

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP STRUKTUR DUNIT JORONG TONGAR, NAGARI AUR KUNING, KECAMATAN PASAMAN, KABUPATEN PASAMAN BARAT SUMATRA BARAT

Melinda Wardani¹⁾, Ratnawulan²⁾, dan Gusnedi²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang
memelwardani12@gmail.com

ABSTRACT

This research was conducted to find out the structure of the mineral dunite before and after calcination. This important research is done to increase the utilization of dunite. Determination of the structure of the dunite use characterization x-ray Diffraction (XRD). Dunite is heated with temperature variation, to see its effect when given the variations in temperature. The results obtained indicate the given temperature variation of structure of hexagonal dunite turned into orthorombik, with concentrations growing against the increase in the temperature of calcination.

Keywords : temperature, structure, dunite, XRD

PENDAHULUAN

Di Provinsi Sumatra Barat cadangan Dunit terdapat di Kabupaten Pasaman, Pasaman merupakan daerah yang terkenal dengan hasil alam berupa kelapa sawit ternyata juga memiliki potensi bahan galian yang cukup menjanjikan bagi pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat setempat. Sumber daya bahan galian di Pasaman belum memberikan kontribusi yang besar bagi daerah tersebut, beda halnya dengan Padang dan Sawahlunto yang hasil sumber daya bahan galiannya telah tereksplorasi secara optimal.

Dunit termasuk jenis batuan ultramafik. Komposisi mineral dunit ialah monomineralik yang pada umumnya merupakan magnesit olivine. mineral pengotornya meliputi kromit, magnetit, ilmenit dan spinel. Penggunaan Dunit itu sendiri, sebagai sumber dari magnesium dan sebagai spesimen mineral ^[1]. Gambar batuan dunit diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Batuan Dunit ^[2]

Secara umum dunit merupakan jenis batuan yang berasal dari batuan ultrabasa. Batuan ultrabasa

adalah batuan beku yang secara kimia mengandung kurang dari 45% SiO₂. Mineral yang mendominasi batuan ini yaitu Mg dan Fe (mineral ultramafic), batuan ini terbentuk secara plutonik yaitu dari magma yang membeku dari astenosfer ^[3].

Dunit mengandung sumber mineral penting yaitu olivine. Olivine merupakan sebuah kristal mineral silikat yang berbentuk isomorfis yang memiliki dua jenis yaitu yang pertama kaya magnesium *forsterite* (Mg₂SiO₄) dan yang kedua olivine yang kaya akan besi *fayalite* (Fe₂SiO₄) ^[4]. Mineral olivine yang merupakan mineral utama pada batuan dunit ketika dipanaskan pada suhu 700°C akan membentuk fasa *forsterite*, dan ketika jumlah Fe nya meningkat hingga 50% maka akan terbentuk *fayalite* ^[5].

Batuan dunit memiliki kandungan olivine yang termasuk struktur nesosilikat yang terdiri dari SiO₄ tetra hedral yang berikatan dengan Fe dan Mg. Rumus kimia dari olivine ialah (Mg,Fe)₂(SiO₄). Karakteristik dari batuan dunit ialah mempunyai sistem kristal yang ortorombik, tidak mempunyai belahan, mempunyai kekerasan 6,5 – 7, berat jenis 3,27 – 4,37, memiliki kilap cahaya, dan warna mineral ini hijau kekuning-kuningan dan hijau keabuan ^[6].

Dunit yang berasal dari Turki selatan memiliki komposisi kimia seperti FeO: 7,05 %, SiO₂: 38,74 % dan MgO: 37,16 %, CaO: 9,24 %, Al₂O₃: 1.65 % ^[7]. Hasil analisa kimia batuan ultrabasa (Dunit) dari Muaro kiawai kabupaten Pasaman memiliki komposisi kimia yang terkandung didalamnya seperti : SiO : 34,28%, MgO: 3,27 %, CaO: 1,52% ,Al₂O₃: 0.23 %, FeO: 12,58 % ^[2].

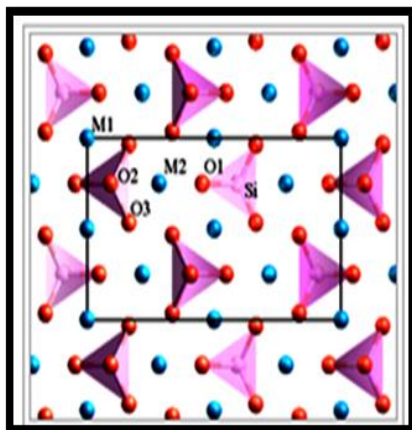
Berdasarkan kandungan unsur – unsur kimia yang terdapat dalam mineral ini, batuan dunit

memiliki potensi untuk dieksploitasi. Batuan dunit ini didominasi oleh “ferromagnesian minerals” yaitu unsur magnesium (MgO) dan besi (Fe_2O_3). Di dalam dunia pertanian/perkebunan magnesium memiliki peranan penting dalam pertumbuhan tanaman [2]. Dunit sebagai sumber komersial magnesium yang dikombinasikan dengan silika digunakan terutama dalam metalurgi yaitu sebagai tungku tahan api. Selain itu berdasarkan fisiknya dunit ini cocok bahan pengisi kertas [8].

Berdasarkan parameter kisi maka berbagai sel satuan dapat digolongkan dalam tujuh sistem kristal yaitu kubus, tetragonal, rhombohedral, heksagonal, orthorombik, monoklinik, dan triklinik [9]. Mineral utama yang terkandung dalam dunit ialah *olivine*. Berikut merupakan sifat fisis dari mineral *olivine*:

Kategori	: Nesosilikat
Formula kimia	: $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
Warna	: kuning sampai kuning kehijauan
Sifat Kristal	: masif sampai granular
Sistem Kristal	: Ortorombik
Grup ruang	: Pbnm

Mineral dalam kelompok *olivine* mengkristal dalam sistem orthorombik (grup ruang Pbnm) dengan silikat, yang berarti bahwa olivin adalah nesosilikat. Berdasarkan gambar, struktur atom pada *olivine* dapat digambarkan sebagai heksagonal, dimana ion oksigen dengan setengah dari atom oktahedral berikatan dengan magnesium atau ion besi dan seperdelapan dari tetrahedral ditempati oleh ion silikon. Struktur atom *olivine* diperlihatkan pada Gambar 2.



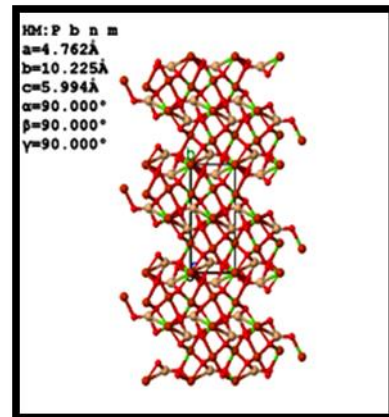
Gambar 2. Struktur Kristal *Olivine* [6]

Mineral *olivine* memiliki grup atau rumus molekul berdasarkan pengotor atau senyawa penyusunnya. Berikut sifat fisis dari anggota *olivine* yang lain :

a. *Forsterite*

Forsterite merupakan anggota dari mineral *olivine* yang disusun oleh Mg dan Si. Rumus umumnya

ialah Mg_2SiO_4 . Gambar struktur Kristal *forsterite* diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Kristal *Forsterite* [10]

Sifat umum dari mineral *forsterite* adalah [10]:

1. Sistem Kristal: orthorombik
2. Dimensi sel ($\text{\AA}$) : $a = 4.754$, $b = 10.197$
 $c = 5.8906$
3. Kepadatan (g cm^{-3}) : 3.275
4. Kekerasan : 7
5. Grup ruang : Pbnm

b. *Fayalite*

Fayalite merupakan anggota dari mineral *olivine* yang disusun oleh Fe dan Si. Rumus umumnya ialah Fe_2SiO_4 .

Sifat umum dari *fayalite* adalah (mineralogy magazine, 1998):

1. Sistem kristal : orthorombik
2. Dimensi sel ($\text{\AA}$) : $a = 4.79 \text{ \AA}$, $b = 10.39 \text{ \AA}$,
 $c = 6.06 \text{ \AA}$
3. Kepadatan (g cm^{-3}) : 3.275
4. Kekerasan : 7
5. Grup ruang : Pbnm

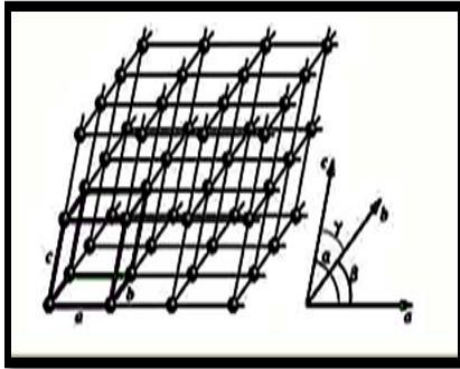
c. *Enstatite*

Sifat umum dari *Enstatite* adalah (mineralogy magazine, 1998) :

1. Sistem kristal : orthorombik
2. Dimensi sel ($\text{\AA}$) : $a = 18.23 \text{ \AA}$, $b = 8.84 \text{ \AA}$,
 $c = 5.19 \text{ \AA}$
3. Kepadatan (g cm^{-3}) : 3.189 g cm^{-3}
4. Kekerasan : 5 – 6
5. Grup ruang : Pbc a { $P2_1/b$ $2_1/c$ $2_1/a$ }

Jadi, struktur kristal pada dunit ialah orthorombik karena mineral utama penyusun dunit ialah *olivine*. *Olivine* ini terbagi dua yaitu *olivine* kaya akan Mg dinamakan *forsterite* dan *olivine* kaya akan Fe dinamakan *fayalite*. Selain itu, terdapat juga *enstatite* yang merupakan fasa yang terbentuk akibat *olivine* yang teroksidasi. Ketiganya memiliki struktur kristal orthorombik namun memiliki grup ruang yang berbeda.

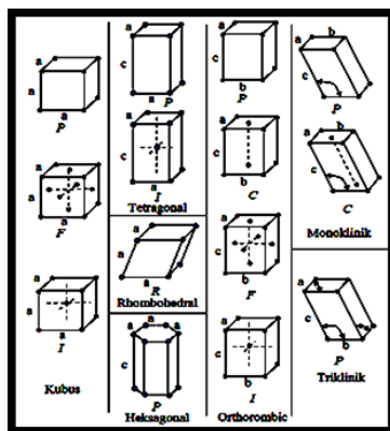
Kristal adalah suatu padatan yang memiliki atom, molekul, atau ion penyusunnya secara teratur dan polanya berulang secara tiga dimensi. Zat padat dikatakan berstruktur kristal jika atom-atom penyusunnya tertata secara teratur dan periodik. Struktur Kristal merupakan susunan khas atau berbeda atom-atom dalam kristal. Struktur kristal terdiri dari sel satuan (*unit cell*). Gabungan berulang dalam suatu kisi Kristal tiga dimensi tersebut dinamak sel satuan^[11]. Gambar kisi kristal ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik Kisi Dalam Kristal ^[11]

Sumbu-sumbu a , b , dan c merupakan gambaran parameter kisi kristal. Untuk α , β , dan γ merupakan sudut antara sumbu-sumbu referensi kristal. Dalam kisi Bravais, berdasarkan kisi bidang dan kisi ruang sebuah kristal mempunyai 14 kisi dan berdasarkan perbandingan satu dengan sudut yang lain dan sudu sumbu-sumbu kristal, kristal dibagi menjadi 7 jenis sistem kristal.

Berdasarkan parameter kisi maka berbagai sel satuan dapat digolongkan dalam tujuh sistem kristal seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 dan 14 sistem bravais yang di perlihatkan pada Tabel 1.



Gambar 5. Tujuh Sistem Kristal ^[9]

Tabel 1. Klasifikasi Sistem Kristal Dan Empat Belas Kisi Bravais ^[9]

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

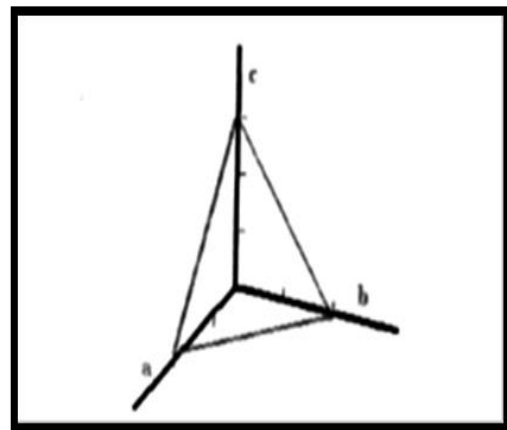
Bidang-bidang atom pada suatu kristal mempengaruhi sifat dan perilaku bahan. Baik bidang, hal ini diperlihatkan pada kisi bidang yang dinyatakan dalam *indeks miller*.

- 1) Untuk Lambang arah bidang digunakan simbol $[h, k, l]$. Contoh : $[2, 2, 2]$
- 2) Untuk lambang bidang kristal digunakan (h,k,l) Contoh : $(2, 2, 2)$

Dalam sistem tiga dimensi, pasangan bidang sejajar akan membentuk kisi kristal dan berjarak sama yang disebut bidang-bidang kisi. Bidang-bidang kisi inilah yang akan menentukan arah permukaan dari suatu kristal. Arah suatu bidang dapat dinyatakan dengan parameter numeriknya.

$$(hkl) = h : k : l = \frac{1}{2} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$$

$$(hkl) = (1/2 \ 1/2 \ 1/3) \text{ atau } (3 \ 3 \ 2).$$



Gambar 6. Perpotongan Bidang Dan Sumbu ^[9]

Indeks Miller merupakan harga kebalikan dari nilai parameter yang dinyatakan dengan simbol $(h \ k \ l)$. Pada Gambar 6, secara umum perpotongan bidang dengan sumbu dinyatakan dengan $2a$, $2b$, dan $3c$ sehingga parameter numeriknya adalah $2, 2, 3$.

Jarak antar bidang-bidang kristal (hkl) pada ke tujuh kisi Bravais dapat ditentukan jika teridentifikasi dalam sistem kristal pada bahan

dengan menggunakan persamaan persamaan sebagai berikut ^[12].

a. Kubik

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

b. Rombohedral

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

c. Tetragonal

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

d. Orthorombik

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

e. Monoklinik

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

f. Heksagonal

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

g. Trikinik

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

Dengan V = volume satuan sel

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

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

$$S_{33} = a^2 b^2 \sin^2 \gamma \quad S_{13} = \frac{ab^2 c}{\sin \gamma} (\cos \gamma \cos \alpha - \cos \beta)$$

Faktor struktur berperan penting untuk menentukan intensitas hamburan pada struktur atom tertentu. Faktor struktur merupakan penjumlahan dari gelombang yang terhambur oleh masing-masing partikel. Dapat dituliskan pada persamaan:

$$F_{hkl} = \sum_1^N f_n e^{2\pi i (hu + kv + lw)}$$

Keterangan:

f : faktor hamburan

F : faktor struktur

N : Jumlah gelombang terhambur

h, k, l : bidang kristal

u, v, w : koordinat atom

Faktor struktur dapat menentukan intensitas yang muncul pada difraktogram yang penting untuk menentukan karakteristik dari sebuah kisi kristal. Dimana intensitas yang muncul sebanding dengan faktor struktu. Hal ini sesuai dengan persamaan .

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

Dimana I adalah intensitas, f adalah faktor struktur, p adalah faktor multiplisitas dan θ adalah sudut bragg ^[12].

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

a. Simpel kubik

Simpel 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 dari simpel kubik dapat diperlihatkan pada persamaan.

$$F^2 = f^2$$

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

Artinya Intensitas selalu muncul pada sembarang nilai hkl .

b. Kubik berpusat badan

Sel ini memiliki dua atom yang sejenis yang berada pada indeks miller 0 0 0 dan $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$. Memiliki faktor seperti pada persamaan:

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

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 Intensitas akan muncul jika nilai $h+k+l$ merupakan bilangan ganjil, dan jika $h+k+l$ bernilai genap 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:

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

Saat nilai h , k , dan l sama, maka dapat disimpulkan $(h + k)$, $(h + l)$ dan $(k+l)$ adalah bilangan bulat genap dan setiap syarat pada persamaan bernilai 1.

Maka,

$$F=4f$$

$$F^2=16f^2$$

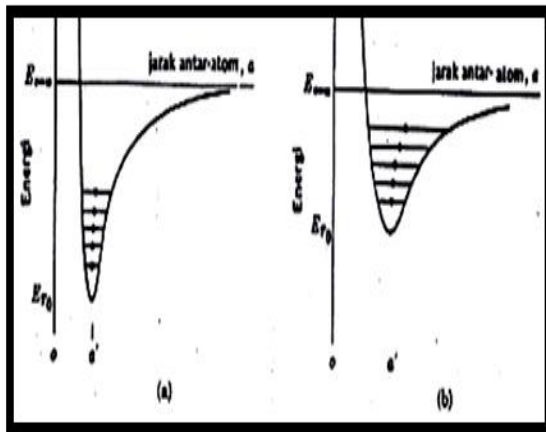
Jika h , k , dan l tidak sama, maka jumlah dari ketiga eksponensial adalah -1 , ketika dua dari indeks ganjil dan satu genap atau dua genap dan satu ganjil. Sebagai contoh h dan l genap dan k ganjil, Maka,

$$F=0$$

$$F^2=0$$

Sehingga, ketika $h+k+l$ semua ganjil atau semua genap, dan intensitas tidak muncul ketika $h+k+l$ campuran dari ganjil dan genap menandakan adanya Intensitas yang muncul

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. gambar Energi dan pemuain diperlihatkan pada Gambar 7.



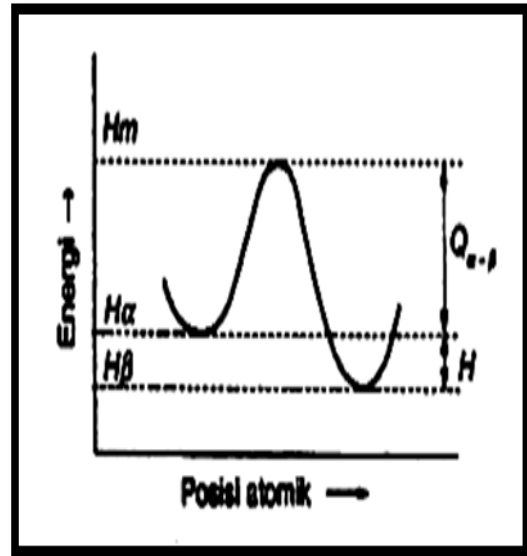
Gambar 7. Energi dan Pemuain, A. Bahan Padat dengan Ikatan Kuat dan B. Bahan Padat dengan Ikatan Lemah^[9]

Pengaruh energi terhadap jarak antar atom, semakin besar energi yang diberikan maka jarak antar atom akan semakin menjauh. Berubahnya jarak antar atom maka akan mempengaruhi struktur dan fasa dari material. Untuk suatu level energi tertentu (suhu), atom-atom dapat saling menjauhi dengan lebih mudah dan lebih sulit untuk menekannya. Apabila suatu atom memiliki cukup energi untuk mendobrak ikatannya maka akan terjadi proses difusi, atom-atom melompat keposisi baru^[9].

Perubahan fasa dalam keadaan padat mencakup distribusi ulang atom dalam padatan tersebut dan kinetika perubahan bergantung pada laju migrasi atom. Transportasi atom melalui kristal lebih dikenal dengan istilah difusi. Kekosongan akan mempermudah terjadinya difusi, karena pada dasarnya difusi merupakan pergerakan atom menuju lokasi atom kosong yang dekat.

Ketika terjadi perubahan fasa, Atom-atom yang berdifusi dapat berpindah dari suatu lokasi kisi-fasa α ke kisi fasa β . Perpindahan atom-atom ini dapat terjadi, apa bila atom tersebut memiliki energi untuk

melewati hambatan potensial seperti yang ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hambatan Energi yang Memisahkan Keadaan Struktural^[13]

Hambatan potensial yang harus dilalui atom ini diakibatkan oleh gaya interatomik yang bergerak, kelompok atom yang berada didekatnya, dan atom yang berada dilokasi baru. Berdasarkan Gambar 8, dapat diketahui bahwa untuk melewati hambatan potensial maka atom harus memiliki energi lebih besar dari energi $Q_{\alpha-\beta} = H_m - H_\alpha$ untuk pemanasan. Jika ini terpenuhi maka atom meninggalkan matriks (struktur lama) dan membentuk nukleus fasa baru yang kecil. Fasa baru kecil ini kemudian tumbuh dan terbentuk fasa baru secara keseluruhan. Apabila suatu material dipanaskan dengan laju pemanasan tetap maka akan terjadi perubahan fisika seperti perubahan fasa^[13].

Berdasarkan kajian teori yang telah dipaparkan pemberian variasi temperatur terhadap sampel akan berpengaruh terhadap struktur yang akan terbentuk.

Berdasarkan tinjauan literatur tersebut, walaupun telah banyak peneliti sebelumnya yang meneliti tentang komposisi kandungan dunit namun belum ada yang membahas bagaimana struktur batuan dunit setelah diberi variasi temperatur. Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian yang mengungkap struktur dari batuan dunit. Selain itu, potensi batuan dunit di Pasaman Barat ini belum tereksplorasi. Maka, pada penelitian ini penulis ingin meneliti kandungan Dunit yang ada di Daerah Jorong Tongar, Nagari Aur Kuning, Kecamatan Pasaman, Kabupaten Pasaman Barat Sumatra Barat dengan variasi temperatur kalsinasinya.

Di Provinsi Sumatra Barat terdapat beberapa daerah yang memiliki cadangan Dunit yang cukup besar. Salah satunya daerah yang berpotensi tersebut yaitu Daerah Jorong Tongar, Nagari Aur Kuning,

Kecamatan Pasaman, Kabupaten Pasaman Barat. Keberadaan Dunit ini hanya di eksploitasi dalam keadaan mentah sebagai pupuk pada perkebunan sawit sehingga mempunyai nilai jual yang rendah. Untuk menjadikan dunit tersebut memiliki nilai jual yang tinggi seperti yang dibutuhkan oleh dunia industri maka perlu dilakukan penelitian tentang kualitas Dunit tersebut. Upaya yang dilakukan menentukan kualitas dunit yang berasal dari Batang tongar ialah dengan cara mengetahui karakteristiknya.

Dengan mengetahui struktur mineral Dunit dalam merespon energi panas akibat perubahan temperatur kalsinasi, maka merupakan dasar untuk peneliti selanjutnya dalam mendisain dan melakukan inovasi. Untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada Dunit digunakan *X-Ray Diffraction* (XRD).

METODE PENELITIAN

Sampel pada penelitian ini digunakan material dunit yang diperoleh dari daerah yang berpotensi tersebut yaitu Daerah Jorong Tongar, Nagari Aur Kuning, Kecamatan Pasaman, Kabupaten Pasaman Barat.

Proses persiapan sampel

Dunit yang telah diperoleh dipisahkan dari pengotor dengan cara dicuci dan dikeringkan, selajutnya sebelum dihaluskan dunit terlebih dahulu dilakukan penghancuran menggunakan mortar baja supaya bongkahan dunit tadi menjadi hancur dan berukuran kecil dengan diameter ± 0.5 cm. Penghalusan dunit dilakukan menggunakan *bowl mill*. Dunit 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 di-kalsinasi pada temperatur 700°C, 800°C, 900°C, 1000°C dan 1100°C dengan lama waktu penahanan selama 2 jam.

Karakterisasi

Sampel dunit Sampel XRD juga demikian, masing-masingnya dikarakterisasi menggunakan XRD CubiX³ Cement (CuK α 1,5606 Å, 40 mA, 45 kV) untuk mengetahui struktur kristal yang muncul. Pengukuran dilakukan mulai dari sudut 10° sampai 90° dengan *step size* 0.01°. Proses pengidentifikasian struktur diperoleh dari *search match* menggunakan program *high score plus*. Data yang diperoleh secara langsung adalah nilai intensitas dari 2 θ menggunakan alat uji karakterisasi XRD. Data yang diperoleh secara tidak langsung adalah nilai FWHM, d-spacing, dan intensitas relatif.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian

Pada data hasil pengukuran XRD yang telah dicocokkan dengan *database* diperoleh fasa penyusun sampel dunit. 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 dunit. Setelah dilakukan pencocokan dengan *database*, maka dapat diperoleh struktur dari setiap sampel dunit secara langsung. Struktur dari masing-masing sampel dunit

Tabel 2. Struktur Batuan Dunit

No	Suhu (°C)	Fasa	Struktur							Grup Ruang	Sistem Kristal
			a	b	c	α	β	γ			
1	26	Lizardite	5.3100	5.3100	7.3100	90	90	120	P31mE	Hexagonal	
		Magnetite	8.3940	8.3940	8.3940	90	90	90	Fd-3m	Cubic	
2	700	Fayalite	4.7629	10.2283	5.9946	90	90	90	Pbnm	Orthorombik	
		Forsterite	5.9817	10.1978	4.7553	90	90	90	Pmnb	Orthorombik	
3	800	Forsterite	4.7580	10.2120	5.9880	90	90	90	Pbnm	Orthorombik	
		Olivine	10.1960	5.9789	9.5068	90	90	90	P1	Anorthic	
4	900	Forsterite	4.7600	10.2000	5.9900	90	90	90	Pbnm	Orthorombik	
		Magnesium Iron Silicate	4.7631	10.2230	5.9920	90	90	90	Pbnm	Orthorombik	
5	1000	Forsterite	4.7560	10.2070	5.9800	90	90	90	Pbnm	Orthorombik	
		Olivine	10.1960	5.9789	9.5068	90	90	90	P1	Anorthic	
6	1100	Enstatite	18.2250	8.8149	5.1746	90	90	90	Pbca	Orthorombik	
		Forsterite	4.7490	10.1900	5.9800	90	90	90	Pbnm	Orthorombik	
		Olivine	10.1960	5.9789	9.5068	90	90	90	P1	Anorthic	

Berdasarkan Tabel 2 analisis data untuk dunit sebelum dikalsinasi mengandung fasa *lizardite* dengan struktur *hexagonal* unit sel $a = b = 5.3100 \text{ \AA}$ dan fasa *magnetite cubic* unit sel $a = b = c = 58.3940 \text{ \AA}$. Sampel dunit yang dikalsinasi pada temperatur 700°C mengandung fasa *fayalite* dan fasa *forsterite* yang memiliki struktur yang sama yaitu, *orthorombik* dengan unit sel masing-masing $a = 4.7629 \text{ \AA}$ $b = 10.2283 \text{ \AA}$ $c = 5.9946 \text{ \AA}$ dan $a = 5.9817 \text{ \AA}$ $b = 10.1978 \text{ \AA}$ $c = 4.7553 \text{ \AA}$. Pada dunit yang dikalsinasi dengan temperatur 800°C muncul fasa *forsterite* dengan struktur *orthorombik* unit sel $a = 4.7580 \text{ \AA}$, $b = 10.2120 \text{ \AA}$, $c = 5.9880 \text{ \AA}$, selain itu muncul fasa *olivine* dengan struktur *anorthic* unit sel $a = 10.1960 \text{ \AA}$, $b = 5.9798 \text{ \AA}$, $c = 9.5068 \text{ \AA}$. Pada dunit yang dikalsinasi dengan temperatur 900°C memiliki fasa *forsterite* memiliki struktur *orthorombik* unit sel $a = 4.7600 \text{ \AA}$, $b = 10.200 \text{ \AA}$, $c = 5.9900 \text{ \AA}$ dan magnesium iron silicate memiliki struktur *orthorombik* unit sel $a = 4.7631 \text{ \AA}$, $b = 10.2230 \text{ \AA}$, $c = 5.9920 \text{ \AA}$. Pada dunit yang dikalsinasi dengan temperatur 1000°C kembali

muncul fasa yang sama yaitu fasa *forsterite* dan *olivine*. Sedangkan pada dunit yang dikalsinasi dengan temperatur 1100°C terbentuk fasa baru yaitu *enstatite* dengan struktur *orthorombik* unit sel $a = 18.2250 \text{ \AA}$, $b = 8.8149 \text{ \AA}$, $c = 5.1746 \text{ \AA}$.

PEMBAHASAN

Pengaruh Temperatur Kalsinasi Terhadap Perubahan Struktur Pada Dunit

Meningkatnya temperatur kalsinasi menyebabkan berubah fasa dari suatu material, hal ini juga menyebabkan struktur dari material juga dapat berubah. Ketika terjadi transformasi fasa *magnetite* dan *lizardite* ke *fayalite* dan *forsterite*, terjadi pula perubahan struktur dari dunit tersebut.

Fasa *lizardite* dengan struktur *hexagonal* unit sel $a = b = 5.3100 \text{ \AA}$ dan fasa *magnetite cubic* unit sel $a = b = c = 58.3940 \text{ \AA}$. Sampel dunit yang dikalsinasi pada temperatur 700°C mengandung fasa *fayalite* dan fasa *forsterite* yang memiliki struktur yang sama yaitu, *orthorombik* dengan unit sel masing-masing $a = 4.7629 \text{ \AA}$ $b = 10.2283 \text{ \AA}$ $c = 5.9946 \text{ \AA}$ dan $a = 5.9817 \text{ \AA}$ $b = 10.1978 \text{ \AA}$ $c = 4.7553 \text{ \AA}$. Pada dunit yang dikalsinasi dengan temperatur 800°C muncul fasa *Forsterite* dengan struktur *orthorombik* unit sel $a = 4.7580 \text{ \AA}$, $b = 10.2120 \text{ \AA}$, $c = 5.9880 \text{ \AA}$, selain itu muncul fasa *lizardite* dan *olivine* dengan struktur masing-masing yaitu *hexagonal* unit sel $a = b = 5.3400 \text{ \AA}$, $c = 7.1000 \text{ \AA}$ dan *anorthic* unit sel $a = 10.1960 \text{ \AA}$, $b = 5.9798 \text{ \AA}$, $c = 9.5068 \text{ \AA}$. Pada dunit yang dikalsinasi dengan temperatur 900°C memiliki fasa *forsterite* memiliki struktur *orthorombik* unit sel $a = 4.7600 \text{ \AA}$, $b = 10.200 \text{ \AA}$, $c = 5.9900 \text{ \AA}$ dan magnesium iron silicate memiliki struktur *orthorombik* unit sel $a = 4.7631 \text{ \AA}$, $b = 10.2230 \text{ \AA}$, $c = 5.9920 \text{ \AA}$. Pada dunit yang dikalsinasi dengan temperatur 1000°C kembali

muncul fasa yang sama yaitu fasa *forsterite* dan *olivine*. Sedangkan pada dunit yang dikalsinasi dengan temperatur 1100°C terbentuk fasa baru yaitu *enstatite* dengan struktur *orthorombik* unit sel $a = 18.2250 \text{ \AA}$, $b = 8.8149 \text{ \AA}$, $c = 5.1746 \text{ \AA}$.

Peningkatan unit sel disebabkan pada sampel 700°C dan 900°C tidak mengalami lagi transformasi fasa, sehingga energi panas yang diperoleh tersebut digunakan oleh atom-atomnya untuk saling bergetar dengan jarak antar atom semakin membesar (Van Vlack, 1995). Semakin besar jarak antar atom maka semakin besar juga unit selnya.

KESIMPULAN

Pemberian variasi temperatur kalsinasi pada Dunit yang terdapat di daerah Jorong Tongar mempengaruhi perubahan struktur yang terbentuk. Struktur *hexagonal* unit sel $a = b = 5.3100 \text{ \AA}$ dan struktur *cubic* unit sel $a = b = c = 58.3940 \text{ \AA}$, berubah menjadi struktur *anorthic* unit sel $a = 10.1960 \text{ \AA}$, $b = 5.9798 \text{ \AA}$, $c = 9.5068 \text{ \AA}$, kemudian struktur *orthorombik* unit sel $a = 18.2250 \text{ \AA}$, $b = 8.8149 \text{ \AA}$, $c = 5.1746 \text{ \AA}$.

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] Waheed, (2002). "Spinels, Fe-Ti oxide minerals, apatites, and carbonates hosted in the ophiolites of Eastern Desert of Egypt. mineralogy and chemical aspects". Arabian Journal of Geosciences vol. 7, 693 – 709
- [2] Pengembangan geologi sumberdaya mineral dan energi, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral (2002)
- [3] Government of India, (2012). "Dunite And Pyroxenite". IndiaN mineral yearbook 2011. ministry of mines : India bureau of mines
- [4] Thornhill, Maria. (2011). "Dry Magnetic Separation of Olivine Sand. Physicochemical problems of mineral processing". Norwegian university of science and technology. ISSN 1643-1409
- [5] Kuperman, Yu. (1974). "The Mineral Composition The Dunites From The Solov'evogory Deposits". Eastern institute of refractories. V.I. Lenin metallurgical combine, Nizhne-Tagil. Translated from *ogneupory*, No. 2, pp.22-27.

- [6] Nelson A, (2012). "Silicate Structures, Structural Formula, Neso-, Cyclo-, And Soro- Silicates". Mineralogy :Tulane university
- [7] Didem, Ayse. (2012). "Petrogenesis of Subduction Zone And Dunite Bodies". Jurnal of earth science and engineering. Vol 2 (2012) 377-386
- [8] Konstantinou, M, dkk. (2007). *Adsorption Of Hexavalent Uranium On Dunite*. Department of Chemistry, University of Cyprus. Vol 9, No 3, pp 229-236, 2007
- [9] Van Vlack, Lawrence. (1995). *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta: Erlangga
- [10] Mineralogical Magazine (1998): 62: 607
- [11] Febriana, Eni. (2011). "Kalsinasi dolomit lamongan untuk pembuatan kalsium- magnesium oksida, sebagai bahan baku kalsium dan magnesium karbonat presipitat". Tesis Fakultas Teknik. Jakarta : UI
- [12] Cullity. (1956). "Element of X-Ray Diffraction". Addison-Wesley Pub, Co. Inc. Massachusetts
- [13] Smallman R.E., R.J. Bishop. (2000). "Metalurgi fisik Modern dan Rekayasa Material". Jakarta: Erlangga