



**PENGARUH RASIO JUMLAH DAN DIAMETER BOLA
BAJA DALAM PROSES SINTESIS MATERIAL
DENGAN *SHAKER MILLING* TERHADAP
UKURAN PARTIKEL KAOLIN**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

Oleh

Wahyu Akbar Jatmiko

NIM.5201415064

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Wahyu Akbar Jatmiko


NIM : 5201415064

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Judul : PENGARUH RASIO JUMLAH DAN DIAMETER BOLA BAJA
DALAM PROSES SINTESIS MATERIAL DENGAN *SHAKER*
MILLING TERHADAP UKURAN PARTIKEL KAOLIN

Skripsi/TA ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi/TA Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, ^{27 Mei} ~~April~~ 2019
Pembimbing,



Dr., Ir. Basyirun, S.Pd., M.T., IPM.
NIP. 196809241994031002

PENGESAHAN

Skripsi/TA dengan judul "Pengaruh Rasio Jumlah Dan Diameter Bola Baja Dalam Proses Sintesis Material Dengan *Shaker Milling* Terhadap Ukuran Partikel Kaolin" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi/TA Fakultas Teknik UNNES pada tanggal bulan: 07 tahun 2019


Oleh


Nama : Wahyu Akbar Jatmiko
NIM : 5201415064
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Panitia:

Ketua

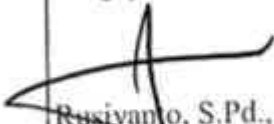
Sekretaris


Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002


Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T. IPP.
NIP. 197509272006041002

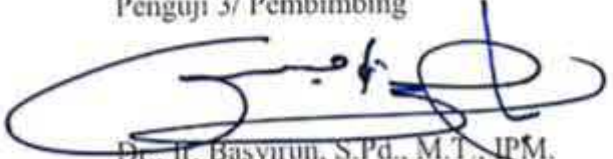
Penguji 1

Penguji 2


Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002



Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.
NIP. 196601051990021002

Penguji 3/ Pembimbing


Dr. H. Basyirun, S.Pd., M.T., IPM.
NIP. 196809241994031002

Mengetahui:
Fakultas Teknik UNNES




Nur Qudus, M.T., IPM.
196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi/TA ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing dan masukan tim penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma di perguruan tinggi ini.

Semarang, 23 Juli 2019
Yang membuat pernyataan



Wahyu Akbar Jatmiko
NIM. 5201415064

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- Usaha tidak akan mengkhianati hasil.
- Berusaha melakukan yang terbaik dalam setiap pekerjaan membuat hasil pekerjaan tersebut menjadi yang terbaik pula.
- “Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain” (Q.S. Al Insyirah: 7).

Persembahan:

Karya ini dipersembahkan untuk:

- Bapak Rakidin dan Ibu Haryatun, orang tua yang selalu menyayangi, mencintai dan mengasihiku, serta selalu mendoakan kesuksesanku.
- Galih Wibisono, kakak yang selalu mendukungku.
- Deliyana Suri Pratiwi, yang menjadi semangat dan motivasi dalam hidupku.
- Keluarga besar Teknik Mesin UNNES.

ABSTRAK

Wahyu Akbar Jatmiko. 2019. Pengaruh Rasio Jumlah Dan Diameter Bola Baja Dalam Proses Sintesis Material Dengan *Shaker Milling* Terhadap Ukuran Partikel Kaolin. Pembimbing: Dr., Ir. Basyirun, S.Pd., M.T., IPP. Pendidikan Teknik Mesin.

Penggunaan *shaker milling* dalam proses sintesis material kaolin mempengaruhi hasil atau ukuran partikelnya. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi hasil dari *shaker milling* tersebut. Salah satu hal yang mempengaruhi hasil sintesis menggunakan *shaker milling* adalah rasio dan jumlah bola baja yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shaker milling* terhadap ukuran partikelnya.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, yang bertujuan mengetahui sebab dan akibat berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti. Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan oleh peneliti adalah sintesis material kaolin menggunakan alat *shaker milling* dengan variasi rasio dan diameter bola baja. Proses *shake milling* menggunakan bola baja diameter 10 mm dan 15 mm. Variasi rasio bola yang digunakan adalah 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, dan 9:1. Analisis data yang digunakan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan statistik deskriptif.

Hasil penelitian yang telah didapatkan setelah melakukan proses pengukuran partikel yang telah disintesis menggunakan rasio bola 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, dan 9:1 secara berturut-turut adalah 1068,52 nm, 580,41 nm, 402,44 nm, 454,69 nm, dan 5,51 nm. Jumlah persentase partikel terkecil material yang telah disintesis dari setiap rasio bola yang digunakan secara berturut-turut adalah 0,92 %, 1,96 %, 3,48 %, 2,23 %, dan 7,81 %. Berdasarkan pengukuran diperoleh ukuran partikel terkecil pada rasio bola 9:1 dengan ukuran partikel 5,51 nm, dan ukuran partikel terbesar pada rasio bola 1:9 dengan ukuran partikel 1068,52 nm. Jumlah persentase partikel terkecil yang paling banyak pada rasio bola 9:1 dengan jumlah 7,81 %, persentase partikel terkecil yang paling sedikit pada rasio bola 1:9 dengan jumlah 0,92 %. Penggunaan rasio bola yang disarankan untuk mendapatkan ukuran partikel yang optimum adalah rasio 9:1.

Kata kunci : kaolin, rasio bola, *shake milling*, ukuran partikel.

PRAKATA

Segala Puji dan Syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa, atas Kuasa dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “Pengaruh Rasio Jumlah Dan Diameter Bola Baja Dalam Proses Sintesis Material Dengan *Shaker Milling* Terhadap Ukuran Partikel Kaolin” dalam rangka menyelesaikan Studi Strata Satu untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bimbingan, motivasi dan bantuan semua pihak. Oleh karena itu dengan rendah hati disampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, antara lain:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
4. Dr. Ir. Basyirun, S.Pd., M.T. IPM., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ir. Agus Nugroho, S.Pd., M.T., IPP., selaku dosen pembimbing lapangan yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

6. Rusiyanto, S.Pd., M.T. selaku dosen penguji I yang telah memberikan saran dan masukkan kepada penulis.
7. Dr. Wirawan Sumbodo, M.T. selaku dosen penguji II yang telah memberikan saran dan masukkan kepada penulis.
8. Kedua orang tua yang selalu mendoakan serta memberikan motivasi.
9. Teman-teman yang telah banyak membantu dan memberikan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi.

Penulis mengharapkan segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun demi sempurnanya skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya, khususnya Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 23 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN TEKNIS DAN LAMBANG	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	6
1.4 Rumusan Masalah	7
1.5 Tujuan Penelitian	7
1.6 Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1 Kajian Pustaka	9
2.2 Landasan Teori	14
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
3.2 Desain Penelitian	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	30
3.4 Parameter Penelitian	31
3.5 Teknik Pengumpulan Data	32
3.6 Kalibrasi Instrumen	36

3.7 Teknik Analisis Data	37
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	38
4.2 Pembahasan.....	51
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR SINGKATAN DAN TEKNIS DAN LAMBANG

Simbol	Arti
%	Persen
>	Lebih dari
<	kurang dari
°C	Derajat celcius
μm	Mikrometer
gr	gram
ml	Mililiter
mm	Milimeter
nm	Nanometer
LAS	Laser diffraction

Singkatan	Arti
g/ml	Gram per milimeter
PSA	<i>Particle Size Analyzer</i>
Dkk	Dan kawan-kawan
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
Rpm	Rotasi per menit
HEM	<i>High Energy Milling</i>
BPR	<i>Ball to Powder Ratio</i>
TEM	<i>Transmission Electron Microscopy</i>
D	Diameter
JP	Jumlah Partikel
RB	Rasio Bola

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Instrumen hasil pengukuran partikel.....	35
Tabel 3.2 Instrumen persentase jumlah partikel	36
Tabel 4.1 Distribusi Partikel Sampel Kontrol.....	39
Tabel 4.2 Distribusi Partikel Sampel 1:9	41
Tabel 4.3 Distribusi Partikel Sampel 3:7	43
Tabel 4.4 Distribusi Partikel Sampel 5:5	45
Tabel 4.5 Distribusi Partikel Sampel 7:3	47
Tabel 4.6 Distribusi Partikel Sampel 9:1	49
Tabel 4.7 Pengaruh Rasio Jumlah dan Diameter Bola Terhadap Ukuran Partikel 51	
Tabel 4.8 Pengaruh Rasio Jumlah dan Diameter Bola Terhadap Persentase Jumlah Partikel Terkecil	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Serbuk Kaolin.....	14
Gambar 2.2 Struktur Kaolin (Sunardi, dkk.: 2011).....	15
Gambar 2.3 Contoh mesin <i>shaker milling</i>	16
Gambar 2.4 Proses tumbukan antara bubuk dan bola pada saat proses <i>milling</i> - (Simanjuntak, B. A.: 2012)	17
Gambar 2.5 Skema gerakan bola dan serbuk dalam tabung jar pada saat proses <i>milling</i> (Suryanarayana, 2001).....	18
Gambar 2.6 Bola baja.....	19
Gambar 2.7 Pendekatan sintesis nanopartikel <i>top down</i> dan <i>bottom up</i> (Abdullah M.: 2008)	24
Gambar 2.8 Alat <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA).....	26
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	33
Gambar 4.1 <i>Particle Size Analyzer (PSA) Horiba Scientific nano partica SZ- 100</i>	38
Gambar 4.2 Distribusi Partikel Sampel Kontrol	40
Gambar 4.3 Distribusi Partikel Sampel 1:9	42
Gambar 4.4 Distribusi Partikel Sampel 3:7	44
Gambar 4.5 Distribusi Partikel Sampel 5:5	46
Gambar 4.6 Distribusi Partikel Sampel 7:3	48
Gambar 4.7 Distribusi Partikel Sampel 9:1	50
Gambar 4.8 Pengaruh Rasio Jumlah dan Diameter Bola Terhadap Ukuran- Partikel.....	52
Gambar 4.9 Pengaruh Rasio Jumlah dan Diameter Bola Terhadap Persentase Jumlah Partikel Terkecil.....	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak sekali jenis mineral di alam ini, salah satu jenis mineral dengan jumlah yang sangat melimpah adalah tanah liat atau juga dikenal dengan sebutan lempung. Tanah liat juga memiliki banyak jenis. Jenis tanah liat yang sangat populer dalam bidang keteknikan adalah *kaolinite*. Di Indonesia material *kaolinite* dikenal dengan sebutan kaolin. Kaolin merupakan masa batuan yang tersusun dari material tanah liat dengan kandungan besi yang rendah. Pada umumnya kaolin berwarna putih atau agak keputihan. Rumus kimia kaolin adalah $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ yang merupakan komposisi pembentuk kaolin yaitu hidrous alimunium silikat. Proses pembentukan kaolin dapat terjadi melalui proses pelapukan dan proses hidrotermal alterasi pada batuan beku felspartik (Sunardi, dkk.: 2011). Ada dua macam endapan kaolin, yaitu: endapan residual dan endapan sedimentasi. Untuk membedakan kaolin dari tanah liat primer adalah dari warnanya yang keputihan, halus, dan mudah didispersikan dalam air dan pelarut lainnya.

Kaolin tersebar di beberapa pulau di Indonesia. Diantaranya adalah pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Cadangan endapan Kaolin paling besar terdapat di Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan dan Pulau Bangka dan Belitung. Cadangan lainnya berada di Bandar Pulau (Sumut), Bonjol Pasaman (Sumbar), Belilas dan Indragiri Hulu (Riau), Pulau Bangka Belitung, Pondok Kelapa (Bengkulu), Garut dan Tasikmalaya (Jabar), Blitar dan Trenggalek (Jatim),

Sambas dan singkawang (Kalbar), Martapura (Kalsel), Polewali (Sulsel), dan Paniai (Papua). Saat ini sebagian besar hasil tambang mineral kaolin diekspor ke berbagai negara seperti Jepang, Taiwan, Korea dan Cina. Dalam bidang industri kaolin banyak dimanfaatkan sebagai bahan tambahan kertas, cat, tinta, karet, keramik dan plastik (ekosse: 2000). Kaolin juga dipakai sebagai ujung dari pesawat ulang alik. Gesekan antara ujung pesawat yang berkecepatan tinggi dengan udara pasti menyebabkan terjadinya panas di ujung pesawat. Kaolin dipilih sebagai bahan pembuatan ujung pesawat ulang alik karena kaolin memiliki daya hantar panas yang sangat rendah.

Di bidang teknik mesin, kaolin dapat digunakan sebagai bahan pembuat kowi/cawan pelebur logam. Kaolin membutuhkan proses secara mekanis sebelum bahan tersebut dimanfaatkan untuk bahan yang akan diaplikasikan pada bidang teknik (Luo, dkk: 2017). Kowi/cawan pelebur logam adalah tempat atau wadah untuk logam yang akan dilebur. Bahan yang digunakan untuk membuat kowi harus memiliki sifat tahan panas/refraktori, karena ketika proses peleburan logam temperatur yang digunakan sangatlah tinggi. Temperatur yang harus dicapai untuk melebur harus mengikuti titik lebur logam. Titik lebur aluminium adalah 660 °C, tembaga 1083 °C, besi cor 1170 °C, besi 1537 °C (Surdia, 2016: 12). Pada umumnya kowi yang digunakan dalam pengecoran adalah kowi lokal yang terbuat dari grafit atau kaolin/tanah liat. Kowi lokal hanya dapat digunakan beberapa kali untuk peleburan. Di industri pengecoran, banyak pelaku industri yang lebih memilih membeli kowi impor karena lebih kuat dan tahan lama dibandingkan dengan kowi buatan lokal. Kowi lokal hanya dapat bertahan maksimal 10 kali

peleburan dengan perlakuan halus dan 5 kali peleburan dengan perlakuan kasar (Tamara, P. dkk.: 2015) . Namun, harga kowi impor jauh lebih mahal dibandingkan dengan kowi lokal. Hingga saat ini belum ada kowi lokal yang dapat menandingi kowi impor dalam kekuatan dan ketahanan panasnya.

Kaolin memiliki sifat-sifat mekanik yang bagus yaitu memiliki massa jenis 2,6 g/ml, nilai kekerasan berkisar antara 2-2,5 mohs, dan memiliki titik lebur yang sangat tinggi. Partikel kaolin biasanya berupa lembaran heksagonal dengan diameter sekitar 0,05-10 μm , rata-rata 0,5 μm (Sunardi, dkk.: 2011). Ukuran partikel tersebut masih tergolong besar dan masih bisa direduksi menjadi lebih kecil lagi. Ada beberapa dampak yang akan terjadi diakibatkan dari ukuran partikel yang masih cukup besar. Dampak yang pertama adalah umur pakai kowi yang tidak tahan lama. Kowi yang tidak tahan lama ketika dipakai untuk melebur logam, maka biaya untuk produksi akan semakin mahal karena harus membuat atau membeli kowi yang baru. Dampak yang kedua adalah kemampuan menahan panas yang masih rendah apabila dibandingkan dengan material yang ukuran partikelnya kecil. Ketiga, permukaan kowi yang ukuran partikel materialnya masih cukup besar akan lebih kasar dibandingkan dengan material yang ukuran partikelnya sudah diperkecil.

Penelitian ini menggunakan alat *shaker milling* untuk metode memperkecil partikel kaolin. Terdapat beberapa masalah dari proses *shaker milling* ini. Beberapa masalah yang terjadi dari *shaker milling* ini diantaranya adalah kapasitas tabung yang kecil. Kapasitas tabung yang kecil sehingga bahan yang dapat dimasukkan ke dalam tabung juga sedikit. Masalah berikutnya adalah hasil yang kurang maksimal

apabila terdapat kesalahan dalam prosesnya. Permasalahan ketiga adalah durasi waktu *milling* yang dibutuhkan untuk membuat partikel menjadi nano masih cukup lama.

Ukuran partikel sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis yang dimiliki oleh kowi. Ukuran partikel yang lebih kecil menginduksi struktur simetri dan akibatnya akan secara signifikan mempengaruhi keseluruhan sifat dan kinerja (Hubadillah, dkk.: 2016). Ukuran partikel kaolin yang masih besar menyebabkan kecilnya bidang kontak antara partikel satu dengan partikel lainnya sehingga ikatan antar partikel juga lemah. Partikel yang besar juga menghasilkan sela-sela antara partikel yang besar juga. Ukuran partikel yang akan memperbesar bidang kontak antar partikel sehingga ikatan antar partikel menjadi lebih kuat. Sela-sela antar partikel juga menjadi lebih kecil. Sehingga sifat mekanik kowi pun akan berubah menjadi lebih tahan panas dan awet.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah dijelaskan sebelumnya, muncul identifikasi masalah faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran partikel dalam proses *shake milling*. Faktor-faktor tersebut yaitu: waktu, rasio berat bahan dengan bola baja, ukuran bola baja, temperatur, kecepatan putaran, dan rasio jumlah dan diameter bola baja.

Waktu dalam proses *shake milling* sangat mempengaruhi hasil material yang diproses menggunakan *milling*. Durasi *milling* yang lama akan membuat semakin kecil partikel yang direduksi. Tumbukan antar bola-bola baja yang semakin lama mengakibatkan kontak antara material dengan bola baja yang menggerus material

juga semakin lama. Material yang tergerus oleh bola baja akan menjadi semakin kecil.

Rasio berat bahan dengan bola baja juga mempengaruhi ukuran partikel bahan yang diproses menggunakan *milling*. Rasio yang besar membuat durasi yang dibutuhkan untuk *milling* semakin sedikit karena intensitas tumbukan akan semakin meningkat. Meningkatnya intensitas tumbukan maka membuat partikel material akan semakin sering tergerus oleh bola baja yang saling bertumbukan. .

Ukuran bola baja berpengaruh terhadap ukuran partikel material. Bola baja dengan ukuran yang besar membuat partikel akan semakin kecil. Besarnya ukuran bola baja mengakibatkan energi tumbukan yang akan terjadi di dalam tabung juga semakin besar. Energi tumbukan yang besar membuat partikel bahan menjadi semakin cepat tergerus.

Temperatur mesin juga mempengaruhi hasil *milling*. Temperatur yang tinggi mempunyai pengaruh yang kurang bagus terhadap ukuran partikel material. Temperatur tabung yang cukup tinggi diakibatkan oleh tumbukan antar bola-bola baja yang berada di dalam tabung. Naiknya temperatur juga disebabkan oleh gesekan antar komponen mesin karena mesin yang bergerak dengan kecepatan yang tinggi.

Kecepatan putaran juga sangat berpengaruh terhadap ukuran partikel material. Kecepatan putaran yang tinggi membuat ukuran partikel yang dihasilkan juga akan semakin kecil, karena energi yang akan dihasilkan juga semakin besar. Kecepatan putaran yang tinggi mengakibatkan intensitas tumbukan bola-bola baja akan

meningkat sehingga partikel-partikel bahan yang diproses *milling* akan lebih sering tergerus oleh bola baja dan membuat ukuran partikel semakin kecil..

Rasio jumlah dan diameter bola baja juga berpengaruh terhadap ukuran partikel material. Gavrilov dkk. (1995) memberikan prediksi bahwa energi tumbukan tertinggi akan diperoleh ketika variasi ukuran bola dilakukan. Berdasarkan hal itu, penulis ingin meneliti “Pengaruh Rasio Jumlah Dan Diameter Bola Baja Dalam Proses Sintesis Material Dengan *Shake Milling* Terhadap Ukuran Partikel Kaolin”.

1.3 Pembatasan Masalah

Banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran partikel dengan menggunakan *shake milling*, maka penelitian ini fokus kepada rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesisnya, dengan ketentuan:

1. Waktu yang digunakan dalam proses sintesis kaolin adalah 30 menit.
2. Berat kaolin yang disintesis adalah 5 gr.
3. Volume alkohol yang digunakan 15 ml.
4. Ukuran diameter bola baja yang digunakan adalah 10 mm dan 15 mm.
5. Jumlah total penggunaan bola baja adalah 10 bola, dengan diameter 10 mm dan 15 mm.
6. Variasi rasio jumlah bola baja ukuran 10 mm dengan 15 mm yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, dan 9:1.
7. Pengukuran partikel menggunakan (*PSA Particle Size Analyzer*)

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan permasalahannya yaitu:

1. Seberapa besar pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shake milling* terhadap ukuran partikelnya?
2. Seberapa besar pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shake milling* terhadap persentase jumlah partikel terkecilnya?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dapat dirumuskan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui besarnya pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shake milling* terhadap ukuran partikelnya.
2. Mengetahui besarnya pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shake milling* terhadap persentase jumlah partikel terkecilnya.

1.6 Manfaat Penelitian

Sebagai peran nyata dalam pengembangan bidang material, maka penulis berharap dapat mengambil manfaat dari penelitian ini diantaranya yaitu:

1. Setelah mengetahui adanya pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shaker milling* terhadap ukuran partikel kaolin, maka diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan

dalam penentuan rasio dan jumlah diameter bola baja dalam proses sintesis material menggunakan *shaker milling*.

2. Setelah mengetahui adanya pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shaker milling* terhadap ukuran partikel kaolin, maka diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan bahan untuk barang yang menggunakan kaolin dengan ukuran partikel yang optimum.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Setelah penulis membaca berbagai literatur, terdapat beberapa penelitian mengenai sintesis material menggunakan *ball mill* (bola baja). Beberapa literatur tersebut akan dijadikan acuan untuk mendukung penelitian yang dilakukan. Penelitian-penelitian yang dijadikan acuan antara lain:

Nasir, M., dkk. (2017), melakukan penelitian yang berjudul: “Pengaruh Waktu *High Energy Milling* Terhadap Karakteristik Nanokaolin Capkala Asal Kalimantan Barat”. Penelitian ini memvariasikan waktu *milling* yaitu 6, 12, dan 18 jam. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ukuran partikel kaolin terkecil dihasilkan dari *milling* dengan waktu 12 jam. Ukuran partikel kaolin sebelum diproses berdiameter kurang lebih 1 μm . Proses *milling* selama 12 jam membuat ukuran partikel kaolin mengecil menjadi 158 nm - 64 nm. Nanopartikel kaolin menunjukkan gugus fungsi Al-O dan Si-O-Si yang sesuai dengan gugus fungsi kaolin. Pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengaruh waktu *milling* terhadap ukuran partikel kaolin. Kesamaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan penulis yaitu sama-sama meneliti ukuran partikel dan bahan yang digunakan. Perbedaannya adalah terletak pada variabel bebasnya, dimana dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah waktu *milling* sedangkan dalam penelitian yang akan dilakukan penulis variabel bebasnya adalah rasio jumlah dan diameter bola baja (*ball mill*).

Efendi, W. (2014), melakukan penelitian yang berjudul: “Pengaruh Ukuran Bola dan Durasi Ball Mill terhadap Ukuran Partikel dan Kandungan Besi Oksida dari Pasir Besi”. Penelitian ini melakukan variasi ukuran bola dan waktu *milling*. Variasi ukuran bola adalah 4,76 mm, 6,35 mm, dan 7,93 mm. Variasi durasi *milling* adalah 2 jam, 6 jam, dan 10 jam. Hasil dari penelitian ini adalah perbedaan durasi *milling* dan ukuran bola baja juga memberikan pengaruh terhadap ukuran partikel dan kandungan besi oksida yang dihasilkan. Proses *milling* yang menghasilkan ukuran partikel terkecil adalah dengan bola baja ukuran 6,35 mm selama 10 jam. Ukuran partikel sebelum diproses adalah 210 μm , setelah diproses menggunakan bola baja ukuran 6,35 mm dan waktu 10 jam menghasilkan ukuran partikel besi oksida sebesar 50 nm – 60 μm . Kandungan besi oksida tertinggi dicapai dengan durasi *milling* 10 jam dan bola baja ukuran 7,93 mm., yaitu sebesar 83,017 %. Penelitian tersebut mempunyai kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan penulis yaitu variabel ukuran bola baja dan variabel ukuran partikel. Perbedaannya adalah ukuran bola baja dan bahan yang diproses.

Gunawan, I., dkk. (2011), melakukan penelitian yang berjudul: “Efek Waktu *Milling* Terhadap Karakterisasi Partikel Kapur Alam Dengan Menggunakan *X-Ray Diffraction*”. Penelitian ini menggunakan variasi waktu *milling* 3, 6, 9, 12, 15, dan 18 jam. Bahan kapur alam yang digunakan dalam penelitian tersebut merupakan gabungan dari dua senyawa, yaitu: CaCO_3 dan Ca(OH)_2 . Hasil dari penelitian ini adalah adanya pengaruh waktu *milling* terhadap ukuran partikel kapur alam. Pada waktu *milling* 3 jam ukuran partikel Ca(OH)_2 sebesar 1125 nm dan CaCO_3 sebesar 9000 nm. Pada waktu *milling* 6 jam ukuran partikel mengecil, partikel Ca(OH)_2

menjadi 1000 nm dan CaCO_3 menjadi 4500 nm. Pada waktu *milling* 9 jam ukuran partikel Ca(OH)_2 mengecil menjadi 562,5 nm dan CaCO_3 1800 nm. Pada waktu *milling* 12 jam ukuran partikel Ca(OH)_2 tetap sama dengan 9 jam, akan tetapi partikel CaCO_3 mengecil menjadi 1500 nm. Pada waktu *milling* 15 jam ukuran partikel Ca(OH)_2 membesar dari sebelumnya yaitu menjadi 692,3 nm, sedangkan ukuran partikel CaCO_3 sama besarnya dengan waktu 12 jam. . Pada waktu *milling* 18 jam ukuran partikel menjadi lebih kecil dari waktu-waktu sebelumnya, partikel Ca(OH)_2 menjadi 473,7 nm dan CaCO_3 menjadi 600 nm. Kesamaan penelitian ini ng akan dilakukan penulis adalah variabel yang diteliti yaitu ukuran partikel dan proses *milling*. Perbedaannya adalah pada variabel bebasnya, dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah waktu *milling* sedangkan dalam penelitian penulis variabel bebasnya adalah rasio dan jumlah bola baja.

Zahara, Y., dkk. (2016), melakukan penelitian yang berjudul: “Pengaruh Waktu *Milling* Terhadap Ukuran Butir *Quartz* Dari Nagari Saruaso Kabupaten Tanah Datar”. Pada penelitian ini peneliti melakukan variasi waktu 6 jam, 12 jam, 24 jam, dan 30 jam. Hasil dari penelitian ini adalah waktu *milling* berpengaruh terhadap ukuran butir serta morfologi nanopartikel *quartz* menyebabkan perubahan pada ukuran butir namun tidak berpengaruh pada morfologi permukaannya. Mengecilnya ukuran butir pada saat bertambahnya waktu *milling* diakibatkan karena terjadinya benturan bola-bola kecil yang berada pada tabung. Pada proses *milling* selama 6 jam ukuran butirl *quartz* menjadi 464 nm. Proses *milling* selama 12 jam membuat ukuran butir *quartz* mengecil menjadi 380 nm. Proses *milling* selama 24 jam membuat ukuran butir mengecil menjadi 345 nm. Pada proses

milling selama 36 jam ukuran butir mengecil menjadi 293 nm. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis, kesamaannya adalah pada variabel terikatnya yaitu ukuran butir/partikel dan mesin yang digunakan. Perbedaannya adalah terletak pada variabel bebas dan bahan yang digunakan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu *milling* sedangkan dalam penelitian yang akan penulis lakukan variabel bebasnya adalah rasio dan jumlah bola baja.

Sarimai, dkk. (2016), melakukan penelitian yang berjudul: ” Pengaruh Waktu *Milling* Terhadap Dan Ukuran Butir *Forsterite* (Mg_2SiO_4) Mineral Serpentin Dari Kabupaten Solok Selatan”. Penelitian ini melakukan variasi waktu selama 5 jam, 10 jam, 20 jam, dan 40 jam. Ukuran butir awal *forsterite* adalah >500 nm. Hasil dari penelitian ini adalah waktu *milling* berpengaruh terhadap ukuran butir *forsterite* mineral serpentin dari Kabupaten Solok Selatan, semakin lama waktu *milling* maka ukuran butir *forsterite* semakin kecil. Pada waktu *milling* selama 5 jam ukuran butir rata-rata sebesar 579 nm. Proses *milling* dengan waktu 10 jam membuat diameter ukuran butir rata-rata mengecil menjadi 551 nm. Proses selama 20 jam waktu *milling*, ukuran butir rata-rata sebesar 478 nm. Pada waktu *milling* selama 40 jam, ukuran diameter butir rata-rata sebesar 385 nm. Kesamaan antara penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan penulis adalah variabel ukuran butir/partikel. Perbedaannya adalah variabel bebas dan bahan yang digunakan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu *milling* sedangkan dalam penelitian yang akan penulis lakukan variabel bebasnya adalah rasio dan jumlah

bola baja. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Forsterite* (Mg_2SiO_4), sedangkan bahan yang akan digunakan penulis adalah kaolin.

Nugroho, dkk (2018), melakukan penelitian yang berjudul: "*Microstructure and physical of $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ kaolinite particle analysis by shacking time and powder metallurgy*". Penelitian ini memvariasikan waktu untuk mengetahui karakterisasi dari kaolin yang disintesis. Variasi waktu yang digunakan adalah 30, 60, dan 90 menit. Alat yang digunakan untuk karakterisasi adalah *SEM (Scanning Electron Microscopy)*. Hasil dari penelitian ini adalah semakin lama waktu *milling*, maka ukuran partikel akan menjadi lebih kecil dan homogenitas material akan semakin baik. Material kaolin yang tidak disintesis memiliki ukuran partikel 2,24 μm . Proses sintesis selama 30 menit membuat ukuran partikel mengecil menjadi 350-865 nm. Pada proses sintesis selama 60 menit, ukuran partikel mengecil menjadi 297-312 nm. Hasil dari proses sintesis selama 90 menit, ukuran partikel mengecil menjadi 190-211 nm. Kesamaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan penulis adalah sama-sama meneliti ukuran patikel kaolin. Perbedaannya adalah terletak pada variabel bebas, dimana penelitian yang penulis lakukan adalah rasio dan jumlah bola baja sedangkan dalam penelitian ini adalah waktu.

Simanjuntak, B.A., dkk.. (2012), melakukan penelitian yang berjudul: "Pengaruh Kecepatan *Milling* Terhadap Perubahan Struktur Mikro Komposit Mg/Al₃Ti". Penelitian ini menggunakan variasi kecepatan putaran mesin 700 rpm dan 933 rpm. Hasil dari penelitian ini adalah Pencapaian struktur mikro komposit Mg/Al₃Ti yang optimum adalah dengan kecepatan miling 933 rpm dengan ukuran partikel sebesar 26,25 nm. Pada kecepatan putaran 700 rpm, ukuran partikel sebesar

29,89 nm. Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi kecepatan milling menghasilkan ukuran kristal yang lebih halus. Kesamaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan penulis adalah sama-sama meneliti ukuran partikel. Perbedaannya adalah penelitian ini menggunakan variabel waktu sedangkan penelitian yang akan dilakukan variabelnya ukuran bola baja.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Material kaolin

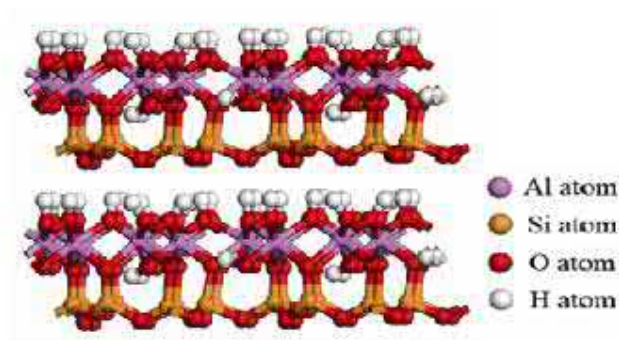


Gambar 2.1 Serbuk Kaolin

Kaolin adalah sejenis tanah liat yang bersifat lunak, halus, dan putih, yang terbentuk karena terjadi adanya pelapukan batuan granit. Kaolin merupakan salah satu mineral tanah liat (lempung) yang mengandung beberapa lapis aluminium silikat dengan komposisi kimia $Al_2O_3 \cdot 2SiO_4 \cdot 2H_2O$. Menurut Das (1985), lempung adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus

lain. Kaolin merupakan suatu masa batuan yang kemudian tersusun dari material lempung yang mempunyai kandungan besi yang rendah, dan umumnya berwarna putih atau agak keputihan. Mineral kaolin dapat terjadi melalui proses pelapukan dan proses hidrotermal alterasi pada batuan beku felspartik dan mika (Sunardi, dkk.: 2011).

Kaolin banyak digunakan untuk berbagai macam aplikasi dalam bidang industri (Murray, 2006) dan (Rivera, 2016). Kegunaan kaolin bagi industri antara lain industri keramik, porselin, gerabah, sebagai isolator panas dan listrik. Pemanfaatan kaolin sebagian besar untuk industri kertas, refraktori dan keramik, semen, karet dan plastik, cat, dan lain-lain. Selain itu kaolin banyak dimanfaatkan dalam bidang obat-obatan, kosmetik, penjernih anggur, material pembawa (*carrier*) untuk insektisida, pestisida, fungisida, bahan pengisi krayon, pensil, *adsorben* minyak, pupuk, dan juga katalis (Murray, 2006).



Gambar 2.2 Struktur Kaolin (Sunardi, dkk.: 2011)

Kaolin merupakan bahan yang dapat berfungsi sebagai bahan pengikat dan memberi kemudahan dalam pembentukan badan keramik pada kondisi mentah (BPPT, 2004). Dalam aplikasinya, kaolin sering dijadikan sebagai bahan campuran dalam pembuatan kowi (*crusible*) ataupun bata tahan api dan keramik.

2.2.2 *Shaker milling*

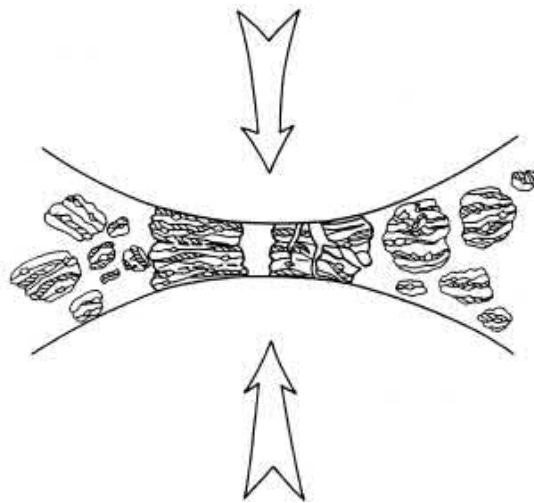
Shaker milling adalah salah satu metode yang digunakan untuk melakukan sintesis nanopartikel material. *Milling* atau penggilingan adalah suatu proses mekanik untuk menghancurkan suatu bahan dengan alat yang bekerja berputar sehingga ukuran butiran akan semakin kecil. *Milling* merupakan proses mekanik untuk menghancurkan suatu bahan menjadi partikel yang lebih kecil dengan suatu alat yang berputar (Gunawan, dkk.: 2011). Metode *shaker milling* termasuk ke dalam *mechanical milling* dimana di dalam *mechanical milling* terdapat dua jenis metode *milling* yaitu metode *shaker milling* dan metode *planetary ball milling*.



Gambar 2.3 Contoh mesin *shaker milling*

Mesin shaker mill merupakan mesin hasil pengembangan dari metode *mechanical ball milling* yang sangat lazim digunakan di dunia aplikasi di industri untuk melakukan reduksi ukuran partikel sampai pada skala mikro. Meskipun metode ini sangat familiar tetapi metode ini sangat konvensional sehingga metode ini tidak mampu menghasilkan ukuran partikel yang memenuhi skala nano

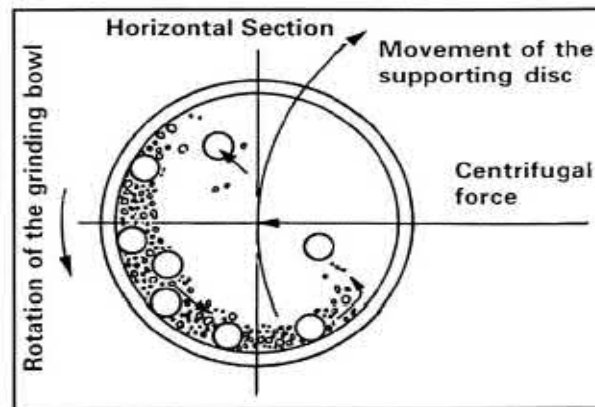
(Toozandehjani, *dkk.*, 2017). Perbedaan antara kedua metode tersebut adalah di bagian gerakan mesin. Pada *shaker milling* mesin bergerak secara acak dan gerakan dari tabung berada pada sumbu x, y, dan z. Metode ini lebih efisien karena gerakannya yang lebih banyak sehingga bola baja yang berada di dalam tabung akan saling bertumbukan dan energi dari tumbukan tersebut akan membuat partikel material menjadi lebih kecil dan waktu yang dibutuhkan juga tidak terlalu lama. Metode *planetary ball mill*, tabung mesin hanya bergerak di satu sumbu yaitu sumbu x. Gerakan bola baja di dalam tabung juga tidak banyak, hanya mengikuti gravitasi. Waktu yang digunakan untuk *planetary ball mill* cenderung lebih lama dibandingkan dengan *shaker milling*.



Gambar 2.4 Proses tumbukan antara bubuk dan bola pada saat proses milling (Simanjuntak, B. A.: 2012)

Metode *shaker milling* juga dikenal dengan *High Energy Milling (HEM)*. *Ball milling* telah digunakan oleh industri sejak dahulu untuk melakukan pengurangan ukuran suatu bahan. Sekarang ini bahan dengan struktur mikro dan sifat-sifat baru dapat diperoleh dengan menggunakan proses *high energy ball*

milling (Gunawan, dkk.: 2011). Menggunakan alat ini akan semakin mempermudah untuk menjadikan silika dalam bentuk nanopartikel.



Gambar 2.5 Skema gerakan bola dan serbuk dalam tabung jar pada saat proses milling (Suryanarayana, 2001)

Tumbukan antara serbuk dengan bola ini akan menghasilkan serbuk dengan ukuran yang sangat halus bahkan bisa mencapai skala nanometer. Sejumlah parameter, seperti kecepatan (rpm), waktu dan rasio bola-serbuk (*balls to powders ratio* atau BPR) sangat berpengaruh dalam memperoleh serbuk berstruktur nanometer.

1. Kecepatan putaran (rpm)

Kecepatan putaran yang tinggi membuat energi bola semakin tinggi, daya hancurnya semakin besar, serbuk yang dihasilkan menjadi lebih halus. Kecepatan putaran yang dinaikkan terus, suatu saat akan membuat ukuran partikel tidak akan bertambah kecil lagi. Energi yang diberikan akan menyebabkan serbuk meleleh dan mereka akan bergabung kembali membentuk partikel yang lebih besar. Kecepatan putaran maksimum ini disebut kecepatan kritis.

2. Waktu

Waktu dalam proses *shake milling* sangat sangat mempengaruhi hasil material yang diproses *milling*. Durasi *milling* yang lama, maka akan membuat semakin kecil partikel yang direduksi. Hal ini dikarenakan semakin lama tumbukan antar bola-bola baja, semakin lama pula kontak antara material dengan bola baja yang menggerus material. Material yang tergerus oleh bola baja akan menjadi semakin kecil.

3. Rasio antara massa bola dan serbuk

Rasio yang besar, membuat durasi yang dibutuhkan untuk *milling* semakin sedikit karena intensitas tumbukan akan semakin meningkat.

2.2.3 Bola baja (*ball mil*)



Gambar 2.6 Bola baja

Fungsi bola baja dalam proses penggilingan adalah sebagai penghancur serbuk atau digunakan sebagai pengecil ukuran partikel. Oleh karena itu, material pembentuk bola baja harus memiliki kekerasan yang tinggi agar tidak terjadi kontaminasi saat terjadi benturan dan gesekan antara serbuk, bola, dan wadah

penggilingan. Ukuran bola yang dapat digunakan dalam proses *milling* ini bermacam- macam. Pemilihan ukuran bola bergantung pada ukuran serbuk yang akan dipadu.

Bola yang akan digunakan harus memiliki diameter yang lebih besar dibandingkan dengan diameter serbuknya. Rasio berat bola serbuk / *ball powder ratio* (BPR) adalah variabel yang penting dalam proses *milling*, rasio berat – serbuk mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fasa tertentu dari bubuk yang diproses *milling*. Rasio yang tinggi membuat semakin pendek waktu yang dibutuhkan. Hal ini dikarenakan peningkatan berat bola tumbukkan persatuan waktu meningkat dan konsekuensinya adalah banyak energi yang ditransfer ke partikel serbuk dan proses *milling* berjalan lebih cepat.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bola baja, yaitu:

a. Ukuran bola

Ukuran bola yang besar, membuat energi tumbukan yang akan terjadi juga semakin besar. Ukuran partikel juga akan semakin kecil.

b. Massa jenis bola

Densitas bola harus lebih besar daripada serbuk agar bolanya tidak mengapung di atas permukaan serbuk.

c. Kekerasan bola

Bolanya harus cukup keras, sehingga tidak akan pecah selama proses penggilingan. Pecahan bola dapat mengotori (kontaminasi) serbuk

yang digerus. Kontaminasi ini harus mudah untuk dipisahkan. Misalnya kontaminasi oleh *stainless* dapat dipisahkan dengan menggunakan magnet.

d. Jenis bahan bola

Bola tidak boleh bereaksi dengan serbuk yang digiling. Selain itu, bahan-bahan yang mudah terbakar cenderung untuk meledak dalam bentuk serbuknya.

2.2.4 Sintesis material

Sintesis (berasal dari bahasa Yunani *syn* = tambah dan *thesis* = posisi) yang biasanya berarti suatu integrasi dari elemen yang ada dan menghasilkan suatu hasil baru. Istilah ini mempunyai arti luas dan dapat digunakan ke fisika, ideologi, dan fenomenologi. Sintesis material adalah proses pengolahan material secara fisika dengan tujuan untuk menjadikan partikel material tersebut lebih kecil dari sebelumnya. Sintesis dapat dilakukan melalui penggilingan bahan kaolin murni dimungkinkan untuk mendapatkan bahan yang berbeda dengan konfigurasi morfologi tertentu (Zhang, dkk. 2018). Sintesis material ini juga bisa disebut dengan sintesis nanopartikel karena yang dirubah adalah ukuran partikelnya. Nanopartikel terdiri dari material tunggal yang telah mengalami perubahan ukuran dan sifat mekanik. Untuk membuat nanopartikel ukuran menjadi parameter utama yaitu antara 1nm – 100nm (Yuan, dkk., 2018). Nanopartikel adalah sebuah partikel material yang memiliki ukuran <100 nm (Agusetiani: 2013). Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dalam fasa padat, cair, maupun gas. Proses sintesis pun dapat berlangsung secara fisika atau kimia. Proses sintesis secara fisika tidak melibatkan

reaksi kimia. Proses 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 sintesis secara kimia melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal (precursor) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer.

Secara umum, sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. *Top down* (fisika).

Top-down adalah penghancuran dan penghaluskan bubuk sampai berukuran nano meter (Zahara, dkk.: 2016). Pendekatan *top down* dapat dilakukan dengan teknik *Mechanical Alloying-Powder Metallurgy* dan *Mechanical Milling-Powder Metallurgy*. Mekanisme *mechanical alloying*, material dihancurkan hingga menjadi bubuk dan dilanjutkan dengan penghalusan butiran partikelnya sampai berukuran nanometer. Kemudian, bubuk yang telah halus disinter hingga didapatkan material yang sudah jadi. Metode yang terdapat pada *top-down* adalah *milling (mechanical and mechanochemical)*, *etching*, *electro-explosion*, *sputtering*, *laser ablation*, *lithography*, *aresol-based techniques (electrospraying and flame pyrolysis)* dan *liquid-phase techniques (electrospinning) methods*.

Metode *top-down* memiliki kelemahan berupa adanya ketidaksempurnaan struktur permukaan. Teknik *top-down* konvensional dapat menyebabkan kerusakan kristalografi yang signifikan terhadap pola yang diproses dan menyebabkan kemungkinan munculnya defek tambahan selama *etching step*. Metode ini tidak cocok digunakan dalam produksi skala besar. Terlepas dari kekurangannya, metode ini akan terus memainkan peran penting dalam sintesis dan fabrikasi struktur nano

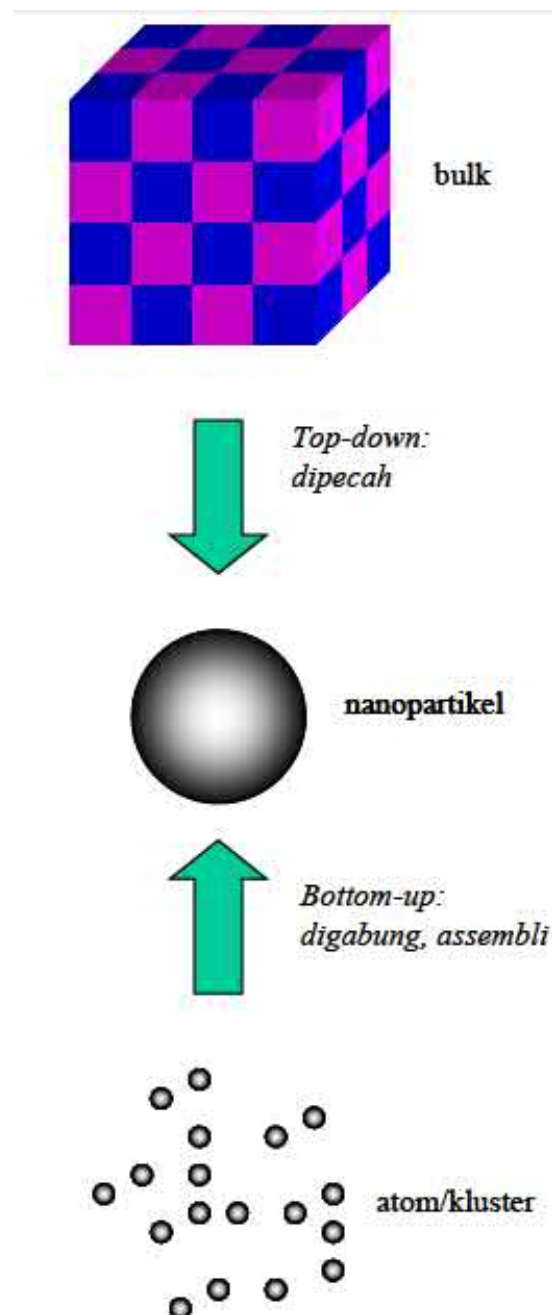
dan nanomaterial. Metode *top-down* kemungkinan besar memunculkan tekanan internal, selain cacat permukaan dan adanya kontaminasi

2. *Bottom up* (kimia).

Bottom up adalah material yang dibuat dengan menyusun dan mengontrol atom-atom atau molekul-molekul sehingga menjadi bahan yang memenuhi suatu fungsi. Sintesis nanomaterial dilakukan dengan mereaksikan berbagai larutan kimia dengan langkah-langkah tertentu sehingga terjadi suatu proses larutan yang homogen. Sintesis nanopartikel logam dengan metoda kimia dilengkapi dengan penggunaan surfaktan atau polimer yang membentuk susuna teratur (*self-assembly*) pada permukaan nanopartikel logam. Bagian surfaktan atau polimer yang hidrofob langsung teradsorpsi pada permukaan nanoprtikel dan bagian hidrofilnya berada pada *bulk* larutan. Bahan organik tersebut (surfaktan dan polimer) dapat mengontrol kecepatan reduksi dan agregasi nanopartikel logam.

Proses *bottom up* mencakup semua metode pembuatan nanopartikel melalui atom dan molekul yang berkumpul dan membesar (aglomerasi). Kuncinya adalah menghentikan proses pembesaran/aglomerasi sehingga ukuran partikel hanya sampai dalam skala nanometer. Jika menggunakan proses reaksi kimia, zat kimia yang bereaksi akan bernukleasi dan atom-atom terus berkumpul di titik nukleasi tersebut dan beraglomerasi (koloid). Contohnya menggunakan teknik *sol-gel*, *kopresipitasi*, dan *aglomerasi fasa* (Kumar, 2005). Kelemahan dari metode ini jika nanopartikel tersebut dibutuhkan untuk bereaksi secara bebas untuk membentuk struktur yang lebih besar. Cara lain untuk melindungi nanopartikel ini adalah dengan membuat lapisan pelindung di permukaan nanopartikel. Lapisan pelindung

ini biasanya terbuat dari polimer atau senyawa-senyawa kimia lainnya. Proses ini cukup kompleks, tetapi produk yang dihasilkan akan sangat berkualitas dan dapat diproduksi dengan skala besar.



Gambar 2.7 Pendekatan sintesis nanopartikel *top down* dan *bottom up* (Abdullah M.: 2008)

2.2.5 PSA (*Particle Size Analyzer*)

Ada beberapa metode yang digunakan untuk mengetahui ukuran dari suatu partikel antara lain metode ayakan (*Sieve analyses*), *laser diffraction (LAS)*, metode sedimentasi, analisa gambar (mikrografi), *electronical sensing zone*, dan *electron microscope*.

Sieve analysis (analisis ayakan) dalam dunia farmasi sangat sering digunakan dalam bidang mikromeritik, yaitu ilmu yang mempelajari tentang ilmu dan teknologi partikel kecil. Metode yang paling umum digunakan adalah analisa gambar (mikrografi). Metode ini meliputi metode mikroskopi dan metode holografi. Alat yang sering digunakan biasanya SEM, TEM dan AFM. Namun dengan perkembangan ilmu pengetahuan yang mengarah ke era nanoteknologi, para peneliti mulai menggunakan metode *laser diffraction (LAS)*. Metode ini dinilai lebih akurat bila dibandingkan dengan metode analisa gambar maupun metode ayakan (*sieve analysis*), terutama untuk sampel-sampel dalam orde nanometer maupun submikron. Metode ini menjadi prinsip dasar dalam instrumen *Particle Size Analyzer (PSA)*.

Prinsip dari *Laser Diffraction* sendiri ialah ketika partikel-partikel melewati berkas sinar laser dan cahaya dihamburkan oleh partikel-partikel tersebut dikumpulkan melebihi rentang sudut yang berhadapan langsung. Distribusi dari intensitas yang dihamburkan ini yang akan dianalisis oleh komputer sebagai hasil distribusi ukuran partikel (Lusi, 2011). Contoh alat yang menggunakan metode *LAS* adalah *Particle Size Analyzer (PSA)*. *Particle Size Analyzer* adalah alat yang mampu mengukur distribusi ukuran partikel pada emulsi, suspensi dan bubuk

kering. Alat ini dapat melakukan berbagai analisis dalam penggunaan operasi yang sangat ramah lingkungan. Terdapat dua buah metode dalam pengukuran menggunakan *Particle Size Analyzer (PSA)* antara lain metode basah dan kering:

1. Metode basah, metode ini menggunakan media pendispersi untuk mendispersikan material uji.
2. Metode kering, merupakan metode yang memanfaatkan udara atau aliran udara yang berfungsi untuk melarutkan partikel dan membawanya ke *sensing zone*. Metode ini baik digunakan untuk ukuran yang kasar, dimana hubungan antar partikel lemah dan kemungkinan untuk beraglomerasi kecil.



Gambar 2.8 Alat *Particle Size Analyzer (PSA)*

Pengukuran partikel dengan menggunakan PSA biasanya menggunakan metode basah. Metode ini dinilai lebih akurat jika dibandingkan dengan metode kering ataupun pengukuran partikel dengan metode ayakan dan analisa gambar.

Terutama untuk sampel-sampel dalam orde nanometer yang cenderung memiliki aglomerasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan partikel didispersikan ke dalam media sehingga partikel tidak saling aglomerasi sehingga ukuran partikel yang terukur adalah ukuran dari *single particle*. Hasil pengukuran juga ditampilkan dalam bentuk distribusi, sehingga hasil pengukuran dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi sampel. Distribusi ukuran partikel dihitung dari hasil pengukuran. Difraksi sinar laser sebagai analisis ukuran partikel meliputi perangkat laser untuk menghasilkan sinar laser ultraviolet sebagai sumber cahaya dan melekatkan atau melepaskan fluorescent untuk mengetahui permukaan *photodiode array* yang menghitung distribusi intensitas cahaya spasial dan penyebaran cahaya selama terjadinya pengukuran (Wada, 2006).

Particle Size Analyzer (PSA) dapat menganalisis partikel suatu sampel yang bertujuan menentukan ukuran partikel dan distribusinya dari sampel yang representatif. Distribusi ukuran partikel dapat diketahui melalui gambar yang dihasilkan. Ukuran tersebut dinyatakan dalam jari-jari untuk partikel yang berbentuk bola. Penentuan ukuran dan distribusi partikel menggunakan PSA dapat dilakukan dengan: difraksi sinar laser untuk partikel dari ukuran submikron sampai dengan milimeter, *coulter principle* untuk mengukur dan menghitung partikel yang berukuran mikron sampai dengan milimeter, dan penghamburan sinar untuk mengukur partikel yang berukuran mikron sampai dengan nanometer (Etzler, 1997).

Keunggulan penggunaan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran partikel adalah :

- a. Lebih akurat dan mudah digunakan, pengukuran partikel dengan menggunakan PSA lebih akurat jika dibandingkan dengan pengukuran partikel dengan alat lain seperti TEM ataupun SEM. Hal ini dikarenakan partikel dari sampel yang akan diuji didispersikan ke dalam sebuah media sehingga ukuran partikel yang terukur merupakan ukuran partikel tunggal.
- b. Hasil pengukuran dalam bentuk distribusi, sehingga dapat menggambarkan keseluruhan kondisi sampel, dalam artian penyebaran ukuran rata-rata partikel dalam suatu sampel.
- c. Rentang pengukuran dari 0,6 nanometer hingga 7 mikrometer (Rusli, 2011).

Melalui analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) diharapkan distribusi ukuran nanopartikel kaolin yang dihasilkan berada pada rentang nanometer dengan keseragaman ukuran yang baik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material dengan *shake milling* terhadap ukuran partikel kaolin, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shake milling* memberikan pengaruh terhadap ukuran partikelnya. Pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shake milling* terhadap ukuran partikelnya adalah sebesar 86,56 %. Penggunaan bola baja dengan rasio 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, dan 9:1 pada proses *shake milling* mengalami penurunan ukuran partikel yang sangat signifikan. Berdasarkan ukuran partikel yang didapatkan, semakin besar rasio atau semakin banyak bola dengan diameter kecil yang digunakan, maka semakin kecil ukuran partikel yang dihasilkan dari proses *milling*. Semakin kecil rasio atau semakin banyak bola dengan diameter kecil yang digunakan, maka ukuran partikel yang didapatkan akan semakin besar. Pada penelitian ini, rasio bola yang menghasilkan ukuran partikel terkecil adalah 9:1 dengan ukuran partikel sebesar 5,61 nm.
2. Variasi rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shake milling* memberikan pengaruh terhadap persentase

jumlah partikel terkecilnya. Pengaruh rasio jumlah dan diameter bola baja dalam proses sintesis material kaolin dengan *shake milling* terhadap persentase jumlah partikel terkecilnya adalah sebesar 68,13 %. Penggunaan bola baja dengan rasio 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, dan 9:1 pada proses *shake milling* mengalami kenaikan persentase jumlah partikel terkecil yang cukup signifikan. Berdasarkan persentase jumlah partikel yang didapatkan, semakin besar rasio atau semakin banyak bola dengan diameter kecil yang digunakan, maka semakin tinggi persentase jumlah partikel yang dihasilkan. Semakin kecil rasio atau semakin banyak bola dengan diameter kecil yang digunakan, maka persentase jumlah partikel terkecilnya akan semakin rendah. Pada penelitian ini, rasio bola yang menghasilkan jumlah partikel terkecil dengan jumlah terbanyak adalah 9:1, dengan jumlah partikel terkecil sebanyak 7,81 %.

5.2 Saran

1. Berdasarkan kesimpulan pada point pertama, proses sintesis kaolin menggunakan *shake milling* untuk mendapatkan ukuran partikel yang kecil maka dapat menggunakan rasio bola baja 9:1.
2. Berdasarkan kesimpulan pada point kedua, proses sintesis kaolin menggunakan *shake milling* untuk mendapatkan persentase jumlah partikel terkecil yang tinggi maka dapat menggunakan rasio bola baja 9:1.
3. Karena dalam penelitian ini memiliki banyak kekurangan, maka pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah durasi waktu *milling* di setiap sampel, menambah jumlah bola baja yang digunakan, dan

pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) agar dapat melihat strukturnya. Judul penelitian selanjutnya yang dapat digumakan antara lain:

- Pengaruh Variasi Penggunaan Tiga Jenis Ukuran Bola Baja Dalam Proses *Shaker Milling* Terhadap Ukuran Partikel Material Kaolin.
- Pengaruh Waktu dan Variasi Penggunaan Tiga Jenis Ukuran Bola Baja Dalam Proses *Shaker Milling* Terhadap Ukuran Partikel Material Kaolin.
- Pengaruh Diameter dan Jumlah Bola Baja Dalam Proses *Shaker Milling* Terhadap Ukuran Partikel Material Kaolin.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, dan Khairurrijal. 2008. Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nano Saintek*. Vol. 1 No. 2
- Agusetiani, L., Pardoyo, dan Agus Subagio. 2013. Pembuatan Nanozeolit dari Zeolit Alam Secara *Top Down* Menggunakan *High Energy Milling* dan Aplikasinya untuk Penyerapan Ion Fe³⁺. Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2004. *Analisa Kimia Dan Identifikasi Mutu Kaolin Bangka Berdasarkan Syarat Mutu Kaolin Sebagai Bahan Baku Keramik Halus*. Juni. Bali: BPPT Bali
- Das, Braja M., Endah, Noor, Mochtar, dan Indrasurya, B. 1985. *Mekanika tanah (prinsip-prinsip rekayasa geoteknis)*. Jilid 2, Penerbit : Erlangga, Jakarta.
- Efendi, W. 2014. Pengaruh Ukuran Bola dan Durasi Ball Mill terhadap Ukuran Partikel dan Kandungan Besi Oksida dari Pasir Besi. *Tesis*. Program S2 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada (UGM). Yogyakarta.
- Etzler, F. M., dan Deanne, R. 1997. *Particle size analysis: A comparison of various methods ii. Particle & Particle Systems Characterization*, 14(6), 278–282. doi:10.1002/ppsc.19970140604
- Ekosse, G.E. 2000. The Makoro kaolin deposit, southeastern Botswana: its genesis and possible industrial application. *Appl. Clay Sci.*, 16 (5-6) 301-320.
- Gavrilov, D., Vinogradov, O., dan Shaw, W.J.D. 1995. Computer Simulation of Mechanical Alloying in a Shaker Ball Mill. *Proceedings of the International Conference on Composite Materials*, ICCM-10, vol. 3. Woodhead Publishing, p. 11.
- Gunawan, I., Yusuf, S., Sudirman, dan Pudiastutik, W. 2011. Efek Waktu *Milling* Terhadap Karakterisasi Partikel Kapur Alam Dengan Menggunakan *X-Ray Diffraction*. *Jurnal Kimia Kemasan*, Vol. 33 No. 1.
- Hubadillah, S. K., Harun, Z., Othman, Mohd H. D., Ismail, A. F., dan Gani, P. 2016. 'Effect of kaolin particle size and loading on the characteristics of kaolin ceramic support prepared via phase inversion technique', *Journal of Asian Ceramic Societies*. Taibah University, 4(2), pp. 164–177. doi: 10.1016/j.jascer.2016.02.002.
- Kumar, Hormes, J., dan Leuschner, C. 2005. *Nanofabrication Towards Biomedical Applications*. Wilei-vchverlaggbmh & co.kgga, weinheim. Germany.

- Luo, J., Jiang, T., Peng, Z., Rao, M., dan Zhang, Y. 2017 'Porous materials from thermally activated kaolinite: Preparation, characterization and application', *Materials*, 10(6). doi: 10.3390/ma10060647.
- Lusi. 2011. Cara Mengetahui Ukuran Suatu Partikel. *Makalah*.
- Murray, H. H. 2006. *Clays. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*.doi:10.1002/14356007.a07_109.pub2
- Nasir, M., Ratnasari, P., Islam, Dwi N. F., dan Shofiyani, A. 2017. Pengaruh Waktu *High Energy Milling* Terhadap Karakteristik Nanokaolin Capkala Asal Kalimantan Barat. *Eksakta*, Vol. 18 No. 2.
- Nugroho A., Basyirun, Mamat, R., Siregar, J. P., Widjanarko, D., Ramelan, Nugroho, J. D., Jatmiko, W. A., dan Rusiyanto. 2018. Microstructure And Physical Of $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ Kaolinite Particle Analysis By Shacking Time And Powder Metallurgy .
- Rivera O., Pavez, O., Kao, J. L., dan Nazer, A. 2016. 'Metallurgical characterization of kaolin from Atacama, Chile', *Metallurgy and materials*, 69(1).
- Sarimai, Ratnawulan, Ramli, dan Fauzi, A.. 2016. " Pengaruh Waktu *Milling* Terhadap Dan Ukuran Butir *Forsterite* (Mg_2SiO_4) Mineral Serpentin Dari Kabupaten Solok Selatan. *Pillar Of Physics*, Vol. 8, 65-72.
- Simanjuntak, B. A., dan Purwaningsih, H. 2012. Pengaruh Kecepatan *Milling* Terhadap Perubahan Struktur Mikro Komposit Mg/Al₃Ti. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*. Penerbit CV. Alfabeta: Bandung.
- Sunardi, Irawati, U., dan Wianto, T. 2011. Karakterisasi Kaolin Lokal Kalimantan Selatan Hasil Kalsinasi. *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 8 No.1.
- Surdia, T., dan Kenji, C. 2016. *Teknik Pengecoran Logam*. Edisi ke-20. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Suryanarayana, C. 2001. *Mechanical alloying and milling*, *Progress in Materials Science* 46 (2001) 1-184.
- Tamara, P., Gultom, P. I., dan Sari, S. A. 2015. *Perancangan Kowi Peleburan Limbah Kaca Dengan Metode QDF dan AHP*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Teknologi Institut Teknologi Nasional Malang. Malang. 17 Januari.

- Toozandehjani, M., Matori, K. A., dan Ostovan, F. 2017 'Effect of Milling Time on the Microstructure, Physical and Mechanical Properties of Al-Al₂O₃ Nanocomposite Synthesized by Ball Milling and Powder Metallurgy', *Materials*, 10(11), p. 1232. doi: 10.3390/ma10111232.
- Wada, Y., Totoki, S., Watanabe, M., dan Naoji, M. 2006. "Nanoparticle size analysis with relaxation of induced grating by dielectrophoresis," *Opt. Express* 14, 5755-5764 (2006)
- Yuan, S., Li, Y., Han, Y., dan Gao, P. 2018 'Effects of carbonaceous matter additives on kinetics, phase and structure evolution of coal-series kaolin during calcination', *Applied Clay Science*, 165, pp. 124–134. doi: 10.1016/j.clay.2018.08.003.
- Zahara, Y., Ratnawulan, Ramli, dan Fauzi, A.. 2016. Pengaruh Waktu *Milling* Terhadap Ukuran Butir *Quartz* Dari Nagari Saruaso Kabupaten Tanah Datar. *Pillar Of Physics*, Vol. 8, 113-120.
- Zhang, C., Lu, S., Zhang, Z., Zhong, M., Li, Y., Huang, X., dan Xu, W. . 2018. 'The effect of phosphorus on the formation of mullite whiskers from citric acid activated kaolin', *Ceramics International*, 44(15), pp. 18796–18802. doi: 10.1016/j.ceramint.2018.07.112.