

## Penentuan Senyawa Dan Pemodelan Suhu Pada Saat Pemanasan Batu Kapur Untuk Mendapatkan CaO Murni Dari Batu Kapur Papua

Ego Srivajawaty Sinaga, Hubertus Ngaderman

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih Jayapura, Indonesia.

Coresspondence Email : [svrivajawati@gmail.com](mailto:svrivajawati@gmail.com)

### ABSTRACT

*Determination of compounds and temperature modeling during heating of limestone have been carried out to obtain pure CaO from Papua limestone. . The purpose of this research is to determine the compounds, morphology and characteristics of each element and molecule present in limestone from Papua and to simply model the optimum temperature to obtain CaO. From the results of XRF testing, there is one main element that contains the most chemical elements in the limestone sample from black soil (sample 1) and perumnas three (sample 2), namely Ca (calcium) with weight percent 99.57 and 99.69. XRD results are also supported from characterization with EDS where the dominant elements of sample 1 are O, Ca and Mg in sample 2 dominant elements Ca, O and C. Then based on SEM analysis, the morphology of CaMg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Ca (CO<sub>3</sub>) and MgCa (CO<sub>3</sub>) resembles a cube but the particle size is uneven and irregular due to impurities. The temperature obtained based on the results of this calculation is 1280°C.*

**Keywords:** Limestone, XRF, XRD and SEM).

### ABSTRAK

Telah dilakukan Penentuan Senyawa Dan Pemodelan Suhu Pada Saat Pemanasan Batu Kapur Untuk Mendapatkan CaO Murni Dari Batu Kapur Papua.. Tujuan dari penelitian menentukan senyawa, morfologi dan karakteristik masing-masing unsur dan molekul yang terdapat pada Batu kapur yang berasal dari Papua dan memodelkan secara sederhana suhu optimum untuk mendapatkan CaO. Dari hasil pengujian XRF terdapat satu unsur utama yang memiliki kandungan unsur kimia terbanyak pada sampel batu kapur asal tanah hitam (sampel 1) dan perumnas tiga (sampel 2) yaitu Ca (calcium) dengan persen berat 99.57 dan 99.69. Hasil XRD juga didukung dari karekterisasi dengan EDS dimana Unsur dominan dari sampel 1 adalah O , Ca dan Mg pada sampel 2 unsur dominan Ca, O dan C. Kemudian berdasarkan Analisis SEM, morfologi CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Ca(CO<sub>3</sub>) dan MgCa(CO<sub>3</sub>) menyerupai kubus namun ukuran partikelnya tidak merata dan tidak beraturan disebabkan faktor pengotor. Suhu yang didapat berdasarkan hasil perhitungan ini adalah 1280°C.

**Kata kunci :** Batu Kapur, XRF, XRD dan SEM

### 1. Introduction

Batu kapur merupakan jenis batuan yang banyak ditemukan di Indonesia mulai dari pegunungan di Jawa Tengah, Jawa Timur, Madura, Sumatera dan Papua (Apriliani *et al*, 2012). Potensi untuk memproduksi batu kapur terutama dijadikan sebagai bahan industri sangat besar dan hampir merata di Indonesia (Shubri *et al*, 2014). Batu kapur banyak dipakai sebagai bahan pembuatan semen,

**Received:** 10 October 2020, **Accepted :** October 2020 - Jurnal Photon Vol.11 No.1

DOI : <https://doi.org/10.37859/jp.v11i1.2197>

PHOTON is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

pemurnian baja, industri kertas, bahan bangunan, cat dan sebagainya. Untuk penggunaan khususnya di dalam bidang industri kimia, kesehatan dan teknologi membutuhkan kemurnian yang tinggi. Secara umum mineral yang terkandung dalam batu kapur adalah kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) sebesar 95%, dolomit (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) sebanyak 3% dan sisanya adalah clay (Apriliani *et al*, 2012, Djuhariningrum *et al*, 2004). Batu kapur memiliki massa jenis 2,6 – 2,8 gr/cm<sup>3</sup> dan dalam keadaan murni berbentuk kristal kalsit terdiri dari CaCO<sub>3</sub> (Oates, 1998).

Pengujian dengan XRF (X-Ray Fluorescence) untuk menguji kandungan unsur pada material diketahui bahwa batu kapur di salah satu pegunungan kapur di desa Guwo Terus kecamatan Montong kabupaten Tuban mengandung unsur kalsium mencapai 98,13% (Aprilia *et al*, 2011). Hasil difraksi sinar X bahan alam (batuan dan pasir) yang diambil sebagai sampel dari daerah Bawean-Gresik dan Tulungagung dapat diajukan sebagai kandidat sumber bahan oksida Calcite (CaCO<sub>3</sub>) dengan kemurnian yang tinggi 98,230% (Munasir *et al*, 2012). Ketersediaan batuan kapur yang melimpah merupakan potensi besar terhadap pengembangan sumber bahan material (Haidir, 2010). Dari uraian di atas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian Penentuan Senyawa dan Pemodelan Suhu Pada Saat Pemanasan Batu Kapur Untuk Mendapatkan Kalsium (Ca) Murni dari Batu Kapur Papua.

## 2. The Methods

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah mortar, gelas ukur, ayakan 200 mesh, neraca analitic Ohaus, XRD (X-Ray Diffraction), XRF (X-Ray Floresces) dan SEM (Scanning Electron Mikroskope). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dan batu kapur yang berasal dari kota Jayapura.

### Preparasi Sampel dan Pengujian Sampel

Sampel batu kapur yang telah diambil dicuci terlebih dahulu dengan air kemudian dijemur di bawah sinar matahari. Batu kapur yang sudah kering dihaluskan dengan menggunakan mortar selanjutnya diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh. Serbuk batu kapur yang diperoleh ditimbang dengan menggunakan neraca analitik Ohaus lalu dipindahkan ke tempat sampel yang sudah disediakan untuk dilakukan pengujian dengan menggunakan XRF, XRD dan SEM untuk mengetahui karakterisasi batu kapur.

### Konsep untuk Mendapatkan suhu optimum CaO

Persamaan Schrodinger dalam tiga dimensi berbentuk sebagai berikut :

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) + V(x, y, z)\psi = E\psi \tag{1}$$

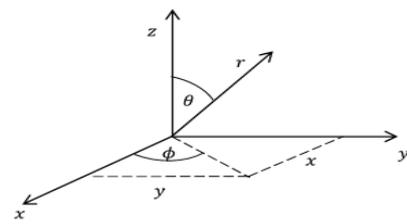
Dalam sistem koordinat bola (r, θ, φ), lebih memadai ketimbang sistem (x, y, z), kita dapat memisahkan variabel dan menemukan pemecahannya. Variabel-variabel sistem koordinat bola digambarkan pada Gambar 1.

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} \right) + V(r, \theta, \phi)\psi = E\psi \tag{2}$$

dimana ψ = ψ(r, θ, φ). Selanjutnya, kita meninjau pemecahan yang terpisahkan

$$\psi(r, \theta, \phi) = R(r)\theta(\theta)\Phi(\phi) \tag{3}$$

dengan R(r), θ(θ) dan Φ(φ) masing-masing fungsi dari satu variabel.

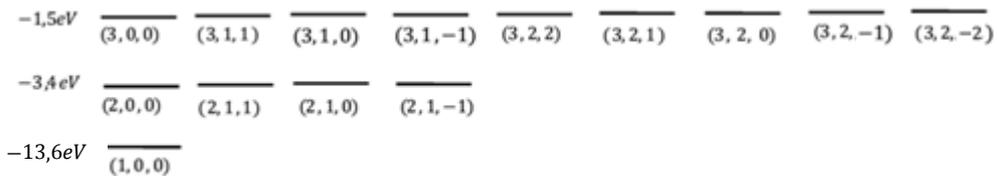


**Gambar 1. Sistem koordinat bola bagi atom hidrogen.**

Cara ini memberikan tiga buah persamaan diferensial masing-masing dalam satu variabel ( $r, \theta$  atau  $\phi$ ). Analisis pemecahan persamaan Schrodinger ( $r, \theta, \phi$ ) agak sulit, persoalan tiga dimensi memerlukan tiga bilangan kuantum untuk pemecahannya, karena itu semua fungsi gelombang atom hidrogen akan diperikan dengan tiga buah bilangan kuantum. Bilangan kuantum pertama  $n$  berkaitan dengan pemecahan bagi fungsi radial  $R(r)$ . Pemecahan bagi fungsi polar  $\Theta(\theta)$  memberikan bilangan kuantum  $l$  dan bagi fungsi  $\Phi(\phi)$  memberikan bilangan kuantum ketiga  $m_l$ . Bilangan kuantum  $n$  bilangan kuantum utama bernilai bulat 1, 2, 3, ... Menentukan bilangan  $n$  adalah setara dengan memilih suatu tingkat energi tertentu seperti halnya dalam model Bohr. Semua tingkat energinya terkuantisasi

$$E_n = -\frac{me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2 n^2} \tag{4}$$

Energi hanya bergantung pada bilangan kuantum  $n$  tidak pada  $l$  dan  $m_l$ . Gambar 1 melukiskan penamaan masing-masing tingkat ini.



**Gambar 2. Beberapa tingkat energi terendah hidrogen yang dinamai dengan bilangan kuantum ( $n, l, m_l$ ).**

Komponen fungsi gelombang  $\psi(r, \theta, \phi)$  dapat ditulis sebagai hasil kali tiga buah fungsi satu variable

$$\psi_{n,l,m_l}(r, \theta, \phi) = R_{n,l}(r)\Theta_{l,m_l}(\theta)\Phi_{m_l}(\phi) \tag{5}$$

Probabilitas untuk menemukan elektron ditentukan oleh kuadrat fungsi gelombang. Lebih khusus,  $|\psi(r, \theta, \phi)|^2$  memberikan rapat probabilitas (probabilitas per satuan volume) untuk menemukan elektron pada kedudukan  $(r, \theta, \phi)$ . Untuk menghitung probabilitas per satuan volume tadi dengan elemen volume  $dV$  yang terletak pada  $(r, \theta, \phi)$ . Elemen volume ini adalah

$$dV = r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi \tag{6}$$

Probabilitasnya adalah

$$|\psi_{n,l,m_l}(r, \theta, \phi)|^2 dV = |R_{n,l}(r)|^2 |\Theta_{l,m_l}(\theta)|^2 |\Phi_{m_l}(\phi)|^2 r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi \tag{7}$$

Dengan menggunakan persamaan (4.7) kita dapat menghitung pola distribusi ruang elektron. Kita dapat menghitung probabilitas radial  $P(r)dr$  untuk menemukan elektron antara  $r$  dan  $r + dr$  tidak peduli berapapun nilai  $\theta$  dan  $\phi$ .

$$P(r)dr = |R_{n,l}(r)|^2 r^2 dr \int_0^\pi |\Theta_{l,m_l}(\theta)|^2 \sin \theta d\theta \int_0^{2\pi} |\Phi_{m_l}(\phi)|^2 d\phi \tag{8}$$

Integral  $\theta$  dan integral  $\phi$  bernilai satu karena fungsi  $R, \Theta$  dan  $\Phi$  masing-masing normalisasikan. Jadi rapat probabilitas adalah

$$P(r) = r^2 |R_{n,l}(r)|^2 \tag{9}$$

Pemakaian elektron secara bersama disebut ikatan kovalen. Apabila kedua proton terpisah jauh sekali, energi elektronnya adalah  $-13,6eV$ , energi tolak Coulomb dari kedua proton,  $V_p$ , kecil sekali sehingga dapat diabaikan. Keadaan yang berkaitan adalah keadaan  $1s, 2s, 2p, 3s$ , atau  $3p$  dari sebuah atom dengan  $Z$  adalah 1, 2, 3 atau 4. Tingkat energi untuk atom atau molekul diberikan oleh rumus

$$E_n = (-13,6eV) \frac{Z^2}{n^2} \tag{10}$$

Batu kapur dolomit ( $CaMg(CO_3)_2$ ), semua atom atau molekul terikat membentuk senyawa. Semua atom atau molekul membentuk ikatan  $E_+$  dan  $E_-$ , memiliki nilai tertentu (untuk  $R \rightarrow \infty$ ) bergantung pada  $Z$  atau  $n$  di dalam persamaan (4.1). Potensial tolak proton  $V_p$  diabaikan karena  $R \rightarrow \infty$ . Hubungan antara energi dan suhu adalah  $E = kT$ , dimana  $k$  adalah konstanta Boltzmann, nilainya adalah  $1,38 \cdot 10^{-23} J/molekul \cdot K$  atau  $8,63 \cdot 10^{-5} eV/molekul \cdot K$ .

### 3. Result and Discussion

#### 1. Uji XRF (Flouescence sinar X)

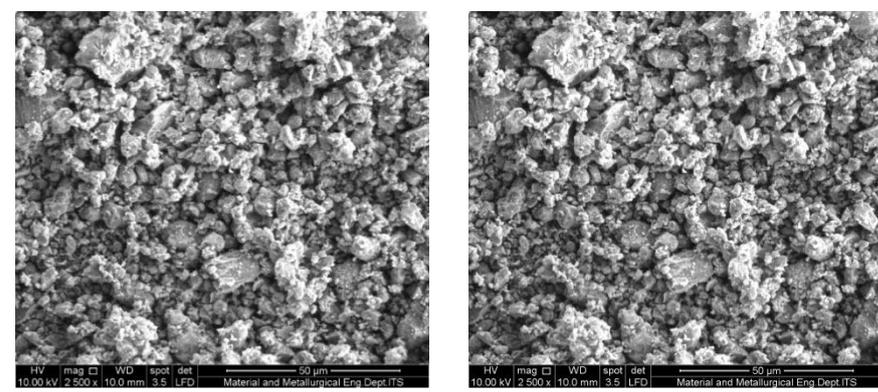
Batu Kode BKTH (Berat : 11,5739 gram) dan Batu Kode BKP3 (Berat: 9,2443 gram) dengan menggunakan uji XRF (Flouescence sinar X)

**Tabel 1. Data hasil pengujian XRF**

Compound	Conc (%)		Oksida	Conc (%)	
	Tanah Hitam	Perumnas 3		Tanah Hitam	Perumnas 3
Ca	99.5	99.69	CaO	99.57	99.74
Fe	0.11	0.135	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.11	0.125
Cu	0.16	0.0635	CuO	0.13	0.053
Sr	0.185	0.0855	SrO	0.14	0.066
Mo	0.045	0.02	MoO <sub>3</sub>	0.045	0.015

#### 2. SEM

Hasil observasi sampel dengan SEM diamati pada bagian permukaan pelet yang dapat dilihat dalam Gambar 2 dengan perbesaran 2500x



Gambar 3. Morfologi permukaan BKTTH dan BKP3

## Pembahasan

Karena kulit kalsium terisi penuh maka kalsium tidak mudah membentuk ikatan dengan unsur lain. Andaikan kalsium membentuk ikatan maka ikatannya adalah ikatan zat padat molekuler. Ikatan yang demikian memiliki ikatan yang lebih lemah dan memiliki titik lebur yang lebih rendah daripada zat padat ionik, kovalen atau logam karena dibutuhkan energi termal yang rendah untuk melepaskan ikatan tersebut. Untuk kasus CaO, oksigen membentuk ikatan seperti disebutkan di atas. Begitu pula molekul  $Fe_2O_3$  yang berada di dalam batu kode BKTH, BKP3 dan PBS. Molekul  $Fe_2O_3$  memiliki elektron-elektron yang telah digunakan bersama, tidak ada elektron tersisa yang berperan dalam ikatan ionik, kovalen atau logam.  $Fe_2O_3$ ,  $CuO$ ,  $SrO$  dan  $MoO_3$  pada sampel BKTH dan BKP3 membentuk ikatan kovalen, dimana semuanya terikat jadi satu oleh gaya Coulomb  $1/r^2$ . Peneliti tidak menghitung besarnya gaya Coulomb molekul-molekul di atas perbandingan  $1/r^2$  adalah besar untuk memisahkan  $Fe$  dan  $O$  untuk molekul  $Fe_2O_3$ ,  $Cu$  dan  $O$  untuk  $CuO$  dan lain-lain. Dari data SEM yang diberikan pada Gambar 5.2 maka sampel BKTH, BKP3 dan PBS adalah di dalam bentuk amorf. Zat padat amorf tidak memiliki keteraturan jangkau panjang. Di dalam sampel terlihat bahwa beberapa molekul memiliki keteraturan yang menyerupai susunan kristal tetapi ia tidak memiliki keteraturan jangkau panjang. Keteraturan hanya dimiliki pada bagian tertentu. Ketidakteraturan bentuk ini menyebabkan sifat bahan amorf lebih bergantung pada sifat atom atau molekul secara tunggal.

Tabel 1 memberikan keadaan yang berkaitan dengan sampel BKTH, BKP3 dan PBS. Tingkat energi untuk atom atau molekul diberikan oleh rumus (1) dimana  $n$  berkaitan dengan keadaan  $n$  dari sebuah atom dengan  $Z$  tertentu. Dengan menggunakan pers (9) dan (10), untuk mendapatkan nilai probabilitas  $P(r)$  dari 0 sampai dengan 1, nilai  $n$  yang dipakai oleh peneliti adalah berkisar dari 1 hingga 15. Nilai  $n$  bisa divariasikan secara komputasi untuk mendapatkan suhu yang relevan dengan eksperimen yang akan dilakukan. Radius  $r$  adalah jari-jari elektron yang mengitari orbital terluar atom atau molekul yang bisa mengikat atom atau molekul yang lain di dalam ikatan zat padat molekuler. Nilai  $r$  mendekati tak berhingga di dalam ukuran atom atau molekul, biasanya dipilih pada subkulit orbital yang paling terluar dari orbital atom atau molekul. Misalnya untuk atom  $Ca$  pada table 1, nilainya bervariasi dari 5 sampai dengan 10. Suhu yang didapat berdasarkan hasil perhitungan ini adalah  $1280^{\circ}C$ . Berikut adalah Tabel Konfigurasi Elektron Beberapa Unsur :

**Tabel 2.** Elektron Beberapa Unsur dari sampel BKTH dan BKP3 Konfigurasi

Nama unsur	Nomor atom	Konfigurasi Elektron
Ca	$Z = 20$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
Fe	$Z = 26$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$
Cu	$Z = 29$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$
Sr	$Z = 38$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2$
Mo	$Z = 42$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1 4d^5$

## 4. Conclusion

Peneliti telah dapat menentukan senyawa dan memodelkan suhu untuk mendapatkan kalsium (Ca) murni dari batu kapur Papua. Karena kulit kalsium terisi penuh maka kalsium tidak mudah membentuk ikatan dengan unsur lain. Molekul  $Fe_2O_3$  memiliki elektron-elektron yang telah digunakan bersama, tidak ada elektron tersisa yang berperan dalam ikatan. Sifat bahan amorf lebih bergantung pada sifat atom atau molekul secara tunggal. Nilai  $n$  bisa divariasikan secara komputasi untuk mendapatkan suhu. Nilai  $r$  mendekati tak berhingga di dalam ukuran atom atau molekul, biasanya

dipilih pada subkulit orbital yang paling terluar dari orbital atom atau molekul. Suhu yang didapat berdasarkan hasil perhitungan ini adalah 1280°C.

## References

- Amri, A., Amrina, Saputra, E., Utama, P.S., Kurniati, A., (2007), *Pengaruh Suhu dan Ukuran Butir Terhadap Kalsinasi Batu Gamping Kab. Agam Pada Proses Pembuatan Kapur Tohor*, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Apriliani, N. F., Baqiya, M. A., & Darminto. (2012). *Pengaruh penambahan larutan MgCl<sub>2</sub> pada sintesis kalsium karbonat presipitat berbahan dasar batu kapur dengan metode karbonasi*. Jurnal Sains dan Seni ITS.Vol. 1 (1), 30-34.
- Djuhariningrum, T & Rusmadi. (2004). *Penentuan kalsit dan dolomit secara kimia dalam batu gamping dari Madura*. Kumpulan Laporan Hasil Penelitian, 332-338.
- Haidir, S. N. A. (2011). *Uji kemurnian komposisi batu kapur Tuban dengan analisis rietveld data difraksi sinar-x*. Laporan COOP Penelitian Jurusan Fisika, ITS. Surabaya.
- Kirk and Othmer, (1982), *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 17, John Wiley and Sons, Inc., Canada.
- Krane Kenneth S, (1992). *Fisika Modern*. John Wiley and Sons.
- Lukman, M., Yudyanto., Hartatiek, (2012), *Sintesis Biomaterial Komposit CaO.SiO<sub>2</sub> Berbasis Material Alam (Batuan Kapur Dan Pasir Kuarsa) Dengan Variasi Suhu Pemanasan Dan Pengaruhnya Terhadap Porositas, Kekerasan Dan Mikrostruktur*, Journal Sains, 2(1): 1-7.
- Munasir., Triwikantoro., M, Zainuri., Darminto, (2012), *Uji XRD dan XRF Pada Bahan Meneral (Batuan dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>)*, Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya. Vol 2 no 1.
- Noviyanti., Jasarudin., Sujiono, H.E, (2015), *Karakterisasi Kalsium Karbonat (Ca(CO<sub>3</sub>)) dari Batu Kapur Kelurahan Tellu Limpoe Kecamatan Suppa*, Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika Jilid II Nomor 2. Pp 169.
- Oates, J. A. H., (1998), *Chemistry and Technology, Production and Uses*, Wiley-Vch, New Jersey.
- Pauling L, (1935), *Introduction to Quantum Mechanics*. McGraw-Hill Company, INC.
- Shubri and Armin, (2014), *Penentuan Kualitas Batu Kapur dari Desa Halaban Kabupaten Lima puluh Kota*, Laboratorium Dinas Energi dan Sumber daya Mineral Propinsi Sumatera Barat, Universitas Bung Hatta, Padang.