

PENGARUH TEMPERATUR KALSINASI TERHADAP STRUKTUR TEMBAGA OKSIDA DARI DAERAH PINTI KAYU KEC. KOTO PARIK GADANG DIATEH KABUPATEN SOLOK SELATAN

Robby Zeffry¹⁾ Ratnawulan²⁾ Yohandri²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP

rozeffcloviz@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the levels of copper oxide content and analyze the effect of calcination temperature on the physical properties of copper oxide from Pinti kayu areas, district Koto Parik Gadang Diateh regency of Solok Selatan. This analysis is important to identify the quality of the copper ore. The characterization using X-ray Fluorescence (XRF) and X-Ray Diffraction (XRD). Based on measurement result (CuO) the percentage of copper oxide is about 89.65%. The results of XRD analysis shows due to the influence of calcination temperature at a temperature of 145°C copper oxide structure changes from monoclinic to hexagonal structure at a temperature of 300°C, then at a temperature of 850°C into a cubic structure and at a temperature of 1000°C copper oxide into monoclinic structure.

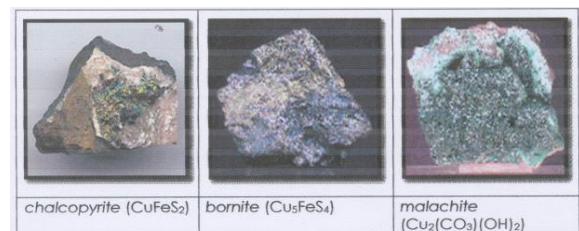
Keywords : tembaga oksida, kalsinasi, struktur

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara yang mempunyai potensi sumber daya alam yang besar, salah satu sumber daya tersebut adalah sumber daya mineral logam. Indonesia juga merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki berbagai jenis barang tambang. Salah satu wilayah yang memiliki potensi unggulan adalah Kabupaten Solok Selatan^[1]. Salah satu tambang mineral yang memiliki peluang investasi adalah bijih tembaga. Batuan tembaga cukup banyak di Kabupaten Solok berada di Nagari Pinti Kayu Kec. Koto Parik Gadang Diateh, namun dalam pengelolaan dan pemanfaatan batuan tembaga masih belum optimal sehingga memiliki nilai jual yang rendah. Diperlukan adanya suatu upaya peningkatan kapasitas pengelolaan yang akan memberi nilai tambah yang lebih besar bagi perkembangan industri.

Tembaga berasal dari bahasa latin *Cyprium*, yang secara harfiah berarti logam dari Cyprian. Tembaga merupakan salah satu logam yang pertama digunakan manusia berdasarkan penemuan arkeologis di beberapa tempat di dunia. Sekitar 10.000 tahun yang lalu sudah dikenal koin-koin dan perhiasan-perhiasan yang terbuat dari logam tembaga, yang ditemukan di Asia Barat^[2]. Penemuan-penemuan dan ciptaan-ciptaan yang berhubungan dengan kelistrikan dan magnet dari akhir abad ke 18 dan awal abad ke 19 oleh para ilmuwan seperti Ampere, Faraday, dan Ohm menempatkan tembaga kedalam suatu zaman baru yang mencetuskan revolusi industri. Tembaga yang sudah digunakan sejak 10.000 tahun yang lalu telah merupakan bahan baku untuk teknologi tinggi, seperti yang dijumpai pada rekayasa chip berbahan baku tembaga oleh industri semi-konduktor. Logam

tembaga (Cu) mempunyai sistem kristal kubik, secara fisik berwarna kuning dan apabila dilihat dengan menggunakan mikroskop bijih akan terlihat berwarna merah jambu kecoklatan sampai keabu-abuan. Unsur tembaga terdapat pada sekitar 250 mineral, tetapi hanya sedikit saja yang bernilai ekonomis. Beberapa mineral yang mengandung tembaga ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Beberapa Mineral Mengandung Tembaga^[2]

Tembaga merupakan unsur yang jarang ditemukan di alam (*precious metal*). Tembaga umumnya ditemukan dalam bentuk senyawa yaitu bijih mineral, *chalcopyrite* (CuFeS₂), *Chalcosite* (Cu₂S), *cuprite* (Cu₂O), *malachite* (Cu₂(CO₃)OH)₂ dan *malaconite/tenorite* (CuO)^[3]. Secara garis besar mineral tembaga dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu: kelompok sulfida dan oksida. Pada kelompok endapan primer, *chalcopyrite* (CuFeS₂), campuran antara tembaga dan besi sulfida, merupakan yang terbesar dan diikuti oleh *Chalcosite* (Cu₂S), bornite (Cu₅FeS₄), chovelite (CuS), enargite (Cu₃AsS₄). Mineral utama bijih tembaga oksida adalah malachite dan azurite. Kedua mineral yang berwarna hijau kebiruan ini adalah tembaga karbonat hidrat^[2]. Tembaga di alam memiliki tingkat oksidasi +1 dan +2. Beberapa senyawa yang dibentuk oleh tembaga seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa senyawaan yang dibentuk tembaga ^[4]

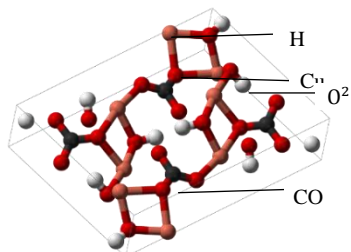
Tembaga (II)	Nama	Tembaga (I)	Nama
CuO	Tembaga (II) Oksida	Cu ₂ O	Tembaga (I) Oksida
Cu(OH) ₂	Tembaga (II) Hidroksida	CuCl	Tembaga (I) Klorida
CuCl ₂	Tembaga (II) Klorida	CuI	Tembaga (I) Oksida
CuF ₂	Tembaga (II) Flourida		
CuS	Tembaga (II) Sulfida		
CuSO ₄ · 5H ₂ O	Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat atau vitrol biru		
Cu(NO ₃) ₂ · 3H ₂ O	Tembaga (II) Nitrat Trihidrat		

Secara garis besar bijih tembaga dibagi menjadi dua kelompok, yaitu : kelompok sulfida dan kelompok oksida. Pada kelompok endapan Sulfida primer. Beberapa bijih tembaga yang sering ditemukan seperti *chalcopyrite* (CuFeS₂) yang merupakan campuran antara tembaga dan besi sulfida dan juga yang terbesar, diikuti oleh *Chalcosite* (Cu₂S), *Bornite* (CuFeS₄), *Chovelite* (CuS), dan *Enargite* (Cu₃AsS₄). Mineral bijih utama tembaga oksida adalah *malachite* (Cu₂(CO₃)OH)₂) dan *azurite* (Cu₃(OH)₂ CO₃)₂) ^[2].

Mineral oksida dan hidroksida ini merupakan mineral yang terbentuk dari kombinasi unsur tertentu dengan gugus anion oksida (O) dan gugus hidroksil hidroksida (OH atau H). Adapun jenis tembaga oksida penyusun bijih tembaga adalah sebagai berikut:

a. *Malachite* (Cu₂(CO₃)OH)₂)

Malachite sangat mudah dikenali karena hanya berwarna hijau dengan ciri bergaris-garis, hijau tua sampai hijau hitam, ada juga kadang yang mirip hijau. Berikut adalah gambar struktur kristal *Malachite*, dapat dilihat pada Gambar 2.

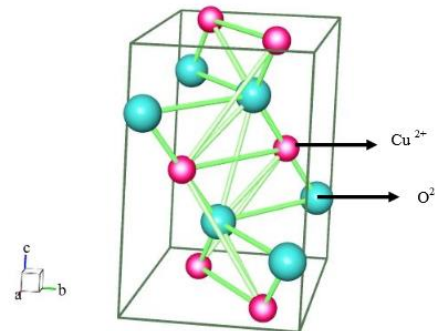


Gambar 2. Struktur Kristal *Malachite*

Malachite memiliki sistem kristal monoklinik dengan dimensi selnya $a = 9.502$, $b = 11.974$, dan $c = 3.24$. kepadatan *malachite* 3.6 - 4 g cm⁻³, rata-rata = 3.8 g cm⁻³ dan grup ruangnya P 2₁/a ^[5].

b. *Tenorite* (CuO)

CuO (*tenorite*) merupakan salah satu dari senyawa oksida tembaga di samping Cu₂O. Senyawa ini juga merupakan senyawa keramik yang paling sederhana yang terdiri dari atom logam dan non logam dalam jumlah yang sama. *Tenorite* merupakan anggota dari tembaga oksida yang disusun oleh Cu dan O. Gambar 3 berikut adalah gambar struktur kristal CuO, dapat dilihat pada Gambar 3.

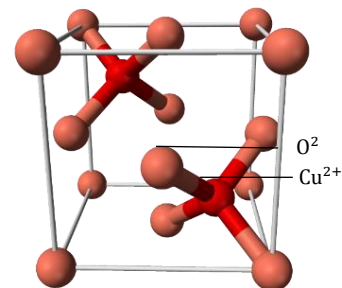


Gambar 3. Struktur Kristal *Tenorite*

Tenorite memiliki sistem kristal monoklinik dengan dimensi selnya $a = 4.653$, $b = 3.425$ dan $c = 5.129$. kepadatan 6.5 g cm⁻³ dan grup ruangnya C 2/c ^[5]. Dalam penelitian yang sudah pernah dilakukan tembaga dapat bereaksi dengan oksigen pada temperatur 300°C sehingga terbentuk senyawa CuO yang berwarna hitam atau *tenorite* ^[6].

c. *Cuprite* (Cu₂O)

Cuprite adalah mineral oksida terdiri dari oksida tembaga (I) Cu₂O dan merupakan bijih tembaga kecil. *Cuprite* dapat ditemukan di alam dengan beberapa warna seperti cokelat merah, ungu merah, merah dan hitam. *Cuprite* juga memiliki nama lain yaitu *Chalcotrichite* dari bahasa Yunani, yang berarti "tembaga berbulu." Berikut adalah gambar struktur kristal *Cuprite*, dapat dilihat seperti pada Gambar 4.

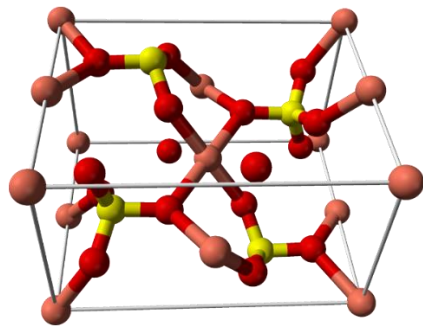


Gambar 4. Struktur Kristal *Cuprite*

Kombinasi antara logam atau semilogam dengan belerang terdapat pada kelompok tembaga oksida. Tembaga sulfida biasanya terbentuk dari larutan hidrotermal. Adapun jenis tembaga sulfida penyusun bijih tembaga adalah sebagai berikut:

a. *Chalcosite* (Cu_2S)

Chalcosite merupakan mineral sulfida tembaga, salah satu dari beberapa bijih tembaga terpenting. *Chalcosite* memiliki rumus kimia Cu_2S dan biasanya ditemukan dalam bentuk butir-butir lepas atau padat dalam endapan-endapan sulfida. Berikut adalah gambar struktur kristal *Chalcosite*, dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Struktur Kristal *Chalcosite*

Chalcosite memiliki sistem kristal *monoclinic* dengan dimensi selnya $a = 11.881$, $b = 27.323$ dan $c = 13.491$. Kepadatan $5.5 - 5.8 \text{ g cm}^{-3}$, rata-rata $= 5.65 \text{ g cm}^{-3}$ dan grup ruangnya $P 2_1/c$. Dalam penelitian yang dilakukan Natanael (2012) menemukan terbentuknya senyawa Cu_2S atau *Chalcosite* pada temperatur 850°C [5].

b. *Chalcopyrite* (CuFeS_2)

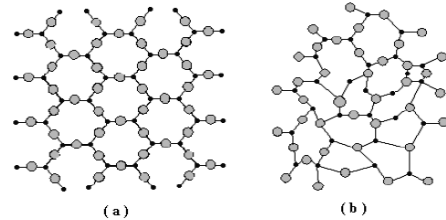
Chalcopyrite adalah suatu mineral tembaga sulfida yang mengkristal sistem bersudut empat. *Chalcopyrite* mempunyai komposisi kimia yaitu (CuFeS_2). *Chalcopyrite* mempunyai warna kuning keemasan seperti kuningan dan memiliki skala kekerasan $3,5 - 4$. Lapisannya adalah diagnostik seperti sedikit warna hijau hitam. *Chalcopyrite* akan beroksidasi dengan berbagai oksida, hidroksid dan sulfat saat berada di udara terbuka. *Chalcopyrite* memiliki warna kuning gelap dengan sedikit warna kehijau-hijauan dan kilap berminyak diagnostic.

c. *Bornite* (Cu_5FeS_4)

Bornite (Cu_5FeS_4) merupakan mineral tembaga sulfida dengan komposisi tembaga $50-70\%$ dan besi $6,5-15\%$ [7]. *Bornite* memiliki sistem kristal tetragonal dan *bornite* berwarna merah tembaga dengan gores keabu-abuan yang terang. Mineral-mineral bijih primer dan percampuran urat-urat sulfida merupakan asal dari *bornite*. *Bornite* juga dapat terjadi dalam lingkungan temperatur tinggi dari pegmatite.

Komposisi atom-atom, ion-ion atau molekul-molekul zat padat yang memiliki susunan periodik dalam tiga dimensi disebut kristal. Struktur atom penyusun kristal, dapat dibagi menjadi tiga yaitu polikristal (*polycrystal*), kristal tunggal (*monocrystal*) dan *amorf* [8]. Ukuran dari kumpulan kristal-kristal

tunggal yang saling menumpuk yang membentuk benda padat dan sangat kecil disebut dengan polikristalin. Berbeda dengan struktur *amorf*, struktur *amorf* memiliki pola yang berbeda dengan *polikristalin* namun hampir sama dengan Kristal. Susunan atom-atom struktur *amorf* yang dimiliki tidak teratur. Perbedaan antara struktur kristal dan *amorf* ditunjukkan pada Gambar 6.

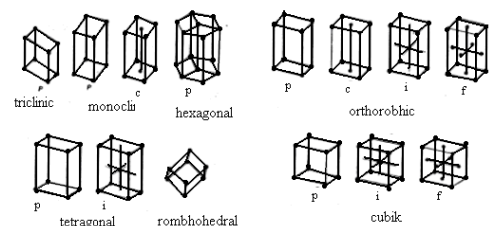


Gambar 6. Susunan Atom : (a). Susunan Atom Kristal dan (b). Susunan Atom Amorf [8].

Ikatan atomik dalam kristal, orientasi bidang kristal, dan jarak antar bidang kristal serta sistem merupakan bagian dari karakteristik bahan kristal [9]. Sistem kristal atau struktur Kristal adalah Susunan khas atom-atom dalam kristal. Crystal lattice adalah struktur kristal terdiri dari sel satuan atau *unit cell* yang merupakan sekumpulan atom tersusun dalam tiga dimensi [10]. Kristal memiliki susunan sel satuan yang berulang yang terdiri dari jutaan atom dengan berbagai bentuk dan ukuran.

Pola dasar dari kristal dapat diilustrasikan dalam bentuk yang sederhana biasanya disebut dengan kisi [9]. Posisi dimana atom-atom penyusun kristal berada disebut dengan Kisi. Susunan kisi yang berulang akan membentuk sistem kristal atau struktur kristal dalam bentuk tiga dimensi. Kristal memiliki Susunan sel satuan yang sama, yang letaknya berdampingan antara satu sama lainnya, dapat dikatakan sebagai Kisi. Kisi terdiri atas ada dua jenis kisi Bravais dan kisi non Bravais. Kisi Bravais adalah kisi yang memiliki titik kisinya sama atau ekuivalen. Sedangkan dalam kisi non Bravais, beberapa titik kisinya tidak sama dan tidak ekuivalen. Kisi Bravais mempelajari semua konsep dasar mengenai kristal padat yang menentukan susunan periodik dengan unit kristal secara teratur.

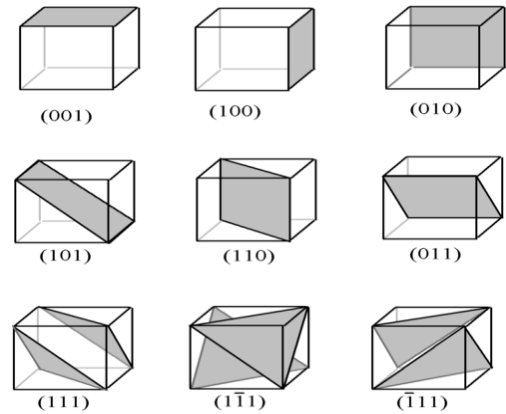
Berdasarkan parameter kisi, maka berbagai sel satuan dapat digolongkan dalam 7 sistem kristal dan 14 sistem Bravais yang seperti yang ditampilkan pada Gambar 7 dan Tabel 2.



Gambar 7. Empat Belas Kisi Bravais [9]

Tabel 2. Tujuh Sistem Kristal ^[11]

Sistem Kristal	Parameter Kisi	Kisi Bravais	Simbol
Kubik	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simpel Pusat badan Pusat muka	P I C
Monoklinik	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$	Simpel Pusat Dasar	
Triklinik	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$	Simpel	P
Tetragonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simpel Pusat Badan	P I
Orthorombik	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simpel Pusat Dasar Pusat Badan Pusat Muka	P C I F
Trigonal/Rhombohedral	$a = b = c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	Simpel	P
Rhombohedral	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	Simpel	P



Gambar 8. Perpotongan Bidang dan Sumbu

Struktur kristal ditentukan dengan difraksi sinar-X. Untuk menghitung jarak interplanar diperlukan angka signifikan hingga empat atau lebih dengan mengukur sudut difraksi yang merupakan keluaran dari XRD. Ini merupakan dasar untuk menentukan jarak antar atomik dan menghitung jari-jari ^[6]. Dari pola berkas difraksi sinar-X yang ada pada XRD dan dipantulkan oleh Kristal dari sana kita dapat menentukan orientasi kristal. Pola difraksi XRD diamati sebagai fungsi sudut 2θ . Sebagai data standar kemudian Pola difraksi yang terjadi dibandingkan dengan JCPDS.

Untuk menentukan jarak antar bidang-bidang kristal (hkl) pada ke tujuh kisi Bravais jika teridentifikasi sistem kristal pada bahan maka dapat menggunakan persamaan persamaan sebagai berikut ^[12]:

a. Kubik

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \dots \dots \dots (1)$$

b. Rombohedral

$$\frac{1}{d^2} = \frac{(h^2 + k^2 + l^2)\sin^2\alpha + 2(hk + kl + hl)(\cos^2\alpha)}{a^2(1 - 3\cos^2\alpha + 2\cos^3\alpha)} \dots \dots (2)$$

c. Tetragonal

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2} \dots \dots \dots (3)$$

d. Orthorombik

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \dots \dots \dots (4)$$

e. Monoklinik

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{\sin^2\beta} \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2 \sin^2\beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} + \frac{2hl \cos\beta}{ac} \right) \dots \dots (5)$$

f. Heksagonal

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + k^2 + hk}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} \dots \dots \dots (6)$$

g. Trikinik

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{v^2} (S_{11}h^2 + S_{22}k^2 + S_{33}l^2 + 2S_{12}hk^2 + 2S_{23}kl^2 + 2S_{13}hl^2) \dots (7)$$

Dengan V = volume satuan sel

$$S_{11} = b^2 c^2 \sin^2 \alpha, S_{12} = abc^2 (\cos^2 \alpha \cos^2 \beta - \cos \gamma) \dots (8)$$

$$S_{22} = a^2 c^2 \sin^2 \beta, S_{23} = a^2 bc (\cos^2 \beta \cos \gamma - \cos^2 \alpha) \dots (9)$$

$$S_{33} = a^2 b^2 \sin^2 \gamma, S_{23} = ab^2 c (\cos \gamma \cos \alpha - \cos \beta) \dots (10)$$

Faktor struktur ini dapat ditentukan dari intensitas yang dihamburkan oleh satu atom yang kemudian dapat menentukan kontribusi vektor gelombang dari atom-atom lainnya. Melalui persamaan :

$$F_{hkl} = \sum_{j=1}^N f_j e^{2\pi i(hu + kv + lw)} \dots (11)$$

Dalam persamaan ini:

- f : faktor hamburan
- F : faktor struktur
- N : Jumlah gelombang terhambur
- h, k, l : bidang kristal
- u, v, w : koordinat atom

Faktor struktur menentukan intensitas dari difraktogram yang merupakan keluaran dari XRD dan berperan penting untuk menentukan karakteristik dari kisi kristal. Dimana intensitas yang muncul sebanding dengan faktor struktur. Hal ini sesuai dengan persamaan

$$I = |f|^2 p \left(\frac{1 + \cos^2 2\theta}{\sin^2 \theta \cos \theta} \right) \dots (12)$$

Dimana I adalah intensitas, f adalah faktor struktur, p adalah faktor multiplisitas dan θ adalah sudut bragg [2].

Masing-masing kisi kristal memiliki faktor struktur yang berbeda-beda. Seperti halnya :

a. Sempel kubik

Sempel kubik merupakan jenis sel yang mempunyai atom-atom yang berada dibagian pojok-pojoknya saja. Dengan kata lain memiliki fraksi koordinat 0 0 0. Sehingga faktor struktur simpel kubik dapat diperlihatkan pada persamaan 20.

$$F = f e^{2\pi i(0)} = f \dots (13)$$

$$F^2 = f^2 \dots (14)$$

Artinya Intensitas selalu muncul pada sembarang nilai hkl

b. Kubik berpusat badan

Sel kubik berpusat badan memiliki dua atom yang sejenis berada pada 0 0 0 dan $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$. Memiliki faktor seperti pada persamaan :

$$F = f e^{2\pi i(0)} + f e^{2\pi i(\frac{h}{2} + \frac{k}{2} + \frac{l}{2})} = f [1 + f e^{\pi i(h+k+l)}] \dots (15)$$

Ketika (h+k+l) genap maka $F=2f$ dan $F^2 = 4f^2$

Ketika (h+k+l) ganjil maka $F=0$ dan $F^2 = 0$

Artinya jika bilangan ganjil maka pada intensitas muncul nilai $h+k+l$, dan jika bilangan genap ketika nilai $h+k+l$ intensitas tidak muncul.

c. Kubik berpusat muka

Sel ini berisi empat atom sejenis berada pada 000, $\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0$, $\frac{1}{2} 0 \frac{1}{2}$, dan $0 \frac{1}{2} \frac{1}{2}$. Sehingga faktor strukturnya:

$$F = f e^{2\pi i(0)} + f e^{2\pi i(\frac{h}{2} + \frac{k}{2})} + f e^{2\pi i(\frac{h}{2} + \frac{l}{2})} + f e^{2\pi i(\frac{k}{2} + \frac{l}{2})} \dots (16)$$

Jika h, k , dan l sama, maka ada tiga kesimpulan ($h+k$, ($h+l$) dan ($k+l$) adalah bilangan bulat genap dan dari setiap syarat pada persamaan di atas bernilai 1.

Maka

$$F = 4f \dots (17)$$

$$F^2 = 16f^2 \dots (18)$$

Jumlah dari tiga eksponensial adalah -1 jika h, k , dan l tidak sama,

Maka

$$F = 0 \dots (19)$$

$$F^2 = 0 \dots (20)$$

Artinya Intensitas muncul jika $h+k+l$ semua genap atau semua ganjil, dan ketika $h+k+l$ campuran intensitas tidak muncul antara genap dan ganjil.

Lebar ukuran butir XRD adalah merupakan fungsi dari ukuran partikel, maka ukuran kristal (D) dinyatakan dalam Persamaan Scherrer berikut [9] :

$$D = K \frac{\lambda}{B \cos(\theta_B)} \dots (21)$$

Dengan D adalah ukuran (diameter) kristalin, λ (lamda) adalah panjang gelombang pada 1.54 Å, θ_B adalah sudut Bragg, B adalah FWHM yang merupakan satu puncak yang dipilih dari difraktogram XRD, dan K adalah konstanta material yang nilainya kurang dari satu. Nilai yang umumnya dipakai untuk $K \approx 0,9$.

Bentuk lain lebih umum lagi adalah menggunakan parameter B bukan sebagai FWHM dari puncak difraksi, tetapi menggunakan B dari persamaan Warren, yaitu:

$$B = \sqrt{FWHM_{sp}^2 - FWHM_{st}^2} \dots (22)$$

Lebar puncak difraksi sampel pada setengah maksimum disebut dengan $FWHM_{sp}$ dan lebar puncak difraksi Kristal yang sangat besar yang lokasi puncaknya berada di sekitar lokasi puncak sampel yang akan dihitung disebut $FWHM_{st}$. Tetapi,

umumnya $FWHM_{st}$ sangat kecil sehingga persamaan (25) dapat dianggap sebagai aproksimasi yang cukup baik [9].

X-Ray Diffractometer digunakan untuk menentukan karakteristik ditinjau dari fasa, struktur dan ukuran butir tembaga oksida yang terkandung pada bijih tembaga. *X-Ray Diffractometer* digunakan untuk menentukan karakteristik ditinjau dari fasa, struktur dan ukuran butir tembaga oksida yang terkandung pada bijih tembaga.

Tiga komponen dasar pada *x-ray diffractometer* yaitu sinar-x, tempat sampel dan detektor yang terletak pada suatu lingkaran yang sejajar dengan lingkaran fokus. Sinar-x yang dihasilkan dari tabung sinar-x yang berisi katoda memanaskan filament, sehingga menghasilkan elektron. Perbedaan tegangan menyebabkan percepatan electron akan menembaki objek. Elektron mempunyai tingkat energi yang tinggi menabrak elektron dalam objek sehingga dihasilkan pancaran sinar-x. Detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-x.

Hasil keluaran yang berbentuk grafik yang dinamakan difraktogram. Akan nampak difraktogram dari detektor yang merekam dan memproses sinyal sinar-x dan mengolahnya dalam bentuk grafik yang merupakan keluaran dari XRD. Difraktogram menyatakan hubungan antara intensitas dengan sudut difraksi (2θ).

METODE PENELITIAN

Sampel pada penelitian ini adalah material tembaga yang diperoleh dari daerah Daerah Pinti Kayu Kecamatan Koto Parik Gadang Diateh Kabupaten Solok Selatan.

Proses persiapan sampel

Bijih tembaga yang telah diperoleh dipisahkan dari pengotor dengan cara dicuci dan dikeringkan, selajutnya sebelum dihaluskan bijih tembaga terlebih dahulu dilakukan penghancuran menggunakan mortar baja supaya bongkahan bijih tembaga tadi menjadi hancur dan berukuran kecil. Mineral tembaga yang berukuran kecil tadi digerus menggunakan mortar dan lumpang supaya mendapat butiran-butiran lebih halus dan homogen. Proses penggerusan dilakukan selama 3,5 jam. Bijih tembaga yang telah digerus diayak dengan ayakan otomatis berukuran 0,075 mm bertujuan supaya ukuran butirnya sama. Bijih tembaga hasil penghalusan ini digunakan untuk dianalisis XRD.

Proses Pemanasan

Hasil dari persiapan sampel yang digunakan dalam analisis XRD dipanaskan sebelumnya dengan variasi suhu menggunakan *furnace*. Masing-masingnya dikalsinasi pada temperatur 145°C ,

300°C , 850°C dan 1000°C dengan lama waktu penahanan selama 1 jam.

Karakterisasi

Sampel dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui kandungan mineral tembaga yang terdapat dari mineral tembaga dan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui sifat fisis Mineral tembaga sebelum dan sesudah di beri variasi temperatur. Sifat fisis ditinjau dari jenis fasa, struktur kristal dan ukuran butir kristal.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian

Hasil penelitian terdiri dari identifikasi kadar kandungan tembaga oksida pada bijih tembaga dari XRF. Identifikasi fasa, struktur, dan ukuran butir kristal dari hasil pengujian XRD. Pada data hasil pengukuran XRD yang telah dicocokkan dengan *database* diperoleh fasa penyusun sampel bijih tembaga, selain itu juga diperoleh struktur kristal yang meliputi parameter kisi (α , β , γ , a, b, dan c), grup ruang, sistem kristal yang terdapat pada masing-masing sampel bijih tembaga. Setelah dilakukan pencocokan dengan *database*, maka dapat diperoleh struktur dari setiap sampel bijih tembaga secara langsung. Struktur dari masing-masing sampel bijih tembaga ditampilkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 analisis data untuk bijih tembaga sebelum dikalsinasi mengandung fasa *malachite* dengan struktur *monoclinic* unit sel $a=c=90 \text{ \AA}$ $b=98,65 \text{ \AA}$. Sampel bijih tembaga yang dikalsinasi pada temperatur 145°C mengandung fasa *malachite* dengan struktur *monoclinic* unit sel $a=c=90 \text{ \AA}$ $b=98,65 \text{ \AA}$, fasa *tenorite* dengan struktur *monoclinic* unit sel $a=4,6835 \text{ \AA}$ $b=3,4257 \text{ \AA}$ $c=5,1303 \text{ \AA}$, fasa *chalcocite* dengan struktur *hexagonal* unit sel $a=b=3,8900 \text{ \AA}$ $c=6,6700 \text{ \AA}$. Sampel bijih tembaga yang dikalsinasi pada temperatur 300°C mengandung fasa *malachite*, fasa *tenorite*, dan fasa *chalcocite* yang memiliki struktur yang sama dengan sampel tanpa dikalsinasi, sedangkan fasa *cuprite* memiliki struktur *cubic* unit sel $a=b=c=4,2670 \text{ \AA}$. Pada bijih tembaga yang dikalsinasi dengan temperatur 850°C muncul dua fasa yaitu fasa *tenorite* dengan struktur *monoclinic* unit sel $a=4,6835 \text{ \AA}$ $b=3,4257 \text{ \AA}$ $c=5,1303 \text{ \AA}$ dan fasa *chalcocite* dengan struktur *hexagonal* unit sel $a=b=3,8900 \text{ \AA}$ $c=6,6700 \text{ \AA}$. Pada bijih tembaga yang dikalsinasi dengan temperatur 1000°C memiliki struktur fasa *tenorite* dengan struktur *monoclinic* unit sel $a=4,6835 \text{ \AA}$ $b=3,4257 \text{ \AA}$ $c=5,1303 \text{ \AA}$.

Tabel 3. Pengaruh temperatur kalsinasi terhadap perubahan struktur tembaga oksida

No	Suhu (°C)	Fasa	Struktur							
			a	b	c	α	β	γ	Grup Ruang	Sistem Kristal
1	Sebelum diKalsinasi	<i>Malachite</i>	3,2432	11,9565	9,4911	90	98,65	90	P21/c	Monoclinic
		<i>Tenorite</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Chalcosite</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Cuprite</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
2	145	<i>Malachite</i>	3,2432	11,9565	9,4911	90	98,65	90	P21/c	Monoclinic
		<i>Tenorite</i>	4,6853	3,4257	5,1303	90	99	90	C2/c	Monoclinic
		<i>Chalcosite</i>	3,8900	3,8900	6,6700	90	90	120	P63/mmc	Hexagonal
		<i>Cuprite</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
3	300	<i>Malachite</i>	3,2432	11,9565	9,4911	90	98,65	90	P21/c	Monoclinic
		<i>Tenorite</i>	4,6853	3,4257	5,1303	90	99	90	C2/c	Monoclinic
		<i>Chalcosite</i>	3,8900	3,8900	6,6700	90	90	120	P63/mmc	Hexagonal
		<i>Cuprite</i>	4,2670	4,2670	4,2670	90	90	90	Pn-3m	Cubic
4	850	<i>Malachite</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Tenorite</i>	4,6853	3,4257	5,1303	90	99	90	C2/c	Monoclinic
		<i>Chalcosite</i>	3,8900	3,8900	6,6700	90	90	120	P63/mmc	Hexagonal
		<i>Cuprite</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1000	<i>Malachite</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Tenorite</i>	4,6853	3,4257	5,1303	90	99	90	C2/c	Monoclinic
		<i>Chalcosite</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Cuprite</i>	-	-	-	-	-	-	-	-

Pembahasan

Kadar Kandungan Tembaga Oksida Dari Daerah Pinti Kayu Kec. KPGD Kab. Solok Selatan

Tabel 4. Kandungan bijih tembaga

Nama Senyawa	Komposisi (%)	Nama Unsur	Komposisi (%)
Al ₂ O ₃	0,331	Al	0,193
SiO ₂	5,072	Si	2,909
CuO	89,65	Cu	92,735
Er	0,469	Er	0,644
Ag ₂ O	0,557	Ag	0,646
TiO ₂	0,009	Ti	0,007
ZnO	0,639	Zn	0,669
MnO ₂	0,581	Mn	0,464
Cl	0,008	Cl	0,01
P ₂ O ₅	0,739	P	0,397
Eu	0,05	Eu	0,063

Bijih tembaga yang berasal dari daerah Nagari Pinti Kayu Kec. Koto Parik Gadang Diath Kabupaten Solok Selatan Sumatera Barat mengandung senyawa tembaga oksida dengan kadar 89,65%, disusul senyawa yang lain sebagai pengotornya. Kadar tembaga pada bijih tembaga ini tergolong tinggi bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Tingginya kadar tembaga pada bijih

tembaga disebabkan oleh proses terbentuknya, dimana bijih tembaga ini terbentuk oleh proses metasomatis kontak (Menurut Laporan Pemetaan Geologi Kabupaten Solok Selatan yang diterbitkan Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Sumatera Barat, 2005) dengan tipe kontak hidrotermal^[1].

Meningkatnya temperatur kalsinasi menyebabkan berubah fasa dari suatu material, hal ini juga menyebabkan struktur dari material juga dapat berubah. Ketika terjadi transformasi fasa *malachite* ke *chalcosite* dan *chalcosite* ke *tenorite*, terjadi pula perubahan struktur dari bijih tembaga tersebut.

Pengaruh Temperatur Kalsinasi Terhadap Perubahan Struktur Tembaga Oksida

Perubahan struktur yang terjadi yaitu sampel bijih tembaga yang dikalsinasi pada temperatur 145°C mengandung fasa *malachite* dengan struktur *monoclinic* unit sel $a=c=90 \text{ \AA}$ $b=98,65 \text{ \AA}$, fasa *tenorite* dengan struktur *monoclinic* unit sel $a=4,6835 \text{ \AA}$ $b=3,4257 \text{ \AA}$ $c=5,1303 \text{ \AA}$, fasa *chalcosite* dengan struktur *hexagonal* unit sel $a=b=3,8900 \text{ \AA}$ $c=6,6700 \text{ \AA}$. Sampel bijih tembaga yang dikalsinasi pada temperatur 300°C mengandung fasa *malachite*, fasa *tenorite*, dan fasa *chalcosite* yang memiliki struktur yang sama dengan sampel tanpa dikalsinasi, sedangkan fasa *cuprite* memiliki struktur *cubic* unit sel $a=b=c=4,2670 \text{ \AA}$. Pada bijih tembaga yang

dikalsinasi dengan temperatur 850⁰C muncul dua fasa yaitu fasa *tenorite* dengan struktur *monoclinic* unit sel $a=4,6835 \text{ \AA}$ $b=3,4257 \text{ \AA}$ $c=5,1303 \text{ \AA}$ dan fasa *chalcocite* dengan struktur *hexagonal* unit sel $a=b=3,8900 \text{ \AA}$ $c=6,6700 \text{ \AA}$. Pada bijih tembaga yang dikalsinasi dengan temperatur 1000⁰C memiliki struktur fasa *tenorite* dengan struktur *monoclinic* unit sel $a=4,6835 \text{ \AA}$ $b=3,4257 \text{ \AA}$ $c=5,1303 \text{ \AA}$.

Peningkatan unit sel disebabkan pada sampel 850⁰C dan 1000⁰C tidak mengalami lagi transformasi fasa, sehingga energi panas yang diperoleh tersebut digunakan oleh atom-atomnya untuk saling bergetar dengan jarak antar atom semakin membesar^[6]. Semakin besar jarak antar atom maka semakin besar juga unit selnya. \

Pengaruh Temperatur Kalsinasi Terhadap Perubahan Fasa

Berdasarkan Tabel 3 untuk analisa XRD sebelum kalsinasi terlihat puncak *malachite* memiliki intensitas relative tinggi dibandingkan jenis mineral lainnya. Apabila ditinjau dari warnanya sampel ini sesuai dengan karakteristik batuan tembaga. Pada sampel dengan variasi suhu 145⁰C berdasarkan hasil perbandingan data pengukuran dan data base dari intensitas relative dan sudut difraksi diperoleh fasa yaitu *malachite* ($\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$), *tenorite* (CuO), dan *chalcocite* (Cu_2S) dimana perubahan fasa ini terjadi akibat getaran atom sehingga didalam sampel akan terjadi penggabungan yang membentuk fasa baru, hal ini dijelaskan bahwa mineral *malachite* akibat dekomposisi termal akan membentuk mineral *tenorite* ataupun *chalcocite*.

Pada suhu 300⁰C dan 850⁰C fasa yang terbentuk adalah *tenorite*, *chalcocite*, dan *cuprite*. Disini semakin terlihat fasa sebelumnya *malachite* yang berubah menjadi *tenorite* dan *chalcocite* pada suhu 300⁰C membentuk fasa *cuprite* sedangkan variasi suhu 850⁰C terlihat dua fasa yang terbentuk yaitu *tenorite* dan *chalcocite*. Fasa *cuprite* yang sebelumnya terlihat pada temperature 300⁰C menghilang pada temperatur 850⁰C. Pada suhu 1000⁰C puncak yang ditunjukkan pada difraktogram menunjukkan satu fasa yaitu *tenorite*. Hal ini terjadi akibat pengaruh variasi temperatur yang membuat terjadi pelepasan air dan unsure pengotor lainnya sehingga menemukan senyawa CuO atau *tenorite*.

KESIMPULAN

Pada hasil pengukuran menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dapat diketahui kadar kandungan tembaga oksida di dalam bijih tembaga Nagari Pinti Kayu Kecamatan Koto Parik Gadang Diatesh Kabupaten Solok Selatan Sumatera Barat yaitu 89,65%. Pemberian variasi temperatur kalsinasi

pada bijih tembaga dari Nagari Pinti Kayu Kabupaten Solok Selatan mempengaruhi perubahan struktur tembaga oksida yang terbentuk. Perubahan struktur yang terjadi dari *monoclinic* dengan unit sel $a=4,6835 \text{ \AA}$ $b=3,4257 \text{ \AA}$ $c=5,1303 \text{ \AA}$ ke struktur *cubic* unit sel $a=b=c=4,2670 \text{ \AA}$ kemudian *hexagonal* unit sel $a=b=3,8900 \text{ \AA}$ $c=6,6700 \text{ \AA}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2013 dengan judul “Karakterisasi Fisika Mineral Ekonomis Sumatera Barat menggunakan Difraksi Sinar-X”, dengan nomor kontrak 252/UN35.2/PG/2014 tanggal 17 April 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Efi, Yulian. 2013. *Potensi Energi dan Sumber Daya Mineral*. Kab.Solok Selatan : ESDM Kabupaten Solok Selatan.
- (2) Departemen Perindustrian Republik Indonesia (DPRI). 2008. *Studi Peningkatan Nilai Tambah Sumber Daya Alam Tembaga*. Jakarta
- (3) Ohya T, Et Al. 2000. *Preparation and Characterization of Nanostructured CuO Thin Film for Photoelectrochemical Splitting of Water*. Dayalbagh Educational Institute, India
- (4) Emel, Seran. 2010. *Tembaga: Tambang, Sifat dan Kegunaannya*. http://wanibesak.wordpress.com/diakses_tanggal_10_Maret_2014
- (5) *Mineralogical Magazine* (1998): 62: 607
- (6) RM. Bagus Irawan, Purwanto, Hadiyanto. (2013). *Karakteristik Katalis Tembaga Pada Catalytic Converter Untuk Mengurangi Emisi Gas Karbon Monoksida Motor Bensin*
- (7) Ford, W. E., 2005, *Dana's Textbook of Mineralogy With an Extended Treatise on Crystallography and Physical Mineralogy*, Stash Kumar Jain, New Delhi.
- (8) Smallman R.E. R.J.Bishop. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta : Erlangga
- (9) Abdullah, Mikrajuddin. 2009. *Pengantar Nanosains*. Bandung. ITB Bandung.
- (10) Istiyono, Edi. 2000. *Fisika Zat Padat 1*. Handout Kuliah. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- (11) Van Vlack Lawrence H. 2004. *Elemen-elemen ilmu dan rekayasa material*. Edisi keenam. Jakarta : Erlangga
- (12) Cullity.1956. *Element of X-Ray Diffraction*. Adison-Wesley Pub,Co.Inc. Massachusetts