar mineral kalsit pada daerah penelitian?”, “Bagaimana tahapan dalam pengujian kadar mineral kalsit?”, “Bagaimana pengujian sifat fisik yang dilakukan untuk mengetahui karakteristiknya?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sebagai berikut:

1. Mengetahui kadar mineral kalsit yang terdapat pada daerah penelitian berdasarkan metoda pengambilan data secara langsung dilapangan.
2. Mengetahui tahapan pengujian terhadap mineral kalsit berdasarkan metoda pengambilan data secara langsung dilapangan.
3. Menganalisis karakteristik mineral kalsit secara sifat fisik di daerah penelitian.

## B. Metodologi Penelitian

Teknik pengambilan data yang dilakukan secara primer dan sekunder, dimana data primer mencakup vegetasi lapangan, pengambilan sampel uji, dan hasil uji XRF pada batuan. Data sekunder mencakup peta topografi, peta geologi, data curah hujan dan data BPS Kabupaten Sukabumi.

Teknik pengolahan data menggunakan teknik analisis pada pengujian XRF untuk mengetahui kandungan mineral kalsit pada daerah penelitian. Selain itu, dilakukannya

pengujian sifat fisik batuan untuk mengetahui kandungan dari mineral kalsit dan karakteristik yang dimiliki oleh batugamping pada lokasi penelitian. Selanjutnya dilakukan analisis statistik menurut Pearson, uji normalitas data, dan uji chi square pada data XRF sehingga menghasilkan hubungan antara kadar kalsit dengan kadar lainnya.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Pengujian Sifat Fisik Batugamping

Pengujian sifat fisik batugamping dilakukan untuk mengetahui karakteristik batuan tersebut. Pengujian sifat fisik mengacu pada International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering (ISRM) Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption, and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties – 1977.

Parameter sifat fisik yang diperoleh melalui penelitian ini adalah bobot isi asli (natural density), bobot isi kering (dry density), bobot isi jenuh (saturated density), ketiganya dalam satuan  $g/cm^3$ , kadar air asli (natural water content), derajat kejenuhan (degree of saturation), dan porositas (porosity) dalam satuan %, serta angka pori (void ratio) tanpa satuan yang dihitung.

Sampel batugamping yang dilakukan pengujian sebanyak dua sampel dengan pemerian kode GMP-01 dan GMP-02, di mana kedua sampel tersebut representatif mewakili 6 sampel yang ada. Berdasarkan pengujian sifat fisik tersebut, nilai porositas 3,93% dan 3,25% di mana nilai tersebut dapat dianalisis bahwa batugamping tersebut cenderung memiliki rongga yang sangat kecil sekaligus sedikit. Nilai porositas akan berbanding lurus dengan void ratio atau perbandingan isi dari pori terhadap rongga pada masa batuan.

Void ratio yang didapatkan dari hasil pengujian sifat fisik pada kedua sampel tersebut yaitu sebesar 0,04  $cm^3$  dan 0,03  $cm^3$ , di mana dari nilai tersebut menandakan bahwa semakin kecil pula volume fluida yang tersarangkan pada batuan tersebut. Berdasarkan nilai tersebut dapat dinyatakan kualitas batuan tersebut dan akan tepat bila dimanfaatkan secara sifat fisiknya.

**Tabel 1.** Hasil Analisis Pengujian Sifat Fisik Batuan

No	Parameter	GMP-01	GMP-02
1	Natural Mass, $W_n$ (gr) (massa asli)	75,85	87,69
2	Saturated Mass, $W_w$ (gr) (massa jenuh)	76,45	88,35
3	Submerged Mass, $W_s$ (gr) (massa tergantung)	46,70	52,94
4	Dry Mass, $W_o$ (gr) (massa kering)	75,28	87,20
5	Natural Density, $\rho_n = W_n / (W_w - W_s)$	2,55	2,48
6	Saturated Density, $\rho_s = W_w / (W_w - W_s)$	2,57	2,50
7	Dry Density, $\rho_d = W_o / (W_w - W_s)$	2,53	2,46
8	Natural Water Content, $W = ((W_n - W_o) / W_o) \times 100 \%$	0,76	0,56
9	Saturated Degree, $S = ((W_n - W_o) / (W_w - W_o)) \times 100 \%$	48,72	42,61
10	Porosity, $n = ((W_w - W_o) / (W_w - W_s)) \times 100 \%$	3,93	3,25
11	Void Ratio, $e = n / (1 - n)$	0,04	0,03

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2022.

#### Hasil Analisis Pengujian $\gamma$ -X-Ray Fluorescence (XRF)

Berikut adalah pengujian sampel batugamping dilakukan pengujian secara kimia untuk dianalisis kandungan kimia yang terdapat pada batuan tersebut. Pengujian yang dilakukan yaitu dengan pengujian X-Ray Fluorescence (XRF).

**Tabel 2.** Hasil Pengujian X-Ray Fluorescence (XRF)

Nomor Lab.	0735/2021	0736/2021	0737/2021	0738/2021	0739/2021	0740/2021
------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Kode / Tanda	SKB 1A	SKB 1B	SKB 1C	SKB 1D	SKB 1E	SKB 1F
Unit	%	%	%	%	%	%
CaO	55,190	55,900	56,030	56,200	55,930	55,850
SiO <sub>2</sub>	0,860	0,260	0,500	0,430	0,180	0,180
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,400	0,085	0,110	0,250	0,050	0,082
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,450	0,021	0,059	0,056	0,021	0,069
MnO	0,021	0,017	0,010	0,010	0,018	0,022
MgO	0,250	0,180	<0,001	<0,001	0,180	0,120
Na <sub>2</sub> O	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
K <sub>2</sub> O	0,020	0,001	0,012	0,002	0,001	<0,001
TiO <sub>2</sub>	0,025	0,009	0,007	0,015	0,008	0,013
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,019	0,014	0,005	0,002	0,009	0,004
SrO	0,076	0,087	0,017	0,015	0,065	0,220
SO <sub>3</sub>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Hilang Pijar	42,730	43,410	43,260	43,020	43,020	43,440

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2022.

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa kandungan terbesar yang terdapat pada sampel uji yaitu kandungan mineral CaO yaitu sebesar 55,85%. Hal tersebut dikarenakan mineral penyusun utama pada batugamping adalah mineral kalsit (CaO). Dari data diatas juga terlihat bahwa terdapat hilang pijar pada pengujian sampel dengan rata-rata sebesar 43,14%. Hal tersebut menjelaskan bahwa pada pengujian XRF pada sampel uji terdapat mineral atau unsur yang tidak dapat terdeteksi oleh sinar X yang dihasilkan pada pengujian XRF yang telah dilakukan. Mineral atau unsur tersebut tidak terdeteksi oleh sinar X disebabkan oleh gelombang elektron pada mineral lebih lemah dari gelombang elektron yang dipancarkan oleh sinar X yang menyebabkan adanya hilang pijar pada pengujian sampel tersebut.

### Pemanfaatan Batugamping Berdasarkan Kadar Kalsit (CaCO<sub>3</sub>)

Dari hasil analisis pengujian XRF yang telah dilakukan diketahui kandungan unsur senyawa CaO rata-rata yang didapatkan dari 6 sampel yaitu 55,84%. Nilai ini di kategorikan dalam kondisi rendah atau kurang baik. Pemanfaatan batugamping khususnya mineral kalsit (CaO), dimana dengan rata-rata kadar yang dimiliki sebesar 55,84% pemanfaatannya dapat dimaksimalkan untuk pemanfaatan untuk pembuatan keramik tembikar, pupuk dolomit, industri kaca, peleburan dan pemurnian baja, industri semen dan industri gula.

### Hasil Uji Normalitas Data

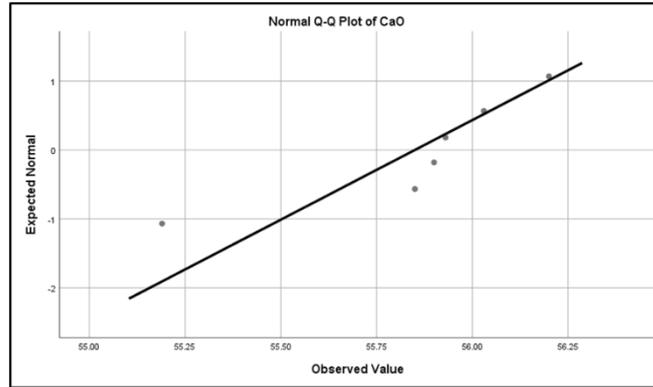
Pada kali ini dilakukan perbandingan antara hasil analisis XRF kadar CaO dengan kadar lainnya untuk dapat menentukan data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Metoda yang digunakan dalam pengujian normalitas data ini yaitu menurut Liliefors.

**Tabel 3.** Hasil Uji Normalitas Data

Uji Normalitas			
<i>Kolmogorov - Smirnov<sup>a</sup></i>			
	Statistik	df	Sig.
<b>Data</b>	0,333	6	0,036

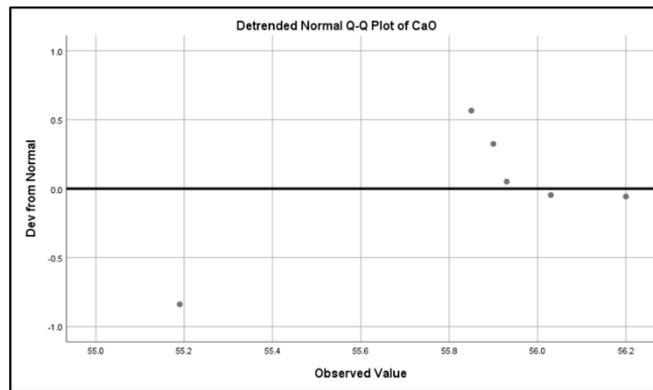
Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2022.

Dari hasil uji normalitas data yang telah dilakukan, didapatkan nilai Sig sebesar 0,036. Maka nilai Sig 0,036 > Sig 0,05 yang dapat dianalisis bahwa data tersebut berdistribusi tidak normal yang menandakan ada korelasi yang signifikan.



**Gambar 1.** Grafik Q-Q Plot Normal

Garis diagonal dalam grafik tersebut yang menggambarkan keadaan ideal dari data yang mengikuti distribusi normal. Titik-titik di sekitar garis diagonal tersebut menggambarkan keadaan data yang diuji. Dapat dilihat Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa titik-titik tersebut memiliki jarak yang tidak terlalu dekat dengan garis diagonal tersebut, yang dimana hal tersebut menandakan bahwa data yang diuji tidak mengikuti distribusi normal.



**Gambar 2.** Grafik Q-Q Plot Bertentangan Normal

Pada gambar diatas menunjukkan grafik yang menggambarkan selisih antara titik-titik dengan garis diagonal pada grafik Q-Q plot normal. Dapat dilihat bahwa dari titik sampel tersebut tersebar dan memiliki jarak atau selisih dengan garis 0,0 yang dapat dianalisis bahwa data tersebut tidak berdistribusi normal.

**Tabel 4.** Hasil Analisis Non Parametrik

<b>Uji Chi Square</b>		
<b>Mineral</b>	<b>Nilai Pearson Chi Square</b>	<b>Asymptot Signifikan (2-sided)</b>
<b>CaO-SiO<sub>2</sub></b>	24.000	0,242
<b>CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	30.000	0,224
<b>CaO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	24.000	0,242
<b>CaO-MnO</b>	24.000	0,242
<b>CaO-MgO</b>	18.000	0,263
<b>CaO-Na<sub>2</sub>O</b>	Tidak Valid	Tidak Valid
<b>CaO-K<sub>2</sub>O</b>	18.000	0,263
<b>CaO-TiO<sub>2</sub></b>	30.000	0,224
<b>CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	30.000	0,224
<b>CaO-SrO</b>	30.000	0,224

CaO-SO <sub>3</sub>	Tidak Valid	Tidak Valid
---------------------	-------------	-------------

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2022.

Dari pengujian Chi Square terhadap data penelitian, dapat dilihat bahwa keseluruhan mendapatkan nilai asymptot signifikan lebih besar dari taraf signifikan (asymptot > 0,05) yang dapat disimpulkan bahwa tidak terdapatnya hubungan yang signifikan antara nilai kadar mineral CaO dengan nilai kadar mineral lainnya. Hal ini dapat diartikan pula bahwa keberadaan kadar mineral CaO pada sampel uji tidak mempunyai korelasi dengan keberadaan kadar mineral lainnya pada sampel uji tersebut. Berdasarkan genesa batugamping, bahwasannya keterbentukan batugamping berasal dari cangkang Mollusca, foraminifera, coelenterate dan sedimen karbonat (Alfarizi, Yazid, 2020). Apabila dilihat dari segi genesanya, proses pembentukan batuan ini terjadi secara insitu yakni berasal dari larutan yang mengalami proses kimia maupun biokimia dimana organisme turut berperan di dalamnya. Selain itu, batuan karbonatan ini juga dapat terbentuk dari butiran-butiran hasil rombakan batu gamping yang sebelumnya telah mengalami transportasi secara mekanik dan terendapkan di tempat lain. Seluruh proses yang menyebabkan terbentuknya batuan karbonatan ini berlangsung di lingkungan air laut sehingga bebas dari detritus asal darat. Oleh karena itu juga, semua batuan karbonat tergolong ke dalam batuan sedimen. Dan dijelaskan pula menurut Menurut (Pirson,1958), batuan karbonat terbentuk pada lingkungan laut dangkal. Hal ini memungkinkan pertumbuhan organisme laut misalnya koral, ganggang, bryozoa, dan sebagainya. Cangkang-cangkang dari organisme tersebut mengandung mineral aragonit yang kemudian berubah menjadi mineral kalsit. Sehingga keterdapat mineral kalsit (CaO) tidak ada keterkaitannya dengan mineral lain selain mineral yang terdapat pada hewan foraminifera.

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Kadar mineral kalsit (CaO) yang terdapat pada daerah penelitian atau pada 6 sampel yang dilakukan pengujian yaitu sebesar 55,19 %; 55,90 %; 56,03%; 56,20%; 55,93 %; dan 55,85%. Adapun rata-rata kadar kalsit (CaO) pada sampel batugamping tersebut adalah sebesar 55,84%.
2. Pengujian yang dilakukan pada sampel batugamping tersebut yaitu pengujian laboratorium berupa pengujian sifat fisik dan pengujian kimia menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF). Adapun parameter pada pengujian sifat fisik, yaitu bobot isi asli, bobot isi kering, bobot isi jenuh, kadar air asli, derajat kejenuhan, porositas dan angka pori. Sedangkan untuk parameter pengujian XRF diantaranya yaitu CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SrO, SO<sub>3</sub>.
3. Pengujian sifat fisik yang dilakukan didapatkan nilai porositas 3,93% dan 3,25% di mana nilai tersebut dapat dianalisis bahwa batugamping tersebut cenderung memiliki rongga yang sangat kecil sekaligus sedikit. Void ratio yang didapatkan dari hasil pengujian sifat fisik pada kedua sampel tersebut yaitu sebesar 0,04 cm<sup>3</sup> dan 0,03 cm<sup>3</sup>. Berdasarkan nilai tersebut dapat dinyatakan kualitas batuan tersebut dan akan tepat bila dimanfaatkan secara sifat fisiknya.

#### Acknowledge

1. Dosen dan Staff Prodi Teknik Pertambangan Dr. Yunus Ashari Ir., M,T selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung, Noor Fauzi Isnarno, S.Pd., S.Si., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung, Ir. Linda Pulungan, M.T selaku pembimbing, Dr. Ir. Dudi Nasrudin, S.T.,M.T selaku co-pembimbing dan dosen wali selama kuliah, Staff Administrasi Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung beserta jajaran.
2. Orang Tua dan Keluarga Penyusun, kepada Orangtua, Bambang Taryono dan Imas Rohayati terimakasih karena selalu memberikan dukungan dari awal hingga akhir pembuatan penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- [1] Alfarizi, Yazid. 2020. “Analisis Geokimia XRF Untuk Menentukan Kualitas Batugamping Di Bukit Terjarang PT. Semen Padang”, Journal Institut Teknologi Nasional Yogyakarta Vol 1 No.2.
- [2] Andi, Qurraisy dkk, 2021. “Analisis Nonparametrik Mann Whitney Terhadap Perbedaan Kemampuan Pemecahan Masalah Menggunakan Model Pembelajaran Problem Based Learning”. Makassar
- [3] Arahman Panji, dkk, 2017, “Studi Potensi Sumberdaya Batugamping Sebagai Bahan Baku Pembuatan Semen Di Kecamatan Buay Sandang Aji, Kabupaten Oga Komering Ulu Selatan”, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2015. SNI-15-2039-2015 Semen Portland. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [5] Boynton, S. Robert, 1999, “Chemistry and Technology of Lime and Limestone”, John Willey and Sons, Inc, New Jersey, United States of America.
- [6] Cristofer, dkk, 2019. “Geologi dan Analisis Kualitas Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen Daerah Solokuro dan Sekitarnya”, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia.
- [7] Karyasa, I Wayan, 2013 “Studi X-Ray Fluorescence dan X-Ray Diffraction Terhadap Bidang Belah Batu Pipih Asal Tejakula”, Universitas Pendidikan Ganesha, Bali, Indonesia.
- [8] Lefond J. Stanley, 1995, “Industrial Mineral and Rock”, American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York, United States of America
- [9] Marwan Hamid, dkk, 2019, “Analisis Jalur dan Aplikasi SPSS Versi 25”, Sefa Bumi Persada, Lhoksumawe, Indonesia.
- [10] Munasir, dkk, 2012 “Uji XRD dan XRF Pada Bahan Galian Mineral (Batuan dan Pasir) Sebagai Sumber Miterial Cerdas (CaCO<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>)”, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia.
- [11] Jelita Ma’ruff Bay, Waode. 2022. Pemanfaatan Bahan Galian Mineral Kalsit Berdasarkan Karakteristik Sifat Fisik di Cikembar Sukabumi. Jurnal Riset Teknik Pertambangan, Volume 2 No. 1.
- [12] Ruslan, Timpola, 2014 “Karakterisasi Kandungan Mineral dan Unsur Penyusun Batugamping”, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia.
- [13] Santoso, Singgih. 2015. Menguasai Statistik Nonparametrik. Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- [14] Silpia, A. U. 2021. “Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Tindakan Tidak Aman (Unsave Action) Pada Pekerja Bagian Produksi Tambang PT. Arteria Data Mulia”. Cirebon
- [15] SNI, 2015. SNI 2049: Semen Portland. BSN.
- [16] Sulistyana, Waterman Bargawa, 2018. “Geostatistik”, Edisi Ketiga, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- [17] Trivedi and Hagemeyer, 2004, “The Industrial Minerals Handybook II, Carbonate, Rock” RMC Industrial Minerals Ltd, London, United Kingdom
- [18] Wijaya Soelistijo U., 1976, “Pembakaran Kapur dengan Bahan Bakar Batubara” Pusat Pengembangan Teknologi Mineral (PPTM), Bandung, Indonesia.
- [19] Werner, 1998, “Fungsions of Lime in Important Uses”, Werner Co., Pennsylvania, United States of America.