

ANALISIS STRUKTUR BIJIH MANGAN HASIL PROSES SINTER YANG TERDAPAT DI NAGARI KIAWAI KECAMATAN GUNUNG TULEH KABUPATEN PASAMAN BARAT

Phobi Juwandari Putri¹⁾, Ratnawulan²⁾, dan Gusnedi³⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

³⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

phobiputri@gmail.com

ABSTRACT

The Research to analyze the structure of manganese ore sinter processes occurring in the area Kiawai Sub District of Gunung Tuleh Regency of west Pasaman. In this research use XRF and XRD characterization tool. The results showed a transformation in the structure. Changes in the structure of the manganese ore minerals may occur as a result of warming temperatures. Structural changes that occur are tetragonal pyrolusite structure with a unit cell $a = b = 4.4000 \text{ \AA}$ and $c = 2.8700 \text{ \AA}$ to the cubic bixbyite structure with a unit cell $a = b = c = 9.4091 \text{ \AA}$ and then to the tetragonal hausmannite structure $a = b = 5.7630 \text{ \AA}$ and $c = 9.4560 \text{ \AA}$. On the other hand also occur that the incorporation of bixbyite with a Rhodonite. Changes in the unit cell obtained by unit cell $a = 7.6140$ $b = 11.8480$ and $c = 6.6990$ the new braunite structure becomes tetragonal unit cell with $a = b = 9.4200$ and $c = 18.670$.

Keywords : Manganese ore, Sintering Temperature, Structure

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam yang melimpah salah satunya adalah bijih mangan. Bijih mangan mengandung senyawa oksida yang bernilai tinggi dengan kadar yang bervariasi di setiap wilayah. Sampel bijih mangan yang diperoleh dari daerah Australia memiliki kadar 70-81,9% dan di daerah Norwegia 66%^[11]. Sementara itu di Indonesia kadar bijih mangan MnO_2 yang terdapat di Provinsi Jawa Barat mengandung kadar rata-rata mangan dari Srti (49,89%), Bleber (74,19 %) dan Candirenggo (56,82 %) ^[3]. Di Sumatera Barat terdapat beberapa daerah yang memiliki kadar bijih mangan yang cukup besar, salah satunya di daerah Kabupaten Sijunjung dengan kadar 66,3%^[15].

Sumatra Barat memiliki komposisi bijih mangan dengan kadar yang cukup tinggi mencapai 42,2%^[14]. Daerah yang berpotensi memiliki kadar bijih mangan tersebut yaitu daerah Kiawai Kecamatan Gunung Tuleh Kabupaten Pasaman Barat. Keberadaan bijih mangan ini hanya di eksploitasi dalam keadaan mentah (*raw material*) sehingga mempunyai nilai jual yang rendah.

Bijih mangan mengandung senyawa oksida yang bernilai ekonomis dengan kadar yang bervariasi di setiap wilayah. Bijih mangan merupakan suatu senyawa oksida dimana didalamnya terdapat jenis-jenis mineral *pyrolusite*, *manganite*, *bixbyite*, *psilomelane*, *hausmannite*, *rhodokrosite*, *rhodonite* ^[13]. Manfaat mineral bijih mangan *pyrolusite*, *bixbyite*, *hausmannite* digunakan untuk industri baterai^[9].

Bijih mangan merupakan salah satu unsur yang paling banyak terdapat di dalam kerak bumi^[9]. Bijih mangan berwarna hitam kelabu, seperti besi. Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa warna bijih mangan yang bervariasi sesuai dengan jenis masing-masing mineralnya^[9]. Bijih mangan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan industri baterai seiring dengan kemajuan teknologi.

Perlu dilakukan penelitian struktur bijih mangan yang dipreparasi dari daerah Sumatra Barat. Salah satu cara mendapatkan mangan oksida dengan melakukan proses pemanasan atau sintering. sintering dapat merubah struktur mineral^[18]. Mineral yang sama di setiap kawasan memiliki struktur yang berbeda. Tatahan geologi dan proses mineralisasi di setiap wilayah menyebabkan perbedaan struktur mangan oksida yang terbentuk.

Sifat-sifat fisis material padat salah satunya ditentukan oleh struktur kristal material tersebut. Struktur kristal dapat ditentukan menggunakan metode difraksi sinar-x^[11]. Data mentah dari hasil difraksi di analisis dengan software sehingga didapatkan struktur senyawa penyusun sampel tersebut, diantaranya konstanta kisi d_{hkl} , sistem kristalnya dan bidang kristal. Semuanya dapat mempengaruhi sifat bahan.

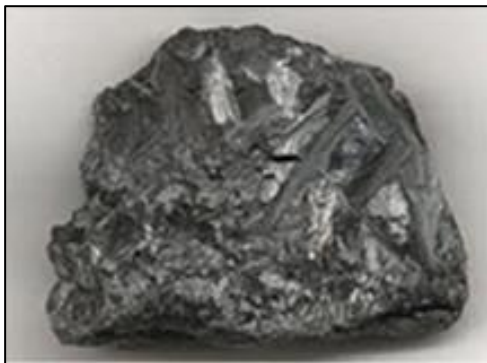
Sifat bahan akan berubah apabila diberikan perlakuan seperti pemanasan pada sumber daya bijih mangan tersebut. Peristiwa ini dapat dijelaskan secara fisika, ketika sampel bijih mangan dipanaskan pada temperatur tertentu maka terjadi perubahan struktur mineral pada sampel bijih mangan menjadi mineral baru yang juga bermanfaat bagi industri.

Perubahan struktur dari mineral bijih mangan dapat terjadi akibat temperatur sintering^[12].

Mineral *pyrolusite* berstruktur tetragonal dapat menjadi mineral *bixbyite* berstruktur kubik pada temperatur sintering diatas 400°C. Mineral *bixbyite* dapat menjadi mineral *hausmannite* berstruktur tetragonal pada temperatur sintering 400°C^[17]. Penelitian lain menemukan mineral *bixbyite* berupa lapisan tipis mangan oksida terjadi pada temperatur sintering 400°C^[12]. Selain perbedaan temperatur sintering dalam perubahan struktur juga dipengaruhi oleh kandungan lain yang terdapat pada bijih mangan. Seperti mengandung sejumlah kecil Si, Al, Ca, P, K, Ba, Ag, dan unsur lainnya^[13].

Endapan bijih mangan terbentuk dengan berbagai cara yaitu proses hidrothermal yang dijumpai dalam bentuk sedimenter ataupun residu. Endapan mangan sedimenter merupakan endapan bijih mangan yang banyak dijumpai dan mempunyai nilai ekonomis. Salah satu jenis mangan oksida yang sering dijumpai dalam cebakan bijih yang bernilai ekonomis yaitu *pyrolusite*, *bixbyite*, dan *hausmannite*.

Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa warna bijih mangan yang bervariasi sesuai dengan jenis masing-masing mineralnya. Gambar 1 memperlihatkan kenampakan warna dari mineral bijih mangan *pyrolusite* berupa warna hitam, kelabu, hitam kecoklatan.

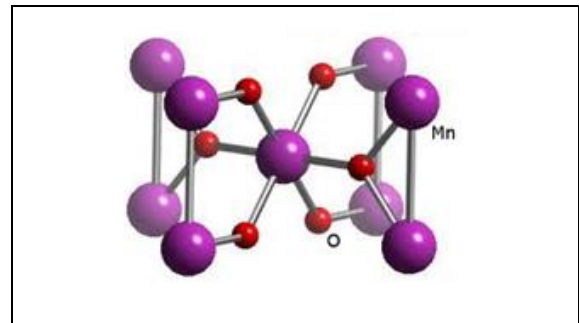


Gambar 1. Kenampakan Bijih Mangan^[9].

Kenampakan kilap yaitu seperti kilap kaca, kilap logam dapat pula suram dan gelap. Pada bijih mangan terdapat jenis mangan oksida seperti *pyrolusite*, *bixbyite*, *psilomelane*, *hausmannite*, *rhodokrosit* dan *rhodonite*^[13]. Adapun karakteristik komposisi mineral dan komposisi kimia dari bijih mangan tersebut sebagai berikut^[13].

Pyrolusite berbentuk kristal tetragonal jarang dijumpai sebagai kristal yang sempurna di alam. Senyawa bijih mangan ini dijumpai dalam bentuk serat-serat, gumpalan-gumpalan, atau adonan menyerupai lumpur. Sifat umum dari *pyrolusite* yaitu sistem kristal tetragonal dengan dimensi sel $a = 4,39 \text{ \AA}$ dan $c = 2,86 \text{ \AA}$. *Pyrolusite* mempunyai kekerasan

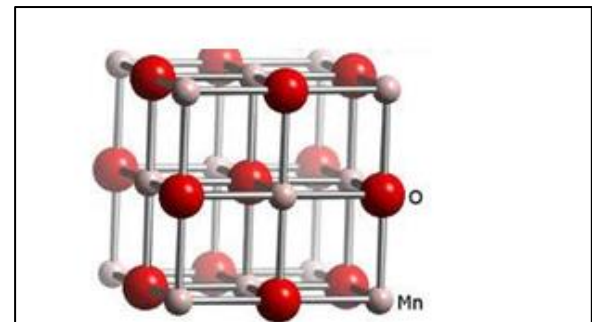
2,0-2,5 dan berat jenis ialah 4,7-4,8 g cm⁻³ serta dengan Grup ruang P4₂//mnm^[6]. Adapun struktur dari *pyrolusite* ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Tetragonal *Pyrolusite*^[8].

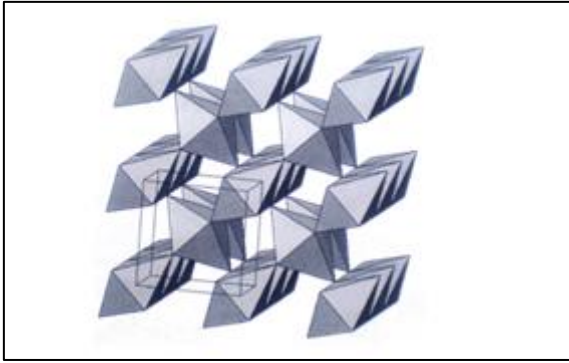
Pada Gambar 2 menampilkan bahwa *pyrolusite* memiliki struktur tetragonal. Struktur *pyrolusite* tersebut membuat *pyrolusite* dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi pembuatan baterai-sel kering. Karena sebagai pendepolarisasi dan oksidator sel baterai^[9].

Bentuk struktur *bixbyite* yang merupakan salah satu jenis mangan oksida yang seperti yang ditampilkan pada Gambar 3 membuat *bixbyite* dijadikan katalis untuk karbon monoksida dan oksidasi polutan organik serta dapat mendekomposisi nitrogen oksida^[7]. *Bixbyite* mempunyai sistem kristal kubik, dengan dimensi sel $a = 9,41 \text{ \AA}$, $b = 9,41 \text{ \AA}$, $c = 9,41 \text{ \AA}$ serta grup ruang Ia-3. Kekerasan dan berat jenis *bixbyite* hampir sama dengan *pyrolusite*.



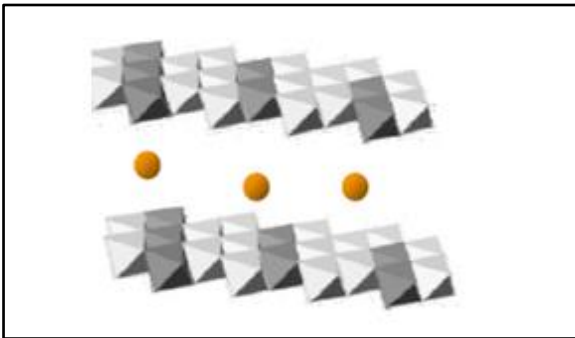
Gambar 3. Struktur Kubik *Bixbyite*^[8].

Hausmannite mempunyai sistem kristal berbentuk tetragonal dengan dengan dimensi sel nya $= 5,76 \text{ \AA}$, $b = 5,76 \text{ \AA}$, $c = 9,45 \text{ \AA}$ serta grup ruang 141/amd. Berat jenis 4,7-4,8 g cm⁻³ berwarna hitam kecoklatan. *Hausmannite* memiliki kilap seperti logam. *Hausmannite* diaplikasikan sebagai material elektronik magnet keramik dan bahan material semikonduktor^[18]. Gambar 4 menampilkan bentuk struktur *hausmannite*.



Gambar 4. Struktur Tetragonal *Hausmannite* ^[18].

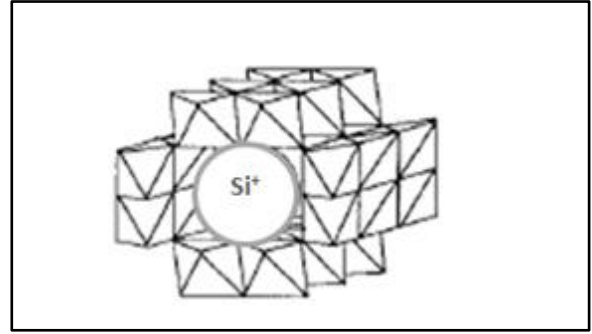
Rhodonite mempunyai sistem kristal triklin dan memiliki warna hitam kecoklat-coklatan. Adapun karakteristik dari *rhodonite* mempunyai sistem kristal *anorthic* atau triklin dengan dimensi sel $a = 7,61 \text{ \AA}$, $b = 11,84 \text{ \AA}$, $c = 6,69 \text{ \AA}$ serta grup ruang P-1. Adapun struktur dari *rhodonite* ditampilkan pada Gambar 5



Gambar 5. Struktur Triklinik *Rhodonite* ^[18].

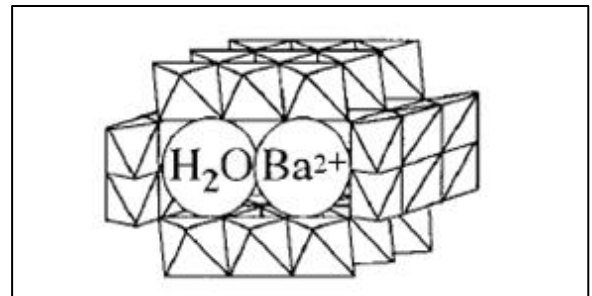
Rhodonite memiliki kekerasan 5-6. Kilap seperti gelap, suram seperti kaca. Dengan demikian *rhodonite* dimanfaatkan untuk sebagai bahan pewarna keramik, menghilangkan unsur organik gelas, dan mengoksidasi ion sebagai penghilang warna gelas ^[9].

Braunite berwarna coklat kehitaman sering mengandung silika sebanyak 10%. *Braunite* berserat umumnya dijumpai dalam cebakan sekunder. *Braunite* mempunyai sistem kristal berbentuk tetragonal dengan dengan dimensi sel nya $a = 9,42 \text{ \AA}$ $b = 9,42 \text{ \AA}$ $c = 18,67 \text{ \AA}$ serta grup ruang $1-4c2$. Adapun struktur dari *braunite* ditampilkan pada Gambar 6.



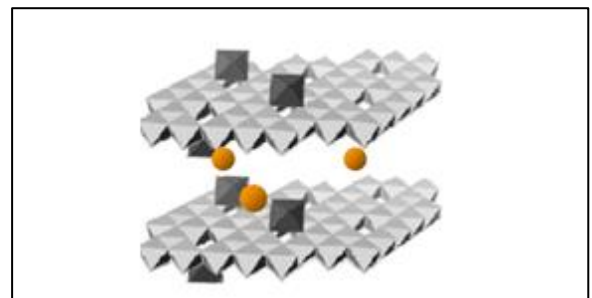
Gambar 6. Struktur Tetragonal *Braunite* ^[8].

Psilomelane berwarna coklat atau hitam dan berkilap seperti logam. Sifat kristal *psilomelane* lebih sering bersifat amorf dan sering mengandung unsur-unsur alkalin, seperti Ca, Na, dan Ba dalam proporsi yang tidak stoikiometrik ^[11]. Sifat umum dari *psilomelane* yaitu sistem kristal monoklin dengan dimensi sel $a = 9,56 \text{ \AA}$, $b = 2,88 \text{ \AA}$ $c = 13,85 \text{ \AA}$ dan grup ruang $A2/m$ ^[6]. Adapun struktur dari *psilomelane* ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur Monoklin *Psilomelane* ^[18].

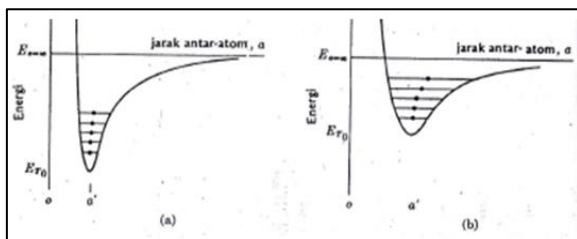
Rhodochrosite dengan sistem kristal benbentuk hexagonal berwarna merah muda. *Rhodochrosite* sering berasosiasi dengan mineral-mineral mangan lainnya seperti tembaga, perak, timbal. Sifat umum dari *rhodochrosite* yaitu sistem kristal heksagonal dengan dimensi sel nya $a = 4,78 \text{ \AA}$, $c = 15,67 \text{ \AA}$ dan grup ruangnya $R\bar{3}c$ ^[6]. Adapun struktur dari *rhodochrosite* ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur Heksagonal *Rhodochrosite* ^[18].

Pada Gambar 8 menampilkan bahwa *rhodochrosite* memiliki struktur heksagonal. Struktur *rhodochrosite* seperti itu membuat *rhodochrosite* dapat dimanfaatkan sebagai material awal untuk membuat senyawa mangan lainnya dan dimanfaatkan sebagai bijih perhiasan^[9].

Ketika bijih mangan dipanaskan pada temperatur tertentu maka terjadi perubahan struktur mineral pada sampel bijih mangan menjadi mineral baru. Perubahan struktur dari mineral bijih mangan dapat terjadi akibat temperatur pemanasan^[12]. Berubahnya struktur dari material akibat temperatur disebabkan karena ketika suatu material dipanaskan maka akan terjadi peningkatan energi memungkinkan atom-atom bergetar pada jarak antar atom yang lebih besar^[19]. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 9.



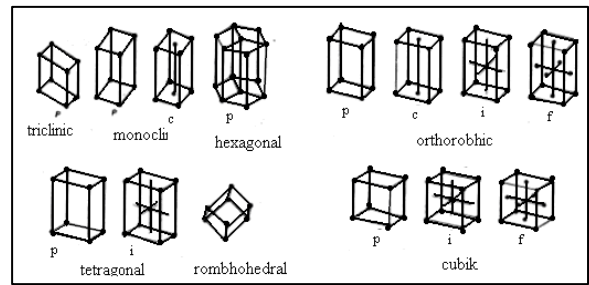
Gambar 9. Energi dan Pemuaihan, a. Bahan Padat Dengan Ikatan Kuat dan b. Bahan Padat dengan Ikatan lemah^[19]

Gambar 9 memperlihatkan pengaruh energi terhadap jarak antar atom. Semakin besar energi yang diberikan maka jarak antar atom akan semakin menjauh. Berubahnya jarak antar atom akan mempengaruhi struktur dari material. Untuk suatu level energi tertentu (temperatur), atom-atom dapat saling menjauhi dengan lebih mudah dan lebih sulit untuk menekannya. Pengaruh energi terhadap jarak antar atom, yaitu semakin besar energi yang diberikan maka jarak antar atom akan semakin menjauh. Berubahnya jarak antar atom akan mempengaruhi struktur dari material.

Pola dasar atau pola geometri dari struktur kristal dapat diilustrasikan dalam bentuk yang sederhana yang disebut kisi. Kisi merupakan posisi dimana atom-atom penyusun kristal berada. Susunan kisi yang periodik akan membentuk sistem kristal atau struktur kristal dalam bentuk tiga dimensi. Kisi dapat dikatakan sebagai susunan sejumlah besar sel satuan yang susunannya sama, letaknya berdampingan satu sama lainnya. Ada dua jenis kisi Bravais dan kisi non Bravais.

Kisi bravais adalah kisi yang semua titik kisinya sama atau *equivalen*. Sedangkan dalam kisi non bravais, beberapa titik kisinya tidak sama. Semua konsep dasar mengenai kristal padat dideskripsikan oleh kisi Bravais, yang menentukan susunan periodik dengan unit kristal yang berulang secara teratur^[1].

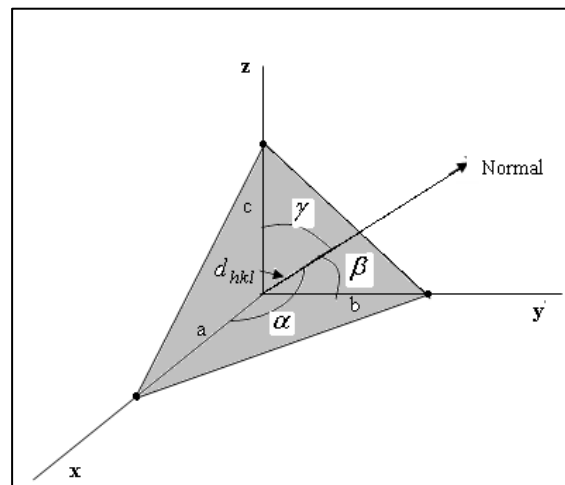
Gambar 10 merupakan visualisasi struktur kristal yang sesuai dengan nilai a, b, c dan α, β dan γ .



Gambar 10. Tujuh Sistem Kristal Dengan Empat Belas Kisi Bravais^[1].

Kisi-kisi pada Gambar 10 mendefinisikan suatu pengulangan titik yang periodik. Kita dapat menggantung atom-atom, molekul-molekul, atau kombinasi atom lain di titik-titik kisi. Struktur kristal terbentuk dari ikatan atom-atom penyusun kristal dan orientasi bidang kristal^[1].

Jarak antar bidang kristal merupakan jarak atom antar permukaan kristal yang saling berdekatan. Jarak antar bidang kristal dari indeks Miller ditulis dengan simbol d_{hkl} . Gambar 11. menggambarkan jarak antara bidang kristal yang saling tegak lurus.



Gambar 11. Jarak antar bidang d_{hkl} ^[1].

Pada Gambar 11 dapat dihitung d_{hkl} dengan menarik garis normal dari pusat koordinat menuju bidang kristal. Sudut garis normal dengan sumbu x adalah α , dengan sumbu y adalah β dan dengan sumbu z adalah γ . Untuk menentukan Jarak antar bidang-bidang kristal (hkl) pada ke tujuh kisi Bravais jika teridentifikasi sistem kristal pada bahan maka dapat menggunakan persamaan-persamaan pada Tabel 1^[4].

Tabel 1. Persamaan Untuk Menentukan Jarak Antar Bidang-Bidang Kristal _(hkl) pada Ke Tujuh Kisi Bravais ^[4].

No	Sistem Kristal	Persamaan Parameter Kisi
1	Kubik	$\frac{1}{\alpha^2} = \left(\frac{h^2+k^2+l^2}{\alpha^2}\right)$
2	Monoklinik	$\frac{1}{\alpha^2} = \frac{1}{\sin^2\beta} \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2 \sin^2\beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hlc\cos\beta}{ac}\right)$
3	Trikinik	$\frac{1}{\alpha^2} = \frac{1}{v^2} (S_{11}h^2 + S_{22}k^2 + S_{33}l^2 + 2S_{12}hk + 2S_{23}kl + 2S_{31}hl)$
4	Tetragonal	$\frac{1}{\alpha^2} = \frac{h^2+k^2}{\alpha^2} + \frac{l^2}{c^2}$
5	Orthorombik	$\frac{1}{\alpha^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$
6	Rombohedral	$\frac{1}{\alpha^2} = \frac{(h^2+k^2+l^2)\sin^2\alpha + 2(hk+kl+hl)(\cos^2\alpha)}{\alpha^2(1-3\cos^2\alpha+2\cos^3\alpha)}$
7	Trikinik	$\frac{1}{\alpha^2} = \frac{1}{v^2} (S_{11}h^2 + S_{22}k^2 + S_{33}l^2 + 2S_{12}hk + 2S_{23}kl + 2S_{31}hl)$

Keterangan:

Dengan v = volume satuan sel
 $S_{11} = b^2 c^2 \sin^2 \alpha$
 $S_{22} = a^2 c^2 \sin^2 \beta$
 $S_{33} = a^2 b^2 \sin^2 \gamma$
 $S_{12} = abc^2 (\cos \alpha \cos \beta - \cos \gamma)$
 $S_{23} = a^2 bc (\cos \beta \cos \gamma - \cos \alpha)$
 $S_{31} = ab^2 c (\cos \gamma \cos \alpha - \cos \beta)$

METODE PENELITIAN

Sampel pada penelitian ini digunakan material bijih mangan yang diperoleh dari daerah Kiawai Kecamatan Gunung Tuleh Kabupaten Pasaman Barat Sumatera Barat pada koordinat Lintang Selatan 00° 12'85,8'' dan Bujur Timur 099°50'28,0''.

Proses Penggerusan dan Pengayakkan

Bijih mangan yang telah dibersihkan digerus menggunakan mortar dan lumpang supaya mendapat butiran-butiran lebih halus dan homogen. Proses penggerusan dilakukan selama 3,5 jam. Selanjutnya bijih mangan yang telah digerus diayak dengan ayakan otomatis berukuran 0,075 mm bertujuan supaya ukuran butirnya sama.

Proses Pemanasan

Hasil dari penggerusan dan pengayakkan dibagi dua bagian, sebagian digunakan untuk analisis XRF dengan nama sampel sebelum sinter, sebagian lagi digunakan dalam analisis XRD dengan nama sampel 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, 1000°C, disintering menggunakan *furnace*. dengan lama waktu penahan selama 3 jam.

Karakterisasi

Sampel bijih mangan setelah digerus dan diayak dikarakterisasi menggunakan XRF untuk mengetahui kandungan dan kadar unsur penyusun bijih mangan. Sampel sebelum sinter, sampel 600°C, sampel 700°C, sampel 800°C, sampel 900°C dan 1000°C masing-masingnya dikarakterisasi menggunakan XRD CubiX³ Cement (CuK α 1,5606 Å, 40 mA, 45 kV) untuk mengetahui struktur kristal bijih mangan. Pengukuran dilakukan mulai dari sudut 10° sampai 90° dengan *step size* 0,01°. Proses pengidentifikasian mineral dan struktur diperoleh dari *search match* menggunakan program *high score plus*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Perubahan Struktur Mineral Mangan Oksida

Karakteristik bahan kristal ditentukan oleh ikatan atomik dalam kristal, orientasi bidang kristal, jarak antar bidang kristal dan sistem kristal ^[1]. Susunan khas atom-atom dalam kristal disebut sistem kristal atau struktur kristal. Difraksi merupakan proses hamburan sinar-x oleh bahan kristal. Metode XRD menggunakan sebuah sinar-x yang terdifraksi seperti sinar yang direfleksikan dari setiap bidang, dibentuk oleh atom-atom kristal dari material tersebut. Dengan berbagai sudut timbul, pola difraksi yang terbentuk menyatakan karakteristik dari sampel. Susunan ini diidentifikasi dengan membandingkannya dengan sebuah *data base* internasional ^[17].

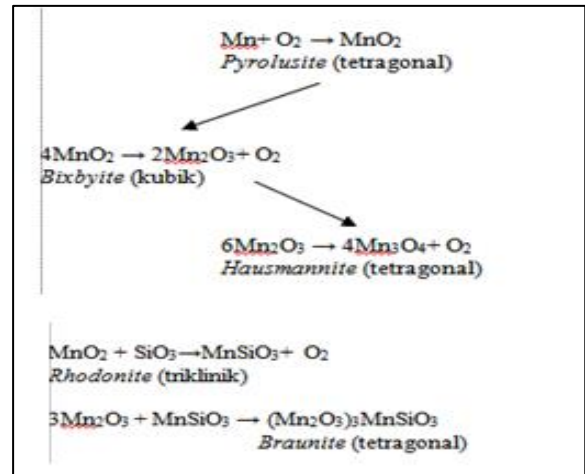
Setelah dilakukan *search match* pada sampel bijih mangan berdasarkan data *data base* internasional diperoleh bahwa pada sampel sebelum sinter

ditemukan 2 jenis mineral mangan oksida meliputi *pyrolusite* dengan PDF (01-071-4824) dan *coesite* dengan PDF (01-075-8319). Sampel 600°C ditemukan 4 jenis mineral mangan oksida meliputi *rhodonite* dengan PDF (00-025-1369), *bixbyite* dengan PDF (01-071-3820), *braunite* dengan PDF (01-074-1206) dan *coesite* dengan PDF (01-075-8319). Sampel 700°C dan 800°C terdapat 4 jenis mineral mangan oksida seperti *rhodonite* dengan PDF (00-025-1369), *bixbyite* dengan PDF (01-071-3820), *braunite* dengan PDF (01-074-1206), *hausmannite* dengan PDF (01-089-4837). Untuk sampel 900°C terdapat 3 jenis mineral mangan oksida seperti *hausmannite* dengan PDF (01-089-4837), *bixbyite* dengan PDF (01-071-3820), *braunite* dengan PDF (01-074-1206). Sementara sampel 1000°C hanya ditemukan 2 mineral mangan oksida yaitu *hausmannite* dengan PDF (01-089-4837) dan *braunite* dengan PDF (01-074-1206).

Mineral mangan oksida merupakan mineral yang terbentuk dari kombinasi unsur mangan dengan gugus anion oksida (O). Mineral mangan oksida terbentuk sebagai akibat persenyawaan antara oksigen dan unsur mangan. Seperti halnya pada sampel sebelum di sinter ditemukan mineral *pyrolusite* dan *coesite*, namun ketika disintering pada temperatur 600°C muncul mineral baru *bixbyite* berstruktur kubik, *hausmannite* berstruktur tetragonal, *rhodonite* berstruktur triklin dan terbentuk mineral baru *braunite* berstruktur tetragonal dari penggabungan mineral *coesite* dengan *rhodonite*.

Terbentuknya mineral-mineral baru tersebut disebabkan akibat terjadinya proses oksidasi atau pelepasan elektron dari mineral *pyrolusite* ke mineral *bixbyite* dan *hausmannite*. Perubahan mineral diakibatkan karena proses oksidasi-reduksi pada senyawa bijih mangan. Selain itu timbulnya mineral lain diakibatkan adanya pembubaran ion/disolusi seperti pada mineral *braunite*.

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh struktur tetragonal berubah menjadi struktur kubik. Perubahan struktur mineral bijih mangan juga mengakibatkan timbulnya jenis mineral-mineral lain. Selain itu struktur kubik akan berubah kembali menjadi struktur tetragonal seiring laju temperatur pemanasan yang diberikan. Akan tetapi ada jenis mineral lain berstruktur monoklinik berubah menjadi triklinik dan akan berubah kembali ke struktur tetragonal setelah penggabungan dengan jenis mineral lain. berlangsung pada temperatur 600°C – 1000°C. Jika ditinjau dari rumus kimia mineral bijih mangan akan menghasilkan perubahan struktur yang diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Skema Perubahan Struktur Bijih Mangan^[9].

Penggabungan mineral *pyrolusite* (tetragonal) dengan *coesite* (monoklinik) mengakibatkan munculnya jenis mineral *rhodonite*. Selanjutnya mineral *hausmannite* (tetragonal) membentuk ikatan dengan *rhodonite* (triklinik) membentuk mineral *braunite*.

Mekanisme perubahan struktur mineral *pyrolusite* ke *bixbyite* adalah mineral *pyrolusite* dibangun atas Ion Mn^{2+} tersusun dengan pola tetragonal dan ion Mn^{3+} tersusun dengan pola kubik. Proses yang terjadi adalah atom-atom mineral *pyrolusite* bergetar yang diakibatkan pemberian energi panas pada proses sinter. Terjadinya proses perubahan struktur diakibatkan karena peningkatan panas serta terjadinya proses pembubaran atau disolusi atom yang terdapat di area oksidasi atau area pertukaran ion-ion^[5]. Akibatnya semakin banyak ion-ion Mn meningkat, rasio Mn^{3+} meningkat terhadap rasio Mn^{2+} dari *pyrolusite* menuju *bixbyite* dan juga rasio Mn^{4+} meningkat terhadap rasio Mn^{3+} dari *bixbyite* menuju *hausmannite*. Pembubaran atau disolusi atom yang terdapat area oksidasi atau area pertukaran-ion mempengaruhi koordinasi atom-atom dalam unit selnya.

Tabel 2 merupakan data hasil pengukuran XRD yang telah dicocokkan dengan database diperoleh mineral penyusun sampel bijih mangan, selain itu juga diperoleh struktur kristal meliputi parameter kisi (α , β , γ , a, b, dan c), group ruang, sistem kristal yang terdapat pada masing-masing sampel bijih mangan.. Maka dari itu dapat diperoleh struktur dari setiap sampel bijih mangan secara langsung..

Tabel 2. Struktur Mangan Oksida Penyusun Bijih Mangan

No	Temperatur	Komposisi mineral	Struktur						Sistem Kristal
			a(Å)	b(Å)	c(Å)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$	
1	Sebelum sinter	Pyrolusite	4,4000	4,4000	2,8700	90,00	90,00	90,00	Tetragonal
		Coesite	7,1400	12,3710	7,1750	90,00	120,0	90,00	Monoclinic
2	600°C	Braunite	9,4200	9,4200	18,670	90,00	90,00	90,00	Tetragonal
		Bixbyite	9,4100	9,4100	9,4100	90,00	90,00	90,00	Kubik
		Rhodonite	7,6140	11,8480	6,6990	92,60	94,40	105,6	Triklinik
3	700°C	Braunite	9,4200	9,4200	18,670	90,00	90,00	90,00	Tetragonal
		Bixbyite	9,4100	9,4100	9,4100	90,00	90,00	90,00	Kubik
		Rhodonite	7,6140	11,8480	6,6990	92,60	94,40	105,6	Triklinik
		Hausmanite	5,7630	5,7630	9,4560	90,00	90,00	90,00	Tetragonal
4	800°C	Braunite	9,4200	9,4200	18,670	90,00	90,00	90,00	Tetragonal
		Bixbyite	9,4100	9,4100	9,4100	90,0	90,00	90,00	Kubik
		Rhodonite	7,6140	11,8480	6,6990	92,6	94,40	105,6	Triklinik
		Hausmanite	5,7630	5,7630	9,4560	90,00	90,00	90,00	Tetragonal
5	900°C	Braunite	9,4200	9,4200	18,670	90,00	90,00	90,00	Tetragonal
		Bixbyite	9,4091	9,4091	9,4091	90,00	90,00	90,00	Kubik
		Hausmanite	5,7630	5,7630	9,4560	90,00	90,00	90,00	Tetragonal
6	1000°C	Hausmanite	5,7630	5,7630	9,4560	90,00	90,00	90,00	Tetragonal
		Braunite	9,4200	9,4200	18,670	90,00	90,00	90,00	Tetragonal

Meningkatnya temperatur sintering menyebabkan berubah struktur mineral dari suatu material. Ketika terjadi transformasi mineral *pyrolusite* ke *bixbyite* kemudian ke *hausmannite*, terjadi pula perubahan struktur dari bijih mangan tersebut. Perubahan struktur yang terjadi yaitu mineral *pyrolusite* berstruktur tetragonal dengan unit sel $a = b = 4,4000 \text{ \AA}$ dan $c = 2,8700 \text{ \AA}$ ke mineral *bixbyite* berstruktur kubik dengan unit sel $a = b = c = 9,4091 \text{ \AA}$ kemudian ke mineral *hausmannite* berstruktur tetragonal $a = b = 5,7630 \text{ \AA}$ dan $c = 9,4560 \text{ \AA}$. Perubahan struktur ini disebabkan oleh terjadinya proses oksidasi secara terus menerus pada sampel.

Untuk sampel sebelum disintering, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, 1000°C terjadi perubahan parameter kisi unit sel untuk *bixbyite*. Perubahan tersebut terlihat dari nilai unit selnya seperti sampel 600°C unit selnya $a = b = c = 9,4100 \text{ \AA}$, namun sampel 700°C sampai 1000°C, terjadi penurunan unit selnya yaitu $a = b = c = 9,4091 \text{ \AA}$. Perubahan ini terjadi akibat kondisi koordinasi atom-atom penyusun bijih mangan tersebut, selain itu juga dapat disebabkan pada temperatur sintering 700°C sudah mulai terjadi transformasi mineral *bixbyite* ke *hausmannite*. Pada sampel 1000°C, tidak terjadi peningkatan unit selnya. Hal tersebut disebabkan pada sampel 700°C sampai 1000°C tidak mengalami kembali transformasi mineral, sehingga energi panas yang diperoleh tersebut digunakan oleh atom-atomnya untuk saling bergetar dengan jarak antar atom semakin membesar. Akan tetapi pada sampel 700°C sampai 1000°C mineral *bixbyite* akan terus

bertransformasi mineral menjadi *hausmanite*. Disisi lain mineral *bixbyite* juga membentuk ikatan dengan mineral *rhodonite* sehingga terbentuk mineral baru braunite dan menyebabkan semakin dekat jarak antar atom. semakin dekat jarak antar atom maka semakin kecil juga unit selnya^[16].

KESIMPULAN

Pemberian variasi temperatur sintering pada bijih mangan yang terdapat di daerah Kiawai mempengaruhi struktur mineral mangan oksida yang terbentuk. Pada temperatur sampel 600°C ditemukan 4 jenis mineral mangan oksida meliputi *rhodonite*, *bixbyite*, *braunite* dan *coesite*. Sampel 700°C dan 800°C terdapat 4 jenis mineral mangan oksida seperti *rhodonite*, *bixbyite*, *braunite*, *hausmannite*. Untuk sampel 900°C terdapat 3 jenis mineral mangan oksida seperti *hausmannite*, *bixbyite*, *braunite*. Sementara sampel 1000°C hanya ditemukan 2 mineral mangan oksida yaitu *hausmannite* dan *braunite*. Perubahan struktur yang terjadi adalah mineral *pyrolusite* berstruktur tetragonal dengan unit sel $a = b = 4,4000 \text{ \AA}$ dan $c = 2,8700 \text{ \AA}$ ke mineral *bixbyite* berstruktur kubik dengan unit sel $a = b = c = 9,4091 \text{ \AA}$ kemudian ke mineral *hausmannite* berstruktur tetragonal $a = b = 5,7630 \text{ \AA}$ dan $c = 9,4560 \text{ \AA}$.

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 Metode Difraksi Sinar-X’’. Dengan nomor kontrak 252/UN 35,4 PG/2014 Tanggal 17 April 2014..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdullah, M. dan Khairurrijal. (2008). ‘‘Pemanasan Nanopartikel dengan Sintering Rendah’’. *Jurnal Nanosains & Teknologi* Vol. 1 No.1
- [2] Aji, M, Agus Y dan Satria B. (2007). ‘‘Sintesis Nano Partikel Magnetit, Maghemit dan Hematit dari Bahan Lokal’’. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Hal: 106 – 108. ISSN: 1411-1098
- [3] Ansori. (2010). ‘‘Potensi dan Genesis Mangan di Kawasan Kars Gombong Selatan Berdasarkan Penelitian Geologi Lapangan dan Analisis Data Induksi Polarisasi Dan Kimia Mineral’’. *Makalah Ilmiah Buletin Sumber Daya Geologi* Vol.5 No.2 Tahun 2010
- [4] Cullity. (1956). ‘‘*Element of X-Ray Diffraction*’’. Addison-Wesley Pub,Co.Inc. Massachusetts
- [5] Grimsley, W.D.,B. Se.,dkk. (1977).’’The Mechanism And Rate Of Reduction Of Mamatwan Manganese Ore Fines By Carbon’’. *Journal Of The South African Institute Of Mining And Metallurgy*
- [6] Hurlbut, Cornelius S. 1972. ‘‘Dana’s Manual of Mineralogy’’. New York. John Wiley & Sons, Inc
- [7] Patrice. R, L. Dupont, L. Aldon, J. C. Jumas, E. Wang, and J. M. Tarascon (2004). ‘‘Struktural and Elektrochemical Properties of Newly Synthesized Fe- Substituted MnO₂ Samples’’, *J. Chem. Mater.*, 16, pp. 2772-27
- [8] Puwaningsih, Dyah. (2012). ‘‘Pengembangan Material Li_{1+x}Mn_{2-x}O₄ untuk Aplikasi Elektroda Positif Baterai Litium’’. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Universitas Negeri Yogyakarta
- [9] Riyanto, Asril. (1994). ‘‘Bahan Galian Industri Mangan’’. Bandung: Direktorat Jendral Pertambangan Umum Departemen Pertambangan dan Energi Pusat Pengembangan Teknologi Mineral.
- [10] Sherly, Kasuma. (2013). ‘‘Pengaruh Aditif Pada Sintesis Nanopartikel Mn₂O₃ Melalui Proses Sol-Gel’’. Tugas Akhir. Padang: Universitas Negeri Padang
- [11] Sorensen. (2010). ‘‘Properties Of Manganese Ores And Their Change In The Process Of Calcination’’. *Journal The Twelfth International Ferroalloys Congress Sustainable Future*. Finland.
- [12] Smallman R.E., R.J. Bishop. (2000). ‘‘Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material’’. Jakarta: Erlangga
- [13] Sukandarumidi. (2009). ‘‘Geologi Mineral Logam’’. Yogyakarta: UGM
- [14] Taufiq, Ahmad., Triwikantoro., Suminar Pratapa., Darminto. (2008). ‘‘Sintesis Partikel Nano Fe_{3-x}Mn_xO₄ Berbasis Pasir Besi dan Karakterisasi Struktur serta Kemagnetannya’’. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. Vol. 1 No.2 ISSN 1979-0880
- [15] Tim Bidang Geologi. (2011).’’ Laporan Pemetaan Geologi Kabupaten Sijunjung’’. Dinas Energi Dan Sumber Daya Mineral Pemerintah Provinsi Sumatera Barat.
- [16] Wahyudi, Hendro dkk. (2013). ‘‘Ekstraksi Mangan dengan Proses Leaching Asam Sulfat Menggunakan Tandan Kosong Sawit Sebagai Reduktor’’. *Jurnal JKK*, vol.2 No 1 Tahun 2012. 34-37
- [17] Wahyudi, Ikhsan. (2008). ‘‘Pengaruh Pemanasan Pada Sintesis Oksida Mangan melalui Proses Sol gel’’. Tugas Akhir. Padang: Unand
- [18] Q. Feng, H. Kanoh, and K. Ooi , J. Mater. Chem. (1999), ‘‘Manganese Oxide Porous Crystals’’, pp. 319-333. Jepang: Universitas Kochi
- [19] Van Vlack, Lawrence H. (1995). ‘‘Ilmu dan Teknologi Bahan’’. Jakarta: Erlangga