

PENGARUH WAKTU MILLING TERHADAP DAN UKURAN BUTIR FORSTERITE (Mg_2SiO_4) MINERAL SERPENTIN DARI KABUPATEN SOLOK SELATAN

Sarimai¹⁾ Ratnawulan²⁾ Ramli²⁾ Ahmad Fauzi²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

sarimaiuncu@gmail.com

ABSTRACT

West Sumatera has great amount of natural mineral resources of serpentine, one of them are found in Jorong Sungai Padi Lubuak Gadang, Kecamatan Sangir, Kabupaten Solok Selatan. The mineral of serpentine contains of forsterite which has higher economical value if it is in form of nano particle. The production of forsterite nano particle has been made by using synthesis substance which is expensive and needs longer process. The variation treatment of temperature calcination toward the mineral of serpentine shows the result that the dominate forsterite is at 800°C. The mineral of serpentine can be the alternative substance in the production of forsterite particle which is easily found in the nature and is not expensive. The purpose of the research is to investigate the effect of milling time toward size of nano particle of forsterite serpentine mineral in form of crystal and the size of the particle. The result of the research shows that the effect of milling time toward the micro-structure of forsterite which is viewed by based on the SEM result, it shows that the milling time impacts to the particle size which is the longer milling time, the smaller forsterite particle is produced. The grain size forsterite the lead in milling time 40 hours namely reached 385 nm .

Keywords : Forsterite, serpentine, milling, nanopartikel, HEM-E3D, SEM

PENDAHULUAN

Serpentin memiliki peranan penting pada Industri besi baja yaitu sebagai bahan penyokong berdirinya industri besi baja. Sumatera Barat memiliki sumber daya mineral serpentin yang cukup besar, salah satunya Jorong Sungai Padi Nagari Lubuak Gadang Kecamatan Sangir Kabupaten Solok Selatan. Eksploitasi bahan galian serpentin masih diolah dalam keadaan mentah (*raw material*) atau bahan setengah jadi sehingga memiliki nilai jual yang rendah.

Serpentin merupakan batuan metamorf yang terbentuk dari mineral serpentin akibat perubahan basalt dasar laut yang bertekanan tinggi pada temperatur rendah. Mineral serpentin tergolong dalam kelas mineral Silikat yaitu *Phyllosilicates*. Serpentin memiliki kenampakan sifat fisik yang beranekaragam. Kenampakan sifat fisik mineral serpentin berwarna hijau sampai hijau tua, memperlihatkan struktur retak (*fractures*) dan umumnya dijumpai bersama mineral silika, kalsit yang mengisi rongga batuan^[14].

Serpentin mengandung senyawa oksida yang bernilai ekonomis dengan kadar yang bervariasi disetiap wilayah. Serpentin merupakan senyawa oksida, didalamnya terdapat jenis-jenis mineral *forsterite* (Mg_2SiO_4), *hematite* (Fe_2O_3), *clinoestatite* ($MgSiO_3$), dan *Quartz* (SiO_4)^[3]. Serpentin dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *Forsterite* yang bernilai ekonomis tinggi jika dijadikan nanopartikel.

Forsterite adalah salah satu anggota dari kelompok mineral *olivine* dan merupakan mineral

paling kaya magnesium. Secara geologi, *forsterite* terdapat di dalam batuan beku ultramafik dan *forsterite* juga terdapat pada marmer *dolomitic* yang merupakan hasil dari metamorfosis batu gamping dengan kandungan magnesium yang tinggi.

Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses pembuatan oleh manusia. Pembuatan nanopartikel bermakna pembuatan partikel dengan ukuran yang kurang dari 100 nm dan serta mengubah sifat atau fungsinya^[1]. Orang umumnya ingin memahami lebih mendalam mengapa nanopartikel dapat memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran besar (bulk).

Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena berikut ini. Pertama, fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Kedua, perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia. Perubahan-perubahan tersebut diharapkan dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenis dalam keadaan bulk. Para peneliti juga percaya bahwa kita dapat mengontrol perubahan-perubahan tersebut ke arah yang diinginkan.

Pembuatan nanopartikel dapat dilakukan dalam fasa padat, cair, maupun gas. Proses

pembuatan dapat berlangsung secara fisika atau kimia. Proses pembuatan secara fisika tidak melibatkan reaksi kimia. Yang terjadi hanya pemecahan material besar menjadi material berukuran nanometer, atau penggabungan material berukuran sangat kecil, seperti kluster, menjadi partikel berukuran nanometer tanpa mengubah sifat bahan. Proses pembuatan secara kimia melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal (*precursor*) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer. Contohnya adalah pembentukan nanopartikel garam dengan mereaksikan asam dan basa yang bersesuaian^[1].

Secara umum, pembuatan nanopartikel akan masuk dalam dua kelompok besar. Cara pertama adalah memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer. Pendekatan ini disebut pendekatan top-down. Pendekatan kedua adalah memulai dari atom-atom atau molekul-molekul atau kluster-kluster yang diassembli membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki.

Top down merupakan pembuatan struktur nano dengan memperkecil material yang besar, sedangkan *bottom up* merupakan cara merangkai atom atau molekul dan menggabungkannya melalui reaksi kimia untuk membentuk nanostruktur. Contoh metode *top down* adalah penggerusan dengan alat *milling*, sedangkan teknologi *bottom up* yaitu menggunakan teknik *sol gel*, dan presipitasi kimia^[5].

Pembuatan nanopartikel *forsterite* dengan variasi waktu *milling* terhadap pencampuran *talca* dan MgO mempengaruhi terbentuknya nanopartikel *forsterite* terbentuk dengan menggunakan metoda aktivasi mekanik selama 20 jam, 40 jam, dan 60 jam dengan menggunakan *ball milling* dengan suhu *annealing* 1200 °C didapatkan ukuran kristal nanokristalin *forsterite* 40 nm. Sedangkan 5 jam penggilingan menggunakan *ball milling* dengan suhu *annealing* 1200 °C didapatkan ukuran kristal *forsterite* 60 nm^[14].

Salah satu alat *milling* yaitu *High Energy Milling* (HEM) yang merupakan alat penggiling bola yang digunakan untuk melakukan proses pemaaduan mekanik skala kecil dalam laboratorium. *Milling* secara mekanik merupakan metoda yang sederhana dan efektif untuk menumbuhkan kristal padat (ukuran butiran kristal menjadi lebih kecil) tanpa melalui fasa vaporasi atau reaksi kimia, seperti yang biasanya diperlukan dalam proses pembuatan nanopartikel lainnya^[10]. Mesin penghalus ini mampu mengubah sampel yang keras dan mudah pecah menjadi sampel analitis yang berbentuk serbuk.

Pembuatan nanopartikel *forsterite* telah menggunakan bahan *talca* dan *magnesium Oxide* dengan metode *ball mill*. Variasi waktu *milling* yang digunakan yaitu, 5, 10, 20, 40, dan 60 jam,

sehingga diperoleh nanopartikel *forsterite* dengan ukuran butir <500 nm^[14]. Nanopartikel *forsterite* dimanfaatkan dalam industri besi baja, digunakan sebagai pelapis rem dan bahan tahan api. Material berukuran nanometer memiliki sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*). Ukuran partikel yang semakin kecil dapat meningkatkan daya tahan bahan besi baja yang dilapisinya.

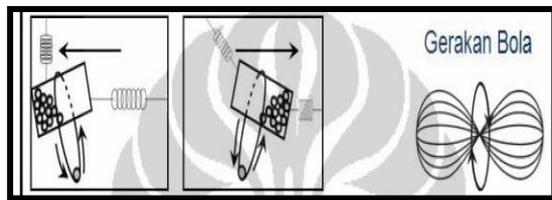
Pembuatan nanopartikel *forsterite* telah dilakukan beberapa peneliti, namun bahan yang digunakan adalah bahan sintesis. Bahan sintesis membutuhkan biaya yang mahal dan memerlukan proses yang lama untuk membuatnya. Perlakuan variasi temperatur kalsinasi terhadap mineral serpentin, hasil yang diperoleh ditemukan fasa *forsterite* yang mendominasi pada temperatur 800°C^[3]. Mineral serpentin bisa dijadikan bahan alternatif pembuat nanopartikel *forsterite* yang mudah didapatkan di alam, dan tidak membutuhkan biaya yang mahal untuk membuatnya. Penelitian ini dilakukan variasi waktu *milling* pada mineral serpentin menggunakan metode *High Energy Milling* (HEM).

High energy milling merupakan teknik unik dengan menggunakan energi tumbukan antara bola-bola penghancur dan dinding *chamber* yang diputar dan digerakkan dengan cara tertentu. Keunggulan *high energy milling* adalah dapat membuat nanopartikel dalam jumlah yang relatif banyak dalam waktu yang relatif singkat^[4]. Selain itu, teknik *milling* merupakan salah satu teknik untuk menumbuhkan kristal padat tanpa melalui fasa evaporasi atau perlakuan reaksi kimia seperti yang biasa diperlukan dalam proses sintesis pada umumnya^[1].

Penelitian ini menggunakan metode *high energy milling* untuk membuat nanopartikel, selanjutnya akan diselidiki pengaruh waktu *milling* terhadap struktur mikro dan ukuran butir nanopartikel *forsterite* mineral serpentin yang terdapat di Jorong Sungai Padi Nagari Lubuak Gadang Kecamatan Sangir Kabupaten Solok Selatan. Metode *high energy milling* yang digunakan ini dipilih karena memiliki keunggulan diantaranya sebagai berikut:

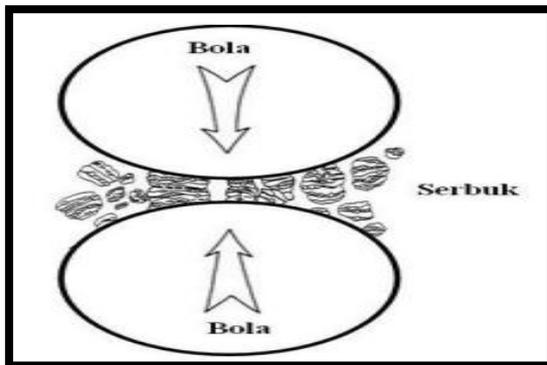
- Dapat membuat nanopartikel dari bahan keramik, logam, mineral, dan obat-obatan.
- Laju penghancuran yang tinggi, pengkondisian sistem *milling* yang mudah sehingga mekanisme proses amorfisasi dan pembentukan nanopartikel lebih cepat dan efektif.
- Pengoperasian yang mudah dan aman digunakan.
- Dapat dioperasikan pada waktu yang ditentukan.

Proses penggilingan HEM-E3D bekerja dengan cara menghancurkan campuran serbuk melalui mekanisme pembenturan bola-bola giling yang bergerak mengikuti pola gerakan wadahnya yang berbentuk *elips* tiga dimensi inilah yang memungkinkan pembentukan partikel-partikel serbuk berskala nanometer akibat tingginya frekuensi tumbukan. Tingginya frekuensi tumbukan yang terjadi antara campuran serbuk dengan bola-bola giling disebabkan karena wadah yang berputar dengan kecepatan tinggi, yaitu mencapai 500 rpm, dan bentuk bola gerakan yang berbentuk *elips* tiga dimensi tersebut. Prinsip kerja HEM-E3D tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip kerja HEM-E3D [5]

Saat dua bola bertumbukan ada serbuk dalam jumlah kecil yang terjebak di antara kedua bola tersebut, dan hal tersebut terjadi berulang-ulang, ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.

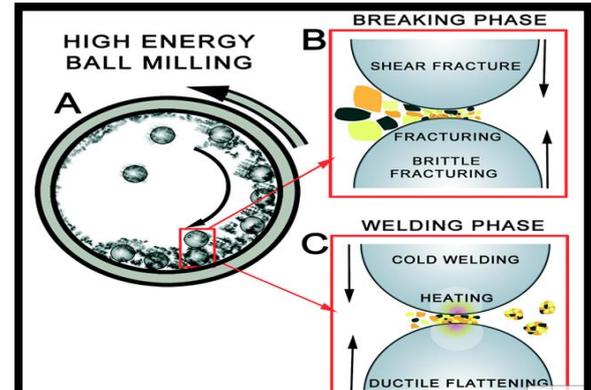


Gambar 2. Mekanisme Terjadinya Tumbukan [16]

Selama proses *Mechanical Milling*, partikel campuran serbuk akan mengalami proses pengelasan dingin dan penghancuran berulang-ulang, ketika bola saling bertumbukan sejumlah serbuk akan terjebak diantara kedua bola tersebut. Beban dampak yang diberikan oleh bola tersebut akan membuat serbuk terdeformasi dan akhirnya hancur. Permukaan partikel serbuk campuran yang baru terbentuk memungkinkan terjadinya proses pengelasan dingin kembali antara sesama partikel sehingga membentuk partikel baru yang ukurannya lebih besar dari ukuran semula. Partikel tersebut kemudian akan kembali mengalami tumbukan dan akhirnya kembali hancur, begitu seterusnya hingga mencapai ukuran yang nano. Proses *Mechanical Milling* sifat bahan juga berpengaruh terhadap hasil

akhir. Berikut beberapa struktur yang berpengaruh terhadap variasi waktu *milling*.

Fasa adalah material yang memiliki struktur dan komposisi yang berbeda dari yang lainnya. Perbedaan fasa yang terjadi tidak lepas dari pengaruh energi yang dimiliki atom-atom untuk proses difusi. Gambar 3 dapat dilihat mekanisme pembentukan fasa.



Gambar 3. Mekanisme pembentukan fasa [6].

Lebar *peak* XRD adalah merupakan fungsi dari ukuran partikel, maka ukuran kristal (D) dinyatakan dalam Persamaan *Scherrer* berikut [1]:

$$D = K \frac{\lambda}{B \cos(\theta_B)} \quad (1)$$

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

Scanning Electron Microscope (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi sampel dalam berbagai bidang. Prinsipnya adalah sifat gelombang dari elektron yakni difraksi pada sudut yang sangat kecil. Elektron dapat didifraksikan oleh sampel yang bermuatan, untuk sampel nonkonduktor dilakukan pelapisan dengan karbon, emas atau paduan emas, yang berfungsi untuk mengalirkan muatan elektron berlebih pada sampel ke ground. Pola yang terbentuk menggambarkan struktur dari sampel [7].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen dengan menggunakan metode *high energy milling* untuk membuat nanopartikel, selanjutnya akan diselidiki pengaruh waktu *milling* terhadap ukuran butir nanopartikel *forsterite* dari mineral serpentin yang terdapat di Jorong Sungai Padi Nagari Lubuak Gadang Kecamatan Sangir Kabupaten Solok Selatan. Unsur yang terkandung *forsterite* dianalisa menggunakan *x-ray diffraction*, sedangkan ukuran butir menggunakan *scanning*

electron microscope. Penelitian ini akan melakukan beberapa tahapan yaitu: pembuatan nanopartikel, karakterisasi, dan analisis data.

Proses *milling* menggunakan HEM-E3D memiliki keunggulan dibandingkan dengan alat standar yang ada yaitu gerak 3 dimensi pada putaran *jar* sehingga mekanisme proses amorfikasi dan pembentukan nanopartikel lebih cepat dan efektif.

- 1) Proses *milling* pertama selama 5 jam
 - a) Memasukkan sampel serpentin yang telah ditimbang sebanyak 2 gram, dan bola-bola karbon stell kedalam *jar*.
 - b) Sampel beserta bola-bola karbon stell dimasukkan kedalam *jar* lalu di pasang ke HEM-E3D dengan menggunakan kunci L hingga kuat, kemudian coba digerakan secara perlahan-lahan dengan menggunakan karet pemutar yang terhubung dengan dinamo.
 - c) HEM-E3D di hidupkan dengan menekan tombol yang hijau atau *on* dan *set* waktu *milling* selama 5 jam dengan waktu mati atau *off* 1 menit dan waktu hidup atau *on* selama 30 detik, kemudian tekan tombol *star* sampai HEM-E3D mati sendiri.
 - d) Setelah selesai ambil *jar* yang terpasang di HEM-E3D dengan menggunakan kunci L, lalu buka *jar* dan ambil sampel yang telah selesai *dimilling*.
- 2) Proses *milling* kedua selama 10 jam
 - a) Memasukkan sampel serpentin yang telah ditimbang sebanyak 2 gram, dan bola-bola karbon stell kedalam *jar*.
 - b) Sampel beserta bola-bola karbon stell dimasukkan kedalam *jar* lalu di pasang ke HEM-E3D dengan menggunakan kunci L hingga kuat, kemudian coba digerakan secara perlahan-lahan dengan menggunakan karet pemutar yang terhubung dengan dinamo.
 - c) HEM-E3D di hidupkan dengan menekan tombol yang hijau atau *on* dan *set* waktu *milling* selama 10 jam dengan waktu mati atau *off* 1 menit dan waktu hidup atau *on* selama 30 detik, kemudian tekan tombol *star* sampai HEM-E3D mati sendiri.
 - d) Setelah selesai ambil *jar* yang terpasang di HEM-E3D dengan menggunakan kunci L, lalu buka *jar* dan ambil sampel yang telah selesai *dimilling*.
- 3) Proses *milling* ketiga selama 20 jam
 - a) Memasukkan sampel yang telah ditimbang sebanyak 2 gram, dan bola-bola karbon stell kedalam *jar*.
 - b) Setelah sampel beserta bola-bola karbon stell dimasukkan kedalam *jar* lalu di pasang ke HEM-E3D dengan menggunakan kunci L hingga kuat, kemudian coba digerakan secara perlahan-lahan dengan

menggunakan karet pemutar yang terhubung dengan dinamo.

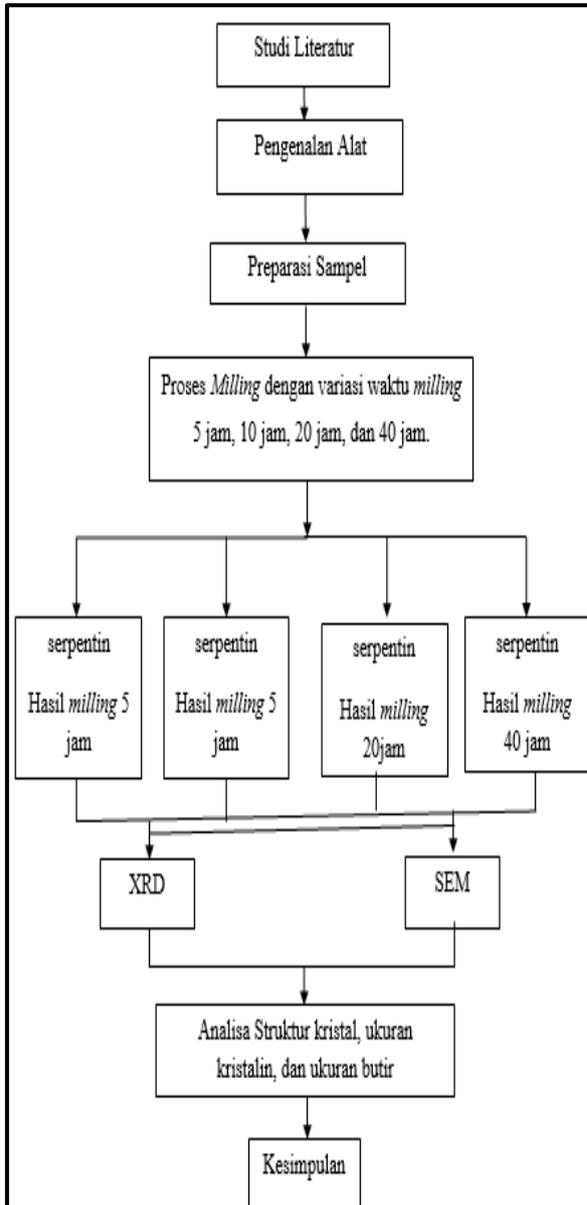
- c) HEM-E3D di hidupkan dengan menekan tombol yang hijau atau *on* dan *set* waktu *milling* selama 20 jam dengan waktu mati atau *off* 1 menit dan waktu hidup atau *on* selama 30 detik, kemudian tekan tombol *star* sampai HEM-E3D mati sendiri.
 - d) Setelah selesai ambil *jar* yang terpasang di HEM-E3D dengan menggunakan kunci L, lalu buka *jar* dan ambil sampel yang telah selesai *dimilling*.
- 4) Proses *milling* keempat selama 40 jam
 - a) Memasukkan sampel serpentin yang telah ditimbang sebanyak 2 gram, dan bola-bola karbon stell kedalam *jar*.
 - b) Setelah sampel beserta bola-bola karbon stell dimasukkan kedalam *jar* lalu di pasang ke HEM-E3D dengan menggunakan kunci L hingga kuat, kemudian coba digerakan secara perlahan-lahan dengan menggunakan Sampel serpentin hasil *milling* selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui struktur kristal, dan ukuran kristalin *forsterite*. Selanjutnya sampel dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui ukuran butir, dan morfologi *forsterite* dari hasil *milling* mineral serpentin masing-masing sampel.

Berdasarkan data karakterisasi menggunakan XRD dapat dianalisis struktur kristal dan ukuran kristalin dari *forsterite* hasil *milling* mineral serpentin tersebut. Berdasarkan data karakterisasi menggunakan SEM dapat diperoleh secara langsung ukuran butir serta morfologi permukaan dari nanopartikel *forserite* hasil *milling* serpentin pada masing-masing variasi waktu *milling*. Langkah-langkah yang ditempuh dalam analisis data adalah sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan harga sudut 2θ dan I yang diperoleh dalam karakterisasi menggunakan XRD. Sehingga diperoleh struktur dari sampel waktu *milling* 5 jam, 10 jam, 20 jam, dan 40 jam.
- 2) Berdasarkan harga sudut 2θ , I dan FWHM yang diperoleh dalam karakterisasi menggunakan XRD, dapat diperoleh ukuran butir kristal untuk masing-masing waktu *milling* dengan menggunakan Persamaan *Scherrer*.
- 3) Berdasarkan gambar morfologi yang dari SEM, dapat diperoleh ukuran butir dari *forsterite* hasil *milling* serpentin.

Gambar 4 adalah diagram alir penelitian dari pengaruh waktu *milling* terhadap stuktur mikro dan morfologi nanopartikel *forsterite* hasil *milling*

mineral serpentin dari Jorong Sungai Padi Nagari Lubuak Gadang Kecamatan Sangir Kabupaten Solok Selatan.



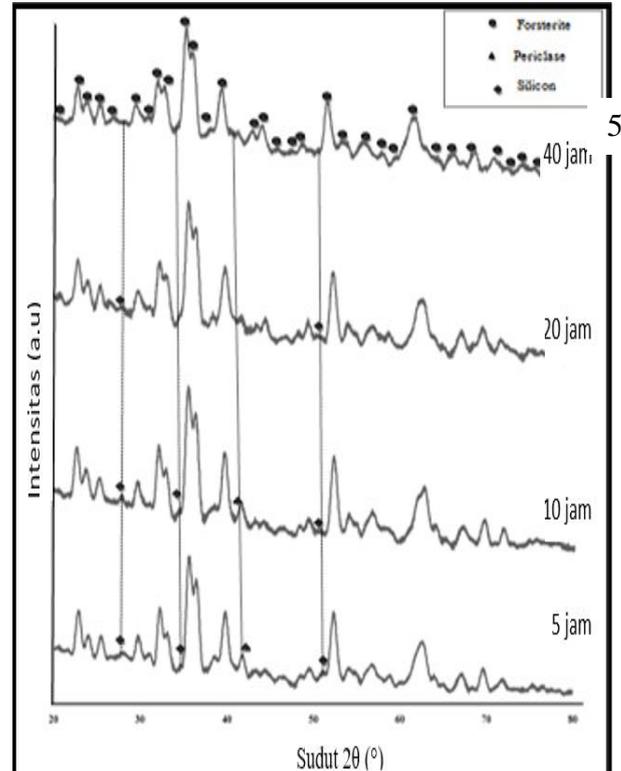
Gambar 4. Diagram alir penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Alat XRD oleh para ahli ilmu fisika memungkinkan untuk mengkonfirmasi secara eksperimen teori dari kristalografi. Metode pengujian difraksi sinar-x (XRD) dapat diketahui unsur, struktur kristal dan parameter kisi dari masing-masing pembuatan *forsterite* dengan variasi waktu *milling* 5 jam, 10 jam, 20 jam, dan 40 jam. Pada Gambar 5 hasil pengujian XRD pada

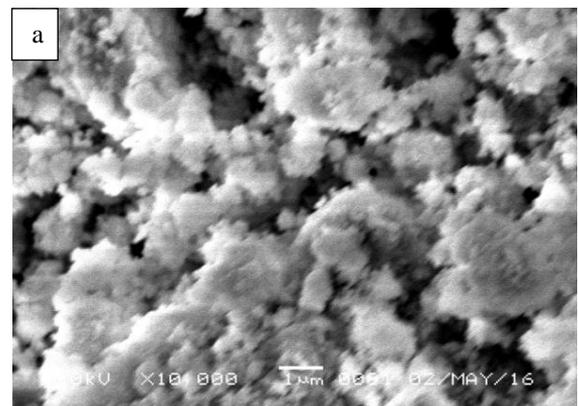
pembuatan *forsterite* dengan berbagai variasi waktu *milling*.

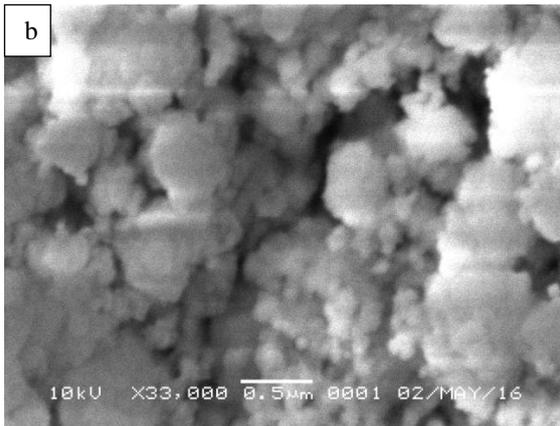


Gambar 5. Grafik hasil uji XRD pada pembuatan *forsterite* dengan berbagai variasi waktu 5, 10, 20, dan 40 jam.

Gambar 5 grafik hasil uji XRD pada pembuatan *forsterite* dengan berbagai variasi waktu 5 jam, 10 jam, 20 jam, dan 40 jam. Hasil uji diatas dapat diketahui membuktikan *forsterite* terdapat disetiap variasi waktu *milling*.

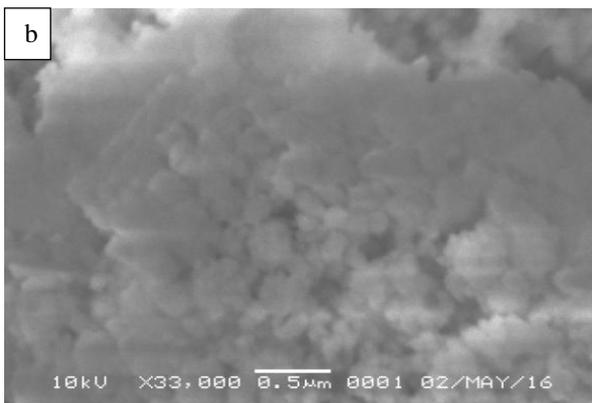
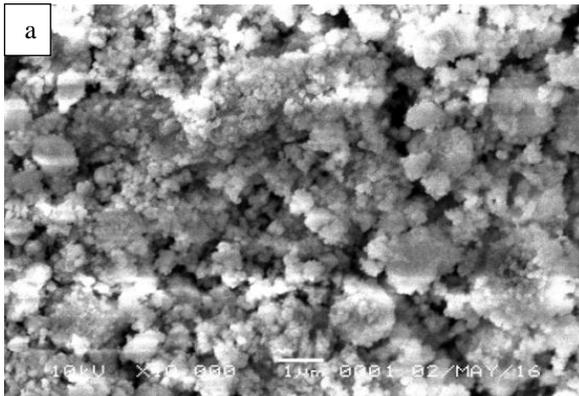
Ukuran butir dapat diketahui melalui morfologi permukaan yang diperoleh dari alat SEM terhadap *forsterite* dengan variasi waktu *milling* 5, 10, 20, dan 40 jam. SEM digunakan untuk melihat ukuran butir serta morfologi permukaan setelah proses *milling*. Hasil karakterisasi menggunakan SEM untuk waktu *milling* jam dapat dilihat pada Gambar 6.





Gambar 6. Hasil SEM morfologi *forsterite* hasil *milling* 5 jam, a) perbesaran 10.000x, b) perbesaran 33.000x

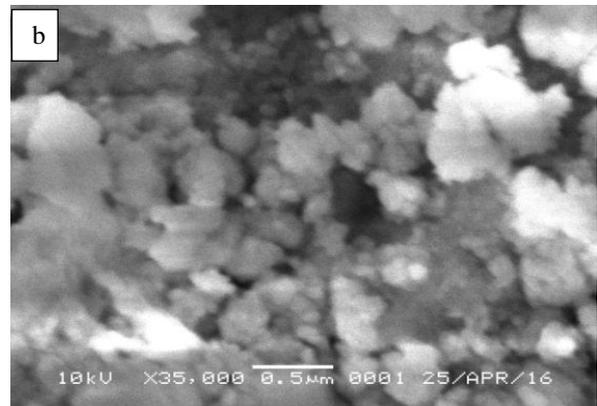
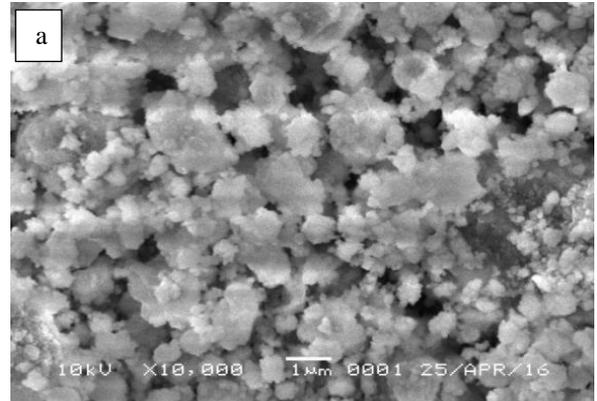
Gambar 6 merupakan morfologi SEM dari sampel *forsterite* dengan waktu *milling* 5 jam dengan a) perbesaran 10000x, dan b) perbesaran 33000x diketahui ukuran diameter rata-rata butirnya sebesar 579 nm. Hasil karakterisasi menggunakan SEM untuk waktu *milling* 10 jam dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil SEM morfologi *forsterite* hasil *milling* 10 jam, a) perbesaran 10.000X, b) perbesaran 33.0000X.

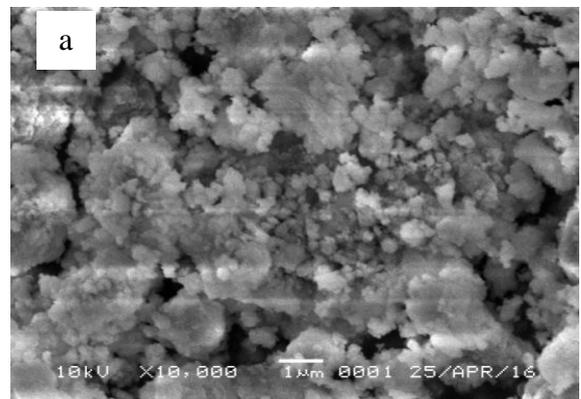
Gambar 7 merupakan morfologi SEM dari sampel *forsterite* dari dengan waktu *milling* 10 jam dengan a) perbesaran 10.000x, dan b) perbesaran

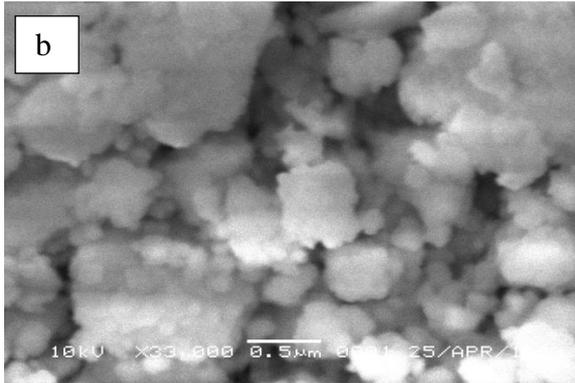
33.000x diketahui diameter ukuran butir rata-ratanya sebesar 551 nm. Hasil karakterisasi menggunakan SEM untuk waktu *milling* 20 jam dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil SEM morfologi *forsterite* hasil *milling* 20 jam, a) perbesaran 10.000x, b) perbesaran 35.000x

Gambar 38 merupakan morfologi SEM dari sampel dengan waktu *milling* 20 jam dengan a) perbesaran 10.000x, dan b) perbesaran 35.000x diketahui diameter ukuran butir rata-ratanya sebesar 478 nm. Untuk hasil karakterisasi menggunakan SEM untuk waktu *milling* 40 jam dapat dilihat pada Gambar 9.

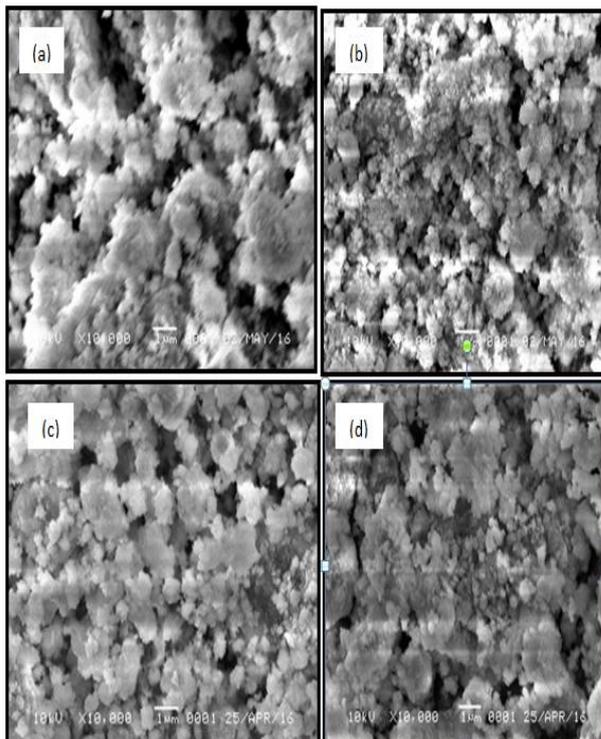




Gambar 9. Hasil SEM morfologi *forsterite* hasil *milling* 40 jam, a) perbesaran 10.000X, b) perbesaran 33.000X

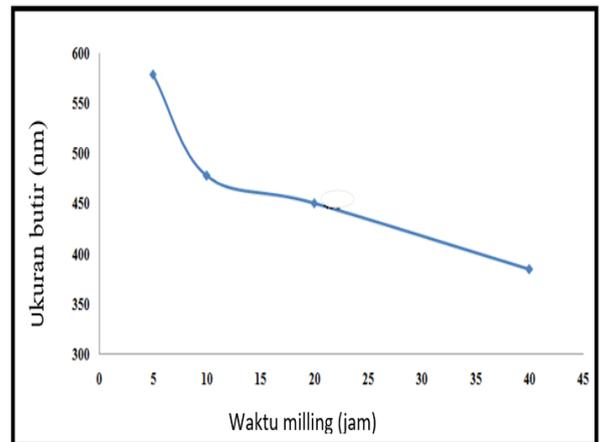
Gambar 9 merupakan morfologi SEM dari sampel dengan waktu *milling* 40 jam dengan a) perbesaran 10.000x, dan b) perbesaran 33.000x diketahui diameter ukuran butir rata-ratanya sebesar 385 nm.

Pengaruh waktu *milling* terhadap ukuran butir dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan hasil SEM *forsterite* berbagai variasi waktu dengan perbesaran 10000x a) 5 jam, b) 10 jam, c) 20 jam, dan d) 40 jam

Gambar 10 hasil SEM menunjukkan morfologi permukaan waktu *milling* 5, 10, 20, dan 40 jam. Pada Gambar 11 dapat dilihat grafik hubungan waktu *milling* terhadap ukuran butir *forsterite*.



Gambar 11. Grafik hubungan waktu *milling* terhadap ukuran butir partikel *forsterite*

Gambar 11 hasil SEM menunjukkan ukuran butir waktu *milling* 5, 10, 20, dan 40 jam berturut-turut adalah 579 nm, 478 nm, 451 nm dan 385 nm. Ukuran butir mengecil pada saat bertambahnya waktu *milling*.

2. Pembahasan

Waktu *milling* mempengaruhi ukuran butir kristal pada *forsterite*, hal ini dikarenakan selama proses *milling*, partikel serbuk akan mengalami proses pengelasan dan penghancuran berulang-ulang ketika bola saling bertumbukan sejumlah serbuk akan terjebak diantara kedua bola tersebut dan akan mengakibatkan serbuk terdeformasi kemudian menjadi hancur. Permukaan partikel serbuk yang baru terbentuk memungkinkan terjadinya proses pengelasan dingin kembali antara sesama partikel sehingga membentuk partikel baru yang ukurannya lebih besar dari ukuran semula. Kemudian partikel tersebut akan kembali mengalami tumbukan dan akhirnya kembali hancur, begitu seterusnya hingga mencapai ukuran nano.

Hasil SEM juga menunjukkan bentuk morfologi yang sama untuk ketiga sampel. Bentuk *forsterite* untuk semua sampel umumnya sama yaitu berbentuk bulat tidak rata. Hasil dari penelitian yang dilakukan didapatkan sampel *forsterite* yang ukuran butirnya lebih kecil dari penelitian sebelumnya yang mendapatkan ukuran butir nanokatalis sebesar 500nm^[5]. Hasil SEM juga menunjukkan bahwa ukuran butir semakin halus seiring bertambahnya waktu *milling*. Proses *aglomerasi* yang terjadi juga dapat diakibatkan oleh beberapa hal, yaitu kontaminasi serbuk sampel dengan material bola penghancur dan *jar*. Meskipun memiliki kekerasan yang sangat tinggi, *stainless steel* pada bola penghancur dan *jar* tetap akan memberikan kontaminasi pada serbuk sampel yang digiling. Kecepatan penggilingan tinggi dan waktu

penggilingan lama menyebabkan kontaminasi material pembentuk bola penghancur dan *jar* bisa dikatakan nyaris tidak dapat dihindari, selanjutnya yang mempengaruhi ukuran butir yaitu pengaruh bentuk *jar*. Desain pinggir bawah jar HEM-E3D yang berbentuk kurva dapat menyebabkan terbentuknya *dead zone* yang merupakan daerah dimana serbuk tidak tergilang karena media penggiling (bola) tidak dapat mencapainya saat *milling* berlangsung.

Gambaran morfologi permukaan *forsterite* ditunjukkan melalui SEM menunjukkan ukuran butir *forsterite*, semakin halus seiring bertambahnya waktu *milling*. Bentuk *forsterite* untuk semua sampel umumnya sama berbentuk bulat tidak rata, hal ini dikarenakan *forsterite* berasal dari proses-proses antropogenik. Secara alamiah proses antropogenik terjadi pada temperatur tinggi dalam proses dan produksi material yang berhubungan dengan Mg, pada proses-proses dengan temperatur tinggi ini biasanya akan menghasilkan mineral-mineral berbentuk bulat.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan Waktu *milling* berpengaruh terhadap ukuran butir *forsterite* mineral serpentin dari Kabupaten Solok Selatan, semakin lama waktu *milling* maka ukuran butir *forsterite* semakin kecil

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada menristek dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah perguruan tinggi MP3EI atas nama Dr. H. Ahmad Fauzi, M. Si dan Dr. Hj. Ratnawulan, M. Si., dengan judul Eksplorasi dan Pengembangan Nilai Tambah Mineral Ekonomis Sumatera Barat Menjadi Produk Nanomaterial untuk Mendukung Industri Besi Baja Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdullah, M. 2008. *Sintesis Nanomaterial*. Bandung. ITB Bandung.
- [2] Dwandaru, W. 2012. *Aplikasi Nanosains Dalam Berbagai Bidang Kehidupan: Nanoteknologi*. UNY Karangmalang, Yogyakarta
- [3] Febrini, Vivi.2014. "Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Fisis Mineral Serpentin Yang Terdapat Di Jorong Sungai

- Padi Nagari Lubuak Gadang Kecamatan Sangir Kabupaten Solok Selatan".UNP: Padang.
- [4] Krisnawan A.2009. Karakterisasi Sampel Paduan Magnesium Jenis AZ91D Dengan Berbagai Variasi Waktu Milling Oleh X-Ray Fluorescence (XRF) dan XRD. Skripsi. UINSH. Jakarta.
- [5] Kumar, dkk. 2005. *Nanofabrication Towards Biomedical Applications*. Wilevchverlaggbmh & co.kga, weinheim. Germany
- [6] Merupo, dkk. 2015. Struktural and Optical Characterization of ball milled Copper-Doped Bismut Vanadium Oxide. CrystEngComm. Poland.
- [7] Mulyaningsih NN. 2007. "Karakterisasi hidroksiapatit sintetis dan alami pada suhu 1400°C". Bogor: Institut Pertanian Bogor, IPB.
- [8] Mustofa, S. dan Yunasfi. 2009. Pembuatan Karbon Berstruktur Nano dengan Metode High Energy Milling. Jurnal Sains Materi Indonesia. Vol. 10 No. 3 Tahun 2009. 288-291.
- [9] Nanotech Indonesia. 2014. High Energy Milling E3D (HEM E3D). Banten: PUSPIPTEK Serpong.
- [10] Nurul T.R. dkk. 2007. "HEM type E3D".Alat penghancur pembuat fungsional nanometer dan gerakan elips 3 dimensi paten no p00200700207.
- [11] Pratapa, Suminar. 2004. *Prinsip-Prinsip Difraksi Sinar-X*, makalah seminar XRD disampaikan di Padang.
- [12] Suryanarayana. 2001. "Mechanical Alloying and Milling. Departement of Metallurgical and Engineering Colorado School of Mines golden". Colorado.USA.
- [13] Tavangarian, F., & R. Emadi. 2009. "*Sintesis of nanocrystalline forsterite (Mg₂SiO₄) powder by combined mechanical action and thermal treatment*". University of technology. Iran.
- [14] Tavangarian, F dan R. Emadi. 2010. Synthesis Of Pure Nanocrystalline Magnesium Silicate Powder. *Ceramics-Silikaty*. Isfahan University Of Technology (IUT). Vol: 52. No:2. Hal 122-127.
- [15] Tonggiroh, Adi dan Purwanto. 2011. *Kajian Mineral Serpentin : Korelasi Karbondioksida dan Platinum Group Element (PGE) pada Sequen Batuan Ultramafik*. Makassar. Jurusan Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Proseding.
- [16] Van Vlack, Lawrence H. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta: Erlangga.