

**PENGARUH VARIASI PUTARAN MESIN PLANETARY BALL MILL
TERHADAP PENGHALUSAN PASIR SILIKA**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



Disusun Oleh :

YOGA PRADIATMA

143310493

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

NAMA : YOGA PRADIATMA

NPM : 14 331 0493

PRODI : TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh variasi putaran mesin *planetary ball mill* terhadap penghalusan pasir silika” yang diajukan guna melengkapi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang telah diduplikasikan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR) maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali pada bagian sumber informasinya telah di cantumkan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, Desember 2019

YOGA PRADIATMA
NPM : 14 331 0493

PENGARUH VARIASI PUTARAN MESIN *PLANETARY BALL-MILL* TERHADAP PENGHALUSAN PASIR SILIKA

Yoga Pradiatma , Dedikarni

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Jl. Kaharuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Email : yogapradiatma@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Pasir silika merupakan salah satu material yang melimpah di Indonesia, Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh variasi putaran *milling* terhadap kehalusan pasir silika. Untuk mendapatkan tingkat kehalusan, pasir silika diproses menggunakan mesin *planetary ball-mill*. Analisa penelitian ini meliputi variasi putaran yaitu 200, 300, dan 400 *rpm* dan waktu *milling* 4 jam. Ukuran partikel size pasir silika ditentukan menggunakan SEM - EDX. Setelah dilakukan pengujian putaran yang paling optimum dalam pengujian ini yaitu 200 *rpm*, dikarenakan hasil produksi tertinggi *mesh* 200 pada putaran 200 *rpm*. Namun untuk ukuran partikel size yang paling halus pada putaran 400 *rpm* sebesar 12 nm – 78 nm. Setelah dilakukan perlakuan panas sintering dengan temperatur 1200° C dengan holding time 4 jam, hasil sintering pasir silika dengan campuran PEG, pasir yang awalnya berwarna coklat kehitaman berubah menjadi coklat kekuningan. Unsur logam dan non logam yang terkandung didalam sampel pasir silika yaitu carbon (C) sebesar 6,81 %, oksigen (O) sebesar 47,39 %, aluminium (Al) 0,67 %, silikon (Si) 44,79 %, dan kalsium (Ca) sebesar 0,35 %.

Kata kunci : *Planetary ball-mill*, Pasir silika, PEG, SEM EDX.

PENGARUH VARIASI PUTARAN MESIN *PLANETARY BALL-MILL* TERHADAP PENGHALUSAN PASIR SILIKA

Yoga Pradiatma , Dedikarni

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Jl. Kaharuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Email : yogapradiatma@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Silica sand is one of the abundant materials in indonesia, this research aims to obtain the effect of milling rotation variation smoothness on the silica sand. To reach the smoothness, silica sand need to be processed using a planetary ball mill machine. The analysis of this study includes variations in the rotation of 200, 300 and 400 rpm and 4 hours milling time. Particle size of silica sand determined using SEM – EDX. Subsequently testing the most optimum rotation in research or this experiment is 200 rpm, due to the highest production output 200 mesh at 200 rpm rotation. However, for the most softest paticle size is at 400 rpm at 12 nm – 78 nm. Afterwards sintering heat treatment is carried out at a temperatur of 1200° C with holding time for 4 hours, the result of sintering silica sand has to be blend with PEG, sand that got the blackish brown colored sand turns yellowish brown. Metal and non – metal elements contained in silica sand samples are carbon (C) 6.81%, oxygen (O) 47.39%, aluminum (Al) 0,67%, silicon (Si) 44.79%, and calcium (Ca) 0.35%.

Kata kunci : Planetary ball-mill, Silica sand, PEG, SEM EDX.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas sarjana ini.

Pada tugas sarjana ini penulis mengambil judul yakni :

“PENGARUH VARIASI PUTARAN MESIN *PLANETARY BALL MILL* TERHADAP PENGHALUSAN PASIR SILIKA”.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan waktunya dalam bimbingan untuk menyelesaikan penyusunan proposal tugas akhir ini yakni :

1. Ibunda dan ayahanda yang tercinta, adikku yang kusayangi yang telah memberikan do'a restu yang sepenuhnya kepada penyusun untuk melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir yang merupakan bagian dari mata kuliah yang harus diambil.
2. Bapak Ir. H. Abdul kustus, Z, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Bapak Dr. Dedikarni, ST, M.Sc. Selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, kesabaran, serta arahan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan proposal tugas akhir ini.

4. Bapak Dody Yulianto, ST, MT. Selaku ketua Program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Dr. Dedikarni, ST, M.Sc. Selaku sekretaris Program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau .
6. Bapak dan ibu dosen tenaga pengajar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
7. Teman-teman yang telah membantu memberikan ide, gagasan dan masukan-masukan yang sangat bermanfaat dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

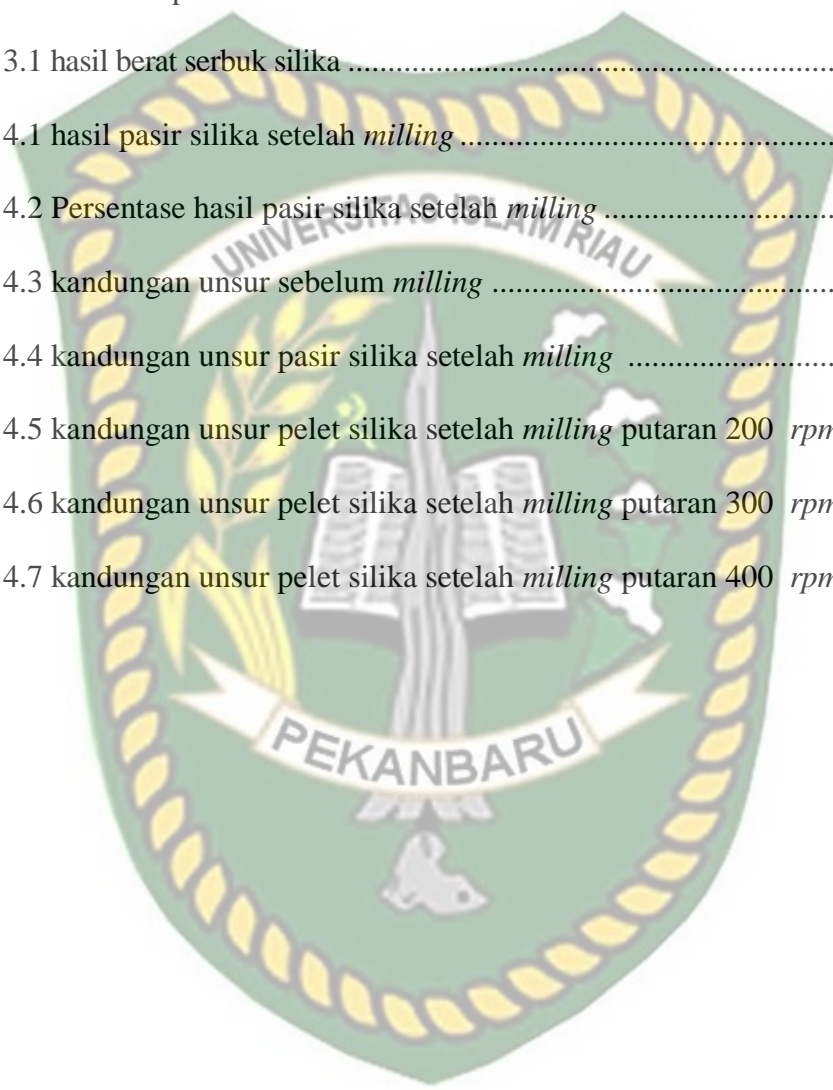
Akhirnya kata penulis mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang berperan dalam penyelesaian akhir ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Pekanbaru, Desember 2019

Penulis

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 sifat fisik pasir silika	7
Tabel 3.1 hasil berat serbuk silika	35
Tabel 4.1 hasil pasir silika setelah <i>milling</i>	47
Tabel 4.2 Persentase hasil pasir silika setelah <i>milling</i>	48
Tabel 4.3 kandungan unsur sebelum <i>milling</i>	69
Tabel 4.4 kandungan unsur pasir silika setelah <i>milling</i>	69
Tabel 4.5 kandungan unsur pelet silika setelah <i>milling</i> putaran 200 <i>rpm</i>	70
Tabel 4.6 kandungan unsur pelet silika setelah <i>milling</i> putaran 300 <i>rpm</i>	72
Tabel 4.7 kandungan unsur pelet silika setelah <i>milling</i> putaran 400 <i>rpm</i>	73



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pasir silika	5
Gambar 2.2 Proses kerja <i>ball mill</i>	10
Gambar 2.3 Mangkok (<i>bowl</i>)	12
Gambar 2.4 Mangkok <i>stainless stell</i>	13
Gambar 2.5 Mangkok alumina	13
Gambar 2.6 Mangkok zirkonia	14
Gambar 2.7 Bola-bola penumbuk	14
Gambar 2.8 Bola penumbuk <i>stainles stell</i>	15
Gambar 2.9 Bola penumbuk alumina	16
Gambar 2.10 Bola penumbuk zirkonia	16
Gambar 2.11 Bentuk partikel serbuk	18
Gambar 2.12 Ukuran partikel	19
Gambar 2.13 Prinsip dasar ayakan	20
Gambar 2.14 Ukuran pada <i>mesh</i>	21
Gambar 2.15 Diagran <i>annealing</i>	22
Gambar 2.16 Diagran <i>normalizing</i>	23
Gambar 2.17 Diagram <i>tempering</i>	23
Gambar 2.18 Diagram <i>quenching</i>	24
Gambar 2.19 <i>Muffel furnace</i>	25
Gambar 2.20 Struktur PEG	25
Gambar 2.21 Alat uji SEM	28

Gambar 2.22 Visual mikro struktur SEM-EDX.....	30
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	33
Gambar 3.2 Pasir silika	33
Gambar 3.3 Ayakan	34
Gambar 3.4 <i>Planetary ball mill</i>	37
Gambar 3.5 Jangka sorong.....	38
Gambar 3.6 Ayakan	38
Gambar 3.7 Timbangan digital	39
Gambar 3.8 Gelas ukur	39
Gambar 3.9 <i>Timmer</i>	40
Gambar 3.10 <i>Muffle furnace</i>	40
Gambar 3.11 <i>Crusible grafit</i>	41
Gambar 3.12 Penjepit krusibel	41
Gambar 3.13 Sarung tangan	42
Gambar 3.14 Alat uji SEM-EDX	42
Gambar 3.15 Pasir silika	43
Gambar 3.16 Larutan PEG	44
Gambar 4.1 Grafik hasil pasir silika setelah <i>milling</i>	48
Gambar 4.2 Grafik persentase hasil pasir silika setelah <i>milling</i>	49
Gambar 4.3 sampel sebelum dipanaskan dan sesudah dipanaskan	51
Gambar 4.4 Gambar perlakuan panas pada sampel	51
Gambar 4.5 Struktur mikro sebelum <i>dimilling</i>	52
Gambar 4.6 Struktur mikro <i>mesh 80</i>	53

Gambar 4.7 Struktur mikro <i>mesh</i> 100	54
Gambar 4.8 Struktur mikro setelah <i>milling</i> 200 <i>rpm</i>	54
Gambar 4.9 Struktur mikro setelah <i>milling</i> 300 <i>rpm</i>	55
Gambar 4.10 Struktur mikro setelah <i>milling</i> 400 <i>rpm</i>	55
Gambar 4.11 Struktur mikro pelet silika setelah <i>milling</i> 200 <i>rpm</i>	56
Gambar 4.12 Struktur mikro pelet silika setelah <i>milling</i> 300 <i>rpm</i>	57
Gambar 4.13 Struktur mikro pelet silika setelah <i>milling</i> 400 <i>rpm</i>	57
Gambar 4.14 Partikel size sebelum <i>milling</i>	58
Gambar 4.15 Grafik sebelum <i>milling</i>	59
Gambar 4.16 Partikel size setelah <i>miling mesh</i> 80	59
Gambar 4.17 Grafik setelah <i>milling mesh</i> 80	60
Gambar 4.18 Partikel size setelah <i>milling mesh</i> 100	60
Gambar 4.19 Grafik setelah <i>milling mesh</i> 100	61
Gambar 4.20 Partikel size setelah <i>milling</i> 200 <i>rpm</i>	61
Gambar 4.21 Grafik setelah <i>milling</i> 200 <i>rpm</i>	62
Gambar 4.22 Partikel size setelah <i>milling</i> 300 <i>rpm</i>	62
Gambar 4.23 Grafik setelah <i>milling</i> 300 <i>rpm</i>	63
Gambar 4.24 Partikel size setelah <i>milling</i> 400 <i>rpm</i>	63
Gambar 4.25 Grafik setelah <i>milling</i> 400 <i>rpm</i>	64
Gambar 4.26 Partikel size pelet silika setelah <i>milling</i> 200 <i>rpm</i>	65
Gambar 4.27 Grafik pelet silika setelah <i>milling</i> 200 <i>rpm</i>	65
Gambar 4.28 Partikel size pelet silika setelah <i>milling</i> 300 <i>rpm</i>	66
Gambar 4.29 Grafik pelet silika setelah <i>milling</i> 300 <i>rpm</i>	66

Gambar 4.30 Partikel size pelet silika setelah <i>milling</i> 400 rpm	67
Gambar 4.31 Grafik pelet silika setelah <i>milling</i> 300 rpm	67
Gambar 4.32 Grafik pelet silika setelah dipanaskan	68
Gambar 4.33 Grafik kandungan unsur pasir silika	70
Gambar 4.34 Hasil mapping pelet silika setelah <i>milling</i> putaran 200 rpm	71
Gambar 4.35 Hasil mapping pelet silika setelah <i>milling</i> putaran 300 rpm	73
Gambar 4.36 Hasil mapping pelet silika setelah <i>milling</i> putaran 400 rpm	74
Gambar 4.37 Grafik unsur pelet silika	75
Gambar 4.38 Kandungan unsur pasir silika sebelum <i>milling</i>	76
Gambar 4.39 Kandungan unsur pasir silika setelah <i>milling</i>	77
Gambar 4.40 Kandungan unsur pasir silika setelah <i>milling</i> putaran 200 rpm ..	78
Gambar 4.41 Kandungan unsur pasir silika setelah <i>milling</i> putaran 300 rpm ..	79
Gambar 4.42 Kandungan unsur pasir silika setelah <i>milling</i> putaran 300 rpm ..	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pasir silika merupakan salah satu material alam yang melimpah di Indonesia, permintaan pasir silika dengan tingkat kehalusan yang tinggi pada saat ini untuk memenuhi kebutuhan industri sangat banyak. Karena memiliki kandungan kimia tinggi terhadap senyawa kimia (oksida). Secara kimia, ikatan antara oksigen dengan silikon bersifat 50% kovalen dan 50% ionik, sehingga membentuk ikatan yang kuat (Sumarno, 2015). Dalam perindustrian pemakaian pasir silika saat ini cukup pesat, seperti pada produksi cat, semen, beton, proses pembentukan cetakan logam, kosmetik, kertas, ban, karet, keramik, dan lain-lain (Sumarno, 2015). Salah satu potensi pasir silika terdapat, di Riau tepatnya Desa Pelintung Kecamatan Medang. Namun saat ini pasir silika di daerah tersebut belum di manfaatkan oleh masyarakat setempat, hal ini di karenakan masyarakat tidak mengetahui bagaimana proses pengolahan serta pemanfaatan pasir silika.

Sebagai aplikasi dari pemanfaatan pasir silika itu sendiri yang paling familiar dan komersial adalah bahan utama industri gelas kaca, dan bahan baku untuk pembuatan panel surya. Beberapa tahun terakhir pemanfatan silika dan kalsium yang di buat nanokomposit menjadi kandidat bahan bioaktif untuk aplikasi jaringan tulang (Zhongkui, 2009).

Proses penghalusan pasir silika salah satunya menggunakan prinsip *milling* menggunakan *Ball mill* . Banyak parameter yang digunakan dalam proses *milling*, namun setelah pengujian parameter yang paling optimum pada saat pengujian adalah kecepatan putaran dan waktu *milling* (Zulkhairi, 2014). Metode *ball mill* ini berfungsi sebagai penghancur pasir silika menggunakan sejumlah bola penghancur dalam sebuah tabung yang berbentuk silinder yang berputar searah jarum jam sehingga bola-bola penghancur akan naik kepermukaan tabung dan kemudian jatuh ke bahan yang akan ditumbuk dan menyebabkan perubahan bentuk pada struktur pasir silika menjadi ukuran yang sangat halus (Widjanarko, dkk 2014).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan Sugeng (2018) yaitu mengenai daur ulang pasir silika menggunakan teknik *ball mill* dengan kecepatan putaran 200 dan 350 *rpm* berat pasir yang diolah 1000 *gr*. Menunjukkan hasil pada mesin *ball mill* dengan melakukan variasi putaran, pada putaran 200 *rpm* tingkat kehalusan serbuk sebesar 0,45 mm dengan waktu *milling* 60 menit, pada putaran 350 *rpm* tingkat kehalusan serbuk sebesar 0,75 mm dengan waktu *milling* selama 60 menit.

Menurut penjelasan di atas bahwa pengaruh putaran sangat berpengaruh dengan hasil kehalusan pasir silika.

Berdasarkan latar belakang di atas penulis mengambil judul “PENGARUH VARIASI PUTARAN MESIN *PLANETARY BALL MILL* TERHADAP PENGHALUSAN PASIR SILIKA”

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan yang di angkat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mengetahui pengaruh putaran terhadap penghalusan pasir silika ?
2. Berapakah jumlah putaran *milling* yang optimum dalam proses penghalusan pasir silika ?
3. Bagaimana putaran *milling* mempengaruhi mikro struktur pasir silika dan pelet silika ?

1.3. Tujuan Penelitian

Maka tujuan dari penelitian adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh putaran terhadap penghalusan pasir silika.
2. Untuk mendapatkan berapakah jumlah putaran yang optimum dalam proses penghalusan pasir silika.
3. Untuk mendapatkan pengaruh putaran terhadap mikro struktur pasir silika dan pelet silika.

1.4. Batasan masalah

Dalam penelitian ini penulis perlu membuat batasan-batasan masalah untuk menghindari pembahasan yang tidak perlu. Adapun masalah-masalah yang akan dibahas meliputi :

1. Material yang digunakan pasir silika SiO_2
2. Putaran *milling* yaitu 200, 300, dan 400 *rpm*
3. Waktu *milling* yaitu 4 jam.
4. Alat uji yang digunakan yaitu SEM – EDX

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya pengujian laboratorium diharapkan adanya manfaat dari penelitian ini, yaitu :

1. Pengembangan akademis

Riset dan pengembangan dapat menerapkan ilmu yang telah dipelajari dapat memberi pengetahuan hasil penelitian kepada penulis dan pembaca sebagai referensi pengembangan penelitian selanjutnya sehingga bermanfaat sebagai ilmu pengetahuan dan teknologi.

2. Pengembangan industri

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi serta kemajuan industri gelas kaca, semen, keramik dan industri lainnya yang menggunakan pasir silika sebagai bahan bakunya.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan Tugas Akhir terdapat penjelasan bab-bab yang akan di bahas, antara lain :

BAB I

Pendahuluan, latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan.

BAB II

Tinjauan pustaka, pendahuluan, *ball mill*, metode pembuatan serbuk, pasir silika, mangkok (*bowl*), bola-bola penumbuk (*ball*), bentuk dan tekstur butiran, metode menentukan ukuran partikel, Heat treatment, perhitungan volume *mold Scanning Electrone Microscopy* (SEM),

BAB III

Diagram Alir penelitian, langkah-langkah penelitian, waktu dan tempat, Alat dan Bahan.

BAB IV

Hasil dan pembahasan, berisikan tentang parameter dan hasil pengujian sebagai hasil yang telah diteliti

BAB V

Penutup, berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil pengujian pengaruh variasi putaran *miiling* terhadap kehalusan pasir silika

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasir Silika

Pasir silika merupakan salah satu material alam yang melimpah di Indonesia, tercatat bahwa ketersediaan pasir silika sebesar 18 miliar ton. Permintaan pasir silika dengan tingkat kehalusan untuk pemenuhan kebutuhan industri sangat tinggi. Dalam dunia perindustrian pemakaian pasir silika saat ini cukup banyak seperti pada produksi cat, semen, beton, proses pembentukan logam, kosmetik, kertas, ban, karet, keramik dan lain-lain. (Sumarno dkk, 2011).



Gambar 2.1 Pasir Silika

Silikon dioksida atau silika (SiO_2) merupakan salah satu dari senyawa kimia yang paling umum digunakan. Silika murni memiliki dua bagian yaitu kuarsa dan kristobalit, silikon pada umumnya terikat secara tetrahedral terhadap empat atom oksigen namun ikatan-ikatannya memiliki sifat yang cukup ionik dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berda di tengah dari setiap pasangan. Dalam pasir kuarsa terdapat heliks sehingga terbentuk kristal *enansiomorf*. Pasir kuarsa dan kristobalit dapat saling diturkan apabila dipanaskan terlebih dahulu. Proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama dikarenakan membutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan-ikatan dan energi pengaktifannya tinggi. Silika relatif tidak reaktif terhadap kandungan C_{12} , H_2 , asam-asam dan sebagian besar pada logam dengan suhu 25°C pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat disaring oleh F_2 , HF aqua, hidroksida alkali dan leburan-leburan karbon.

Bentuk-bentuk dari silika merupakan beberapa struktur kristal yang penting bukan hanya silika merupakan zat yang melimpah dan berguna, tetapi karena strukturnya (SiO_4) adalah bentuk yang mendasar dalam kebanyakan mineral. Kadar silika memiliki dua ciri-ciri utama sebagai berikut :

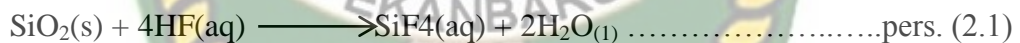
1. Setiap atom *silicon* berada pada titik pusat suatu tetrahedron yang terdiri dari 4 atom oksigen.
2. Setiap atom oksigen berada ditengah-tengah dua atom *silicon*.

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO_2 (*Silicon Dioksida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal. Salah satu senyawa silika mineral yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *silicon* untuk pembuatan panel surya yaitu kuarsa. Untuk keperluan ini dibutuhkan *silicon* dengan ukuran partikel <100 nm sebagai bahan baku sehingga diperlukan proses pengolahan pasir silka (Muliawan, 2017).

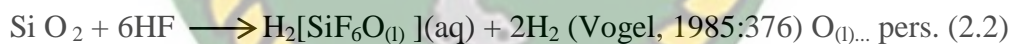
Adapun sifat kimia dari silika (SiO_2) yaitu:

- a. Reaksi asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidroflorida dan asam fosfat.

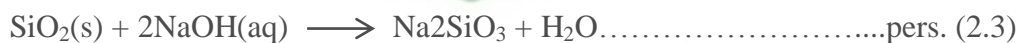


Pada asam berlebihan reaksinya adalah :



- b. Reaksi basa

Silika dapat bereaksi dengan basa, terutama dengan basa kuat, seperti dengan hidroksida alkali.



2.1.1. Sifat Fisik Pasir Silika

Silika biasanya diperoleh melalui proses penambangan, dimulai dari menambang pasir kuarsa sebagai bahan baku. Pasir kuarsa tersebut kemudian dilakukan proses pencucian untuk membuang kotoran yang kemudian dipisahkan dan dikeringkan kembali sehingga diperoleh pasir dengan kadar SiO₂ yang lebih tinggi dari sebelumnya (Horizon, 2011). Sifat-sifat fisik pasir mineral silika dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat fisik pasir silika

Warna	Putih atau warna lain tergantung senyawa pengotornya, misalnya warna kekuningan untuk yang mengandung Fe
Kekerasan	7 (skala mohs)
Berat jenis	2,65
Titik lebur	1715 °C
Bentuk kristal	Hexagonal
Panas spesifik	0,185
Panas konduktif	12-100 °C

(sumber: Januarty, 2015)

Ada beberapa kriteria yang menjadi pertimbangan pelaku industri dalam hal pemakaian *pasir silika*, kriteria ini meliputi :

1. Kadar SiO₂ (Silikat)
2. Ukuran yang seragam
3. Warna

Namun, pertimbangan yang paling utama yang utama sebenarnya adalah kadar *silikat* dan ukuran yang seragam. Sedangkan factor warna (putih, abu-abu, kuning, coklat) hanyalah persoalan estetika atau selera saja karena faktor warna pada *pasir silika* tidak memberikan pengaruh apapun terhadap kualitas kadarnya.

2.1.2. Kegunaan Pasir Silika

Pasir silika dimanfaatkan dalam berbagai industri, diantaranya:

1. Pasir silika untuk sand blasting. Sand blasting adalah teknik membersihkan kerak/karat di mesin/logam dengan semprotan pasir silika tekanan tinggi. biasanya ukuran mesh 8×30 yang dipakai di sana. ada beberapa industri yang rutin membutuhkan pasir silika.
2. Sebagai bahan tambahan pada industri genteng metal/logam agar meredam suara hujan
3. Sebagai bahan baku semen, mortar, ready mix.
4. Sebagai bahan baku pabrik keramik.
5. Pada pengolahan air untuk penjernihan dengan menyerap lumpur, tanah, dan sedimen.
6. Pada industri bahan abrasit yaitu amplas, sand blasting.
7. Sebagai bahan utama industri berbentuk silika tepung/silika flour yaitu untuk industri gelas/kaca ($\text{SiO}_2 > 98\%$), industri semen (SiO_2 sebanyak 21,3%), industri tegel/keramik (pembentuk sifat licin/mudah dibersihkan), industri pembuatan ferosilikon dan silikon carbida, dan industri mikrochip/ komponen elektronika (ukuran nano silika)
8. Bahan tambahan/campuran dalam industri cor/precast (ukuran mikro silika), perminyakan/pertambangan, bata tahan api (refraktori).
9. Bahan campuran sebagai bahan pengeras pada industri karet/ ban /cat (ukuran nano silika).

2.1.3. Metode Penghalusan Pasir Silika

Proses penghalusan silika dapat dilakukan dengan metode kimia, fisika, biologi, atau gabungan antara ketiga metode tersebut. Pemilihan metode penghalusan yang tepat didasarkan pada bentuk dan distribusi mineralogi pengotor didalam biji partikel silika. Dalam metode fisika salah satunya menggunakan prinsip penghalusan menggunakan *Ball mill*. Metode *ball mill* ini berfungsi sebagai penghancur pasir silika menggunakan sejumlah bola penghancur dalam sebuah tabung yang berbentuk silinder yang berputar searah jarum jam sehingga bola-bola penghancur akan naik kepermukaan tabung dan

kemudian jatuh ke bahan yang akan ditumbuk dan menyebabkan perubahan bentuk pada struktur pasir silika menjadi ukuran yang sangat halus. (Widjanarko, dkk 2014).

2.1.4. Faktor yang mempengaruhi penghalusan pasir silika

Faktor yang mempengaruhi kehalusan pasir silika adalah putaran *milling* dan waktu *milling*. Alat yang digunakan untuk mereduksi ukuran partikel pasir silika adalah *ball mill*.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan Sugeng (2018) yaitu mengenai daur ulang pasir silika menggunakan teknik *ball mill* dengan kecepatan putaran 200 dan 350 *rpm* berat pasir yang diolah 1000 *gr*. Menunjukkan hasil pada mesin *ball mill* dengan melakukan variasi putaran, pada putaran 200 *rpm* tingkat kehalusan serbuk sebesar 0,45 mm dengan waktu *milling* 60 menit, pada putaran 350 *rpm* tingkat kehalusan serbuk sebesar 0,75 mm dengan waktu *milling* selama 60 menit.

2.2. Ball Mill

Ball mill merupakan salah satu mesin yang digunakan untuk menghancurkan material serbuk dalam skala kecil maupun skala besar, dan pada umumnya digunakan untuk menghasilkan serbuk yang halus. Mesin *ball mill* menggunakan bola-bola penumbuk (*ball*) untuk menumbuk material serbuk yang berada didalam (*bowl*) mangkok silinder. Serbuk yang di *milling* tidak melalui proses peleburan sehingga menjadi serbuk (Suresh, 1993).

Serbuk dapat diproduksi baik secara langsung maupun secara tidak langsung melalui bola-bola penumbuk. Ada dua cara proses penggilingan, pertama cara kering dan yang kedua adalah cara basah. Ada juga dua jenis mesin *ball mill* yang disebut mini *ball mill* dan planet *ball mill*. *Ball mill* mini lebih kecil dari *planetary ball mill* biasanya digunakan di laboratorium untuk menggiling bahan sampel seperti keramik atau material lain sehingga menjadi ukuran yang sangat kecil atau serbuk. Biasanya *ball mill* planet berbentuk stoples dan harus dioperasikan dalam sistem tertutup. Untuk yang lebih efisien *grinding* ada beberapa kecepatan operasi spesifik yang dibutuhkan. Ketika dikontrol oleh kecepatan, beban terdekat dinding silinder akan pecah dan dengan cepat diikuti oleh partikel lain. Pada sisi atas dan membentuk aliran geser yang mengandung

beberapa lapisan bola dipisahkan oleh material dengan berbagai ketebalan (Hong, 2006).

Kekurangan dari proses *milling* adalah tingkat kebisingan yang tinggi akibat dari proses kontaminasi dari tabung silinder (*bowl*) dan bola-bola penghancur (*ball*). Kecepatan putaran tabung silinder dapat di tentukan untuk mendapatkan hasil benturan yang maksimal, oleh karena itu kecepatan putaran dapat diberikan dengan cukup cepat untuk menghantarkan bola-bola penumbuk menuju permukaan tabung silinder setelah itu jatuh kembali keposisi semula. Untuk meningkatkan kecepatan akan menimbulkan gaya sentriugal yang besar dan mecegah bola jatuh. Volume bola penumbuk dalam tabung silinder harus sekitar tiga perempat dari volume tabung. Analisa energi yang berda didalam tabung silinder penghalusan memperlihatkan kerugian yang luar biasa dari tingkat kebisingan dan panas. Sehingga dapat terlihat bahwa semakin halus serbuk yang di inginkan, makan semakin berpengaruh waktu putaran dan kecepatan putaran (German, 1989).



Gambar 2.2 Proses kerja *ball mill*
(Sumber : German 1989)

2.3. Metode Pembuatan Serbuk

Pada metode pembuatan serbuk ini ada beberapa cara diantaranya Pemisahan, penekanan pada material cair, deposisi eletrolit, pembuatan serbuk dari bahan padat.

1. Pemisahan

Pada proses pembuatan serbuk menggunakan metode ini material yang digunakan logam material akan di uraikan atau di pisahkan elemen-elemennya yang dipanaskan pada temperatur yang tinggi. Proses ini membutuhkan dua rektan, yaitu senyawa logam dan *reducing agent*. Kedua rektan tersebut dalam bentuk gas, solid, ataupun liquid.

2. Penekanan pada material cair

Pada proses pembuatan serbuk menggunakan metode ini merupakan proses pembuatan material serbuk dengan cara memberikan tekanan pada material cair dengan cara di semprotkan sehingga di dapatkan partikel yang tertembak keluar dan terbentuk partikel material yang menjadi butiran serbuk kecil.

3. Deposisi elktrolit

Pada proses pembuatan serbuk menggunakan metode ini merupakan proses elektrolisis yang biasanya menghasilkan serbuk yang sangat bereaksi dan rapuh serta berbentuk dendritik. Serta perlu perlakuan *annealing* khusus untuk menghasil material tersebut.

4. Pembuatan serbuk dari bahan padat

Pada proses pembuatan serbuk menggunakan metode ini merupakan prose *milling* menggunakan mesin *ball mill* yang digunakan berjenis *vertical* maupun *horizontal* untuk proses penghancuran serbuk. Proses ini dapat digunakan pada material logam, pasir, maupun keramik.

Metode yang penelitian gunakan dalam pembuatan serbuk disini adalah Pembutaan serbuk pada point No.4 pembuatan serbuk dari bahan padat, material akan di hancurkan menggunakan mesin *ball mill* untuk mendapatkan serbuk halus.

2.4. Mangkok (*bowl*)

Mangkok (*bowl*) yang terbuat dari bahan zirkonia berfungsi sebagai wadah penghancur atau penghalusan butiran material. Mangkok (*bowl*) berfungsi sebagai penghancuran atau penghalusan tergantung besarnya volume mangkok semakin besar volume mangkok (*bowl mill*) semakin besar kapasitas yang dapat dihaluskan. Mangkok (*bowl mill*) berbentuk tabung maka dari itu rumus volume mangkok (*bowl mill*) adalah :

$$V = \pi r^2 t \dots \dots \dots \text{pers. (2.4)}$$

Dimana :

$$\pi = 3,14$$

r = jari – jari dalam bowl mill

t = tinggi bagian dalam bowl mill



Gambar 2.3 Mangkok (*bowl*)
 (Sumber : Yungfeng, 2013)

2.4.1. Jenis-Jenis Mangkok (*Bowl*)

1. *Stainless Stell*

Mangkok penggilingan *stainless stell* adalah mangkok penggiling yang paling banyak digunakan untuk menggiling logam dan bahan non-logam. Biasanya jenis mangkok digunakan tergantung penggunaannya sesuai dengan bahan yang dihaluskan. Biasanya bahan yang digunakan

dalam pembuatan mangkok *stainless steel* adalah bahan *stainless steel* 304 dengan ketebalan dinding 8mm dan 4mm. Seperti yang terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mangkok *Stainless Steel*
(Sumber : Yungfeng, 2013)

2. Alumina

Mangkok penggiling alumina adalah mangkok penggiling yang digunakan untuk jumlah sampel yang sedikit biasanya digunakan untuk keperluan laboratorium. Secara luas mangkok alumina digunakan pada bidang, material, geologi, kimia, elektronik, dan kedokteran. Bahan utama dari mangkok alumina adalah aluminium oxide Al_2O_3 dengan ukuran standar mangkok 50ml hingga 5000ml dan kepadatan $3,8 \text{ g/cm}^3$. Seperti yang terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mangkok alumina
(Sumber : Yungfeng, 2013)

3. Zirkonia

Mangkok penggiling zirkonia adalah mangkok penggiling serbuk yang digunakan untuk menghaluskan material dalam kondisi basah maupun kering. Secara garis besar mangkok zirkonia hampir sama kegunaannya dengan mangkok alumina yang digunakan pada bahan magnetik, keramik dielektrik, obat-obatan, dan industri kosmetik. Bahan utama dari mangkok zirkonia adalah zirkonium oksida ZrO_2 dengan ukuran standar mangkok 500ml dan kepadatan $6,06 \text{ g/cm}^3$ seperti yang terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Mangkok Zirkonia
(Sumber : Yungfeng, 2013)

2.5. *Ball* (bola-bola penumbuk)

Ball atau bola-bola penumbuk yang terbuat dari bahan zirkonia berfungsi sebagai alat penghancur pasir dengan cara menumbukkan *ball* (bola-bola penumbuk) didalam mangkok. Bola- bola penumbuk (*ball*) berbahan dasar keramik yang berdiameter 0,4 cm seperti yang terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Bola-bola penumbuk (*ball mill*)
(Sumber : Chusnul azhari dkk, 2017)

2.5.1. Jenis-Jenis Bola penumbuk (*Ball*)

1. *Ball Stainless Stell*

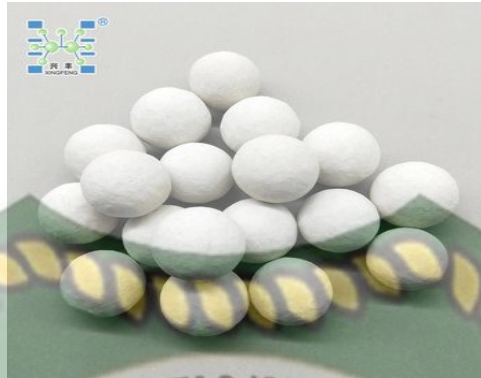
Bola penumbuk *stainless stell* adalah bola penghalus yang paling banyak digunakan untuk menumbuk logam dan bahan non-logam. Biasanya jenis bola digunakan tergantung penggunaannya sesuai dengan bahan yang dihaluskan. Persyaratan, bahan yang digunakan dalam pembuatan mangkok *stainless steel* adalah bahan *stainless stell* 304 dan AISI 440c dengan ukuran standar diameter 5mm seperti yang terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Ball Stainless Stell*
(Sumber : Chusnul azhari dkk, 2017)

2. Alumina

Bola penumbuk alumina digunakan untuk menghilangkan sebagian besar kontaminasi selama proses penggilingan. Bola alumina berdiameter 12,7mm digunakan sebagai media penumbuk. Bahan utama dari mangkok alumina adalah aluminium oxide Al_2O_3 seperti yang terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Ball alumina*
(Sumber : Chusnul azhari dkk, 2017)

3. Zirkonia

Bola penumbuk zirkonia merupakan bola yang memiliki kekerasan tinggi, ketangguhan tinggi, tahan panas dan tahan korosi kekerasan dan kekuatannya hampir tidak dapat diubah bahkan dalam kondisi 600° C. Efisiensi penghalusnya sangat tinggi, bola ini tidak mudah pecah dan retak karena rasio abrasinya hanya setengah dari manik-manik zirkonium silikat. Bahan utama dari mangkok zirkonia adalah zirkonium oksida ZrO_2 .



Gambar 2.10 *Ball zirkonia*
(Sumber : Yungfeng, 2013)

2.6. Bentuk dan tekstur serbuk

Bentuk dan tekstur permukaan mempengaruhi stabilitas dari lapisan kekerasan yang dibentuk serbuk tersebut, adapun berbagai macam bentuk dan tekstur butiran dapat dibedakan dalam beberapa bentuk sebagai berikut :

1. Bulat

Serbuk yang berbentuk bulat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan serbuk lebih mudah tergelincir dan lebih kecil.

2. Lonjong

Serbuk dengan ukuran lebih besar dari >1.8 kali diameter rata-rata dikatakan jenis serbuk lonjong. Lonjong artinya perbandingan dalam persen (%) dari serbuk lonjong terhadap berat total serbuk.

3. Kubus

Serbuk berbentuk kubus merupakan bentuk serbuk hasil dari mesin pemecah (*crusher*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas. Bentuk bidang rata sehingga memberikan *interlocking* terikat lebih besar. Dengan demikian kesetabilan terhadap efek deformasi, diperoleh lebih besar.

4. Pipih

Serbuk berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah ataupun memang sifat dari material tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Partikel pipih yaitu partikel yang lebih tipis dari 0.6 kali diameter rata-rata, indeks kepipihan adalah berat total partikel yang lolos slot dibagi dengan berat total partikel yang tertahan pada ukuran serbuk tertentu, partikel berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan, ataupun akibat beban, oleh karena itu banyaknya partikel pipih ini dibatasi dengan menggunakan nilai indeks kepipihan yang disyaratkan.

5. Tidak beraturan

Serbuk tidak beraturan adalah partikel serbuk yang tidak mengikuti atau yang dituliskan dari salah satu yang disebutkan diatas (Silvia, 2003).

Berikut ini berbagai macam bentuk serbuk :



Gambar 2.11 Bentuk partikel serbuk
Sumber : (German, 1984)

2.7. Metode menentukan ukuran serbuk

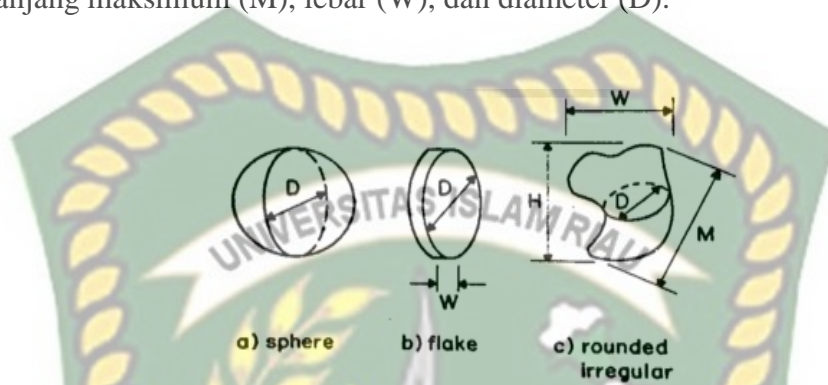
Metode yang digunakan dalam menentukan ukuran serbuk baik secara umum maupun secara khusus dimana ukuran serbuk merupakan salah satu karakteristik penting dalam menentukan diameter ukuran serbuk. Berikut ini merupakan cara untuk menentukan ukuran serbuk :

1. *PossibleSize Measure*
2. *Mikroskopi*
3. *Particle Size Distribution*

2.7.1. *Possible size measure*

Dari gambar dibawah ini dapat dilihat ukuran serbuk gambar (a) merupakan berbentuk bola, hanya memiliki satu parameter ukuran yaitu diameter (D), namun bentuk serbuknya lebih kompleks, ukuran serbuk lebih sulit di tentukan secara langsung. Pada gambar (b) merupakan ukuran serbuk berbentuk

keping (*flake*), memiliki dua parameter ukur yaitu diameter (D) dan lebar (W). Pada gambar (c) merupakan ukuran serbuk berbentuk bulat tidak beraturan dimana ukuran partikel ditentukan empat parameter ukur yaitu tinggi proyeksi (H), panjang maksimum (M), lebar (W), dan diameter (D).



Gambar 2.12 Possible size measure
(sumber : German, 1984)

2.7.2. Mikroskopi

Penglihatan hasil mikroskop dapat diproyeksikan kedalam sebuah monitor dimana partikel-partikel tersebut lebih mudah diukur bentuk, tekstur, dan ukuran, atau pemotretan bisa dilakukan dari *slide* yang sudah disiapkan dan diproyeksikan ke monitor untuk diukur. Dibawah mikroskop diletakkan *micrometer* untuk memperlihatkan ukuran partikel tersebut. Kekurangan dari metode ini adalah garis tengah yang diperoleh hanya dari dua dimensi dari partikel tersebut, yaitu dimensi panjang dan lebar, tidak bisa memperoleh atau mengetahui ketebalan dari partikel menggunakan metode ini, jumlah partikel yang harus di hitung mencapai (300-500) agar mendapat hasil ukuran patikel metode ini memakan waktu yang cukup lama. Kemampuan dari analisa mikroskop yaitu dapat menganalisa partikel yang bergumpal dan lebih dari satu sehingga dapat memudahkan dalam menganalisa hasil.

Pada penelitian untuk mengukur ukuran partikel menggunakan SEM dengan cara memfokuskan sinar elektron dipermukaan objek dan mengambil gambar dengan mendeteksi elektron yang muncul pada permukaan objek. Perbedaan tipe yang berbeda dari SEM memungkinkan penggunaan yang berbeda dari SEM, antara lain untuk studi di bidang morfologi, analisa komposisi dengan

kecepatan tinggi, kekerasan permukaan, porositas, distribusi ukuran partikel, himogenitas material atau untuk studi lingkungan (Sitorus, 2009).

2.7.3. Distribusi Ukuran Partikel

Metode yang umum digunakan untuk menentukan ukuran partikel secara kolektif adalah dengan menggunakan metode ayakan (*sieve*), seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.13 prinsip dasar ayakan (*sieve*)

Ukuran ayakan (*mesh size*) dapat di tentukan melalui jumlah kawat dalam satu satuan panjang. Sebagai contoh, ayakan memiliki ukuran 200, maka dalam satu *inchi* terdapat 200 kawat, sehingga jarak antara diameter kawat sebesar 127 μm , pada ayakan tersebut mempunyai diameter 52 μm , maka ukuran lubang pada ayakan tersebut mempunyai ukuran 52 μm . Semakin tinggi *mesh size* maka semakin lubang-lubang dalam ayakan tersebut, arti semakin halus ukuran partikel yang dihasilkan ayakan tersebut. Standar ukuran ayakan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Nomor Ayakan	Lubang Ayakan
2	9,5 mm
3,5	5,6 mm
4	4,75 mm
8	2,36 mm
10	2,00 mm
20	850 μm
30	600 μm
40	425 μm
50	300 μm
60	250 μm
70	212 μm
80	180 μm
100	150 μm
120	125 μm
200	75 μm
230	63 μm
270	53 μm
325	45 μm
400	38 μm

Gambar 2.14 ukuran pada *mesh*
 Sumber : (U.S Standart, ASTM E 11)

2.8. Heat Treatment

Proses perlakuan panas pada umumnya untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu kekerasan.

Perlakuan panas didefinisikan sebagai kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam/paduan dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Perubahan tersebut terjadi karena ada perubahan struktur mikro selama proses pemanasan dan pendinginan dimana sifat logam atau paduan sangat dipengaruhi oleh struktur mikro. Proses perlakuan panas terdiri dari beberapa

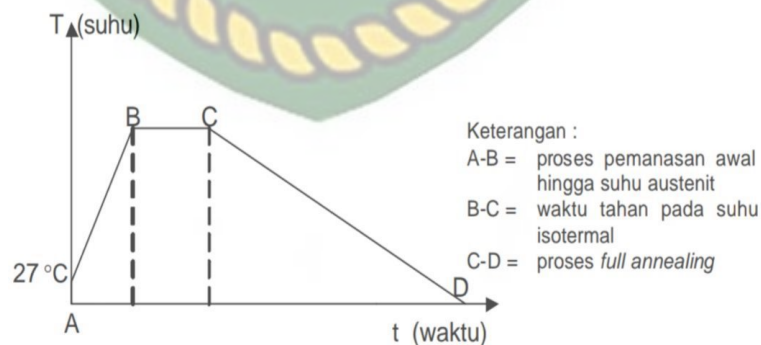
tahapan, dimulai dari proses pemanasan bahan hingga pada suhu tertentu dan selanjutnya didinginkan juga dengan cara tertentu. Tujuan dari perlakuan panas adalah dapat mendapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dan sesuai yang diinginkan seperti meningkatkan kekuatan dan kekerasan, mengurangi tegangan, melunakkan, mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada keuletan bahan.

Secara umum, proses perlakuan panas adalah :

- Memanaskan logam/paduannya sampai pada suhu tertentu (*heating temperature*).
- Mempertahankan pada suhu pemanasan tersebut dalam waktu tertentu (*holding time*).
- Mendinginkan dengan media pendingin dan laju tertentu.

2.8.1 *Anneling*

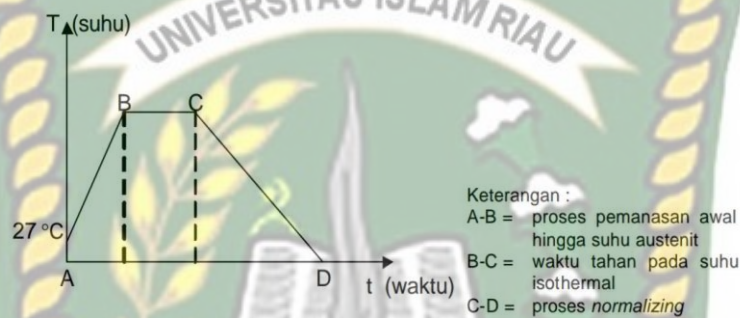
Proses *annealing* adalah proses pemanasan baja diatas temperature kritis (723°C) selanjutnya dibiarkan beberapa lama sampai temperature merata disusul dengan pendinginan secara perlahan-lahan sambil dijaga agar temperature bagian luar dan dalam kira-kira sama, sehingga diperoleh struktur yang diinginkan.



Gambar 2.15 Diagram *Annealing*

2.8.2 Normalizing

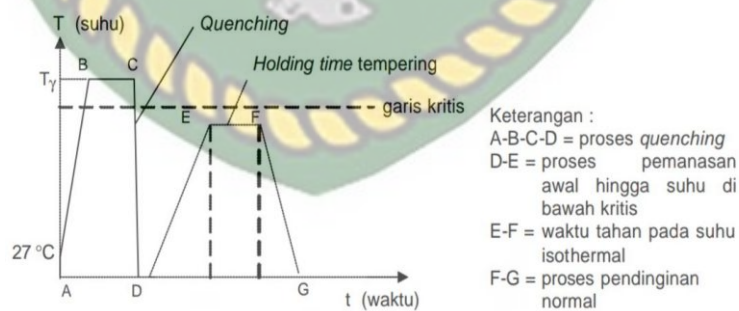
Normalizing adalah proses pemanasan pada suhu austenite dan didinginkan di udara terbuka. Adapun caranya adalah memanaskan baja pada suhu 10-40 °C diatas daerah kritis atas disusul dengan pendinginan dalam udara. *Normalizing* biasa diterapkan pada baja karbon rendah dan baja paduan untuk menghilangkan pengaruh pengerjaan bahan sebelumnya, menghilangkan tegangan dalam, dan memperoleh sifat-sifat yang diinginkan.



Gambar 2.16 Diagram *Normalizing*

2.8.3 Tempering

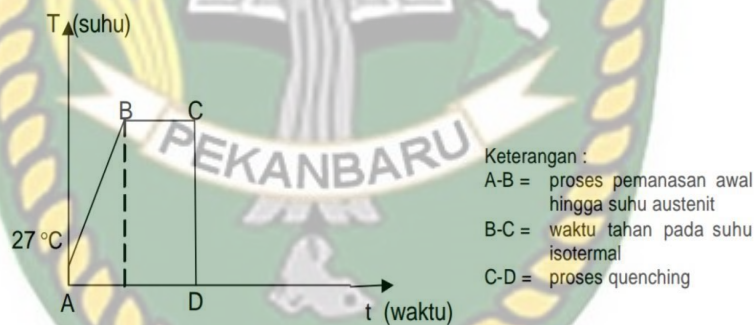
Tempering didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan (*quenching*) pada temperature *tempering* (dibawah suhu kritis) sehingga diperoleh *ductility* tertentu, yang dilanjutkan dengan proses pendinginan.



Gambar 2.17 Diagram *Tempering*

2.8.4 Quenching

Quenching merupakan proses pengerjaan logam dengan pendinginan secara cepat. Sehingga melalui *quenching* akan mencegah adanya proses yang dapat terjadi pada pendinginan lambat seperti pertumbuhan butir. Secara umum, *quenching* akan menyebabkan menurunnya ukuran butir dan dapat meningkatkan nilai kekerasan pada suatu paduan logam. Laju *quenching* tergantung pada beberapa factor yaitu medium, panas spesifik, panas pada penguapan, konduktifitas termal medium, viskositas, dan agitasi (aliran media pendingin). Kecepatan pendinginan dengan air lebih besar dibandingkan pendinginan dengan oli, sedangkan pendinginan dengan udara memiliki kecepatan yang paling kecil. Pada umumnya yang telah mengalami proses *quenching* memiliki kekerasan yang tinggi serta dapat mencapai kekerasan yang maksimum tetapi agak rapuh. Dengan adanya sifat yang rapuh, maka kita harus menguranginya dengan melakukan proses lebih lanjut seperti tempering.



Gambar 2.18 Diagram *Quenching*

2.9 Ruang pembakaran (*furnace*)

Furnace adalah alat atau sebuah perangkat yang digunakan untuk proses pemanasan. *Furnace* sangat sangat berguna pada skala industri dan laboratorium. Seperti halnya untuk pembuatan keramik, ekstraksi logam, produksi minyak dan pabrik kimia lainnya. *Furnace* juga sebagai penerima bahan bakar yang baik, karena terdapat fire gate dibagian alas bawahnya. Pada dinding *furnace* juga sebagai penerima panas dari bahan bakar secara radiasi, konveksi, dan konduksi. Gas bahan bakar *furnace* berkontak langsung dengan bahan baku, maka pemilihan

jenis bahan bakar yang digunakan pada pengujian sangatlah penting (Yogantoro, 2012). Muffle furnace ini digunakan sebagai pemanas untuk menggabungkan zat padat pada analisis gravimetric terhadap logam dan komposit. Alat muffle furnace dapat dilihat pada gambar 2.19:



Gambar 2.19 Muffle Furnace
Sumber : Arizona Deny, 2014

Pada penelitian ini perlakuan yang di gunakan yaitu sintering, proses sintering merupakan proses pemanasan pada temperatur tertentu dengan waktu tahan tertentu dengan tujuan memperkuat ikatan antar permukaan serbuk yang telah dikompaksi karena adanya difusi atom di daerah interface serbuk.

2.10. Poli Etilin Gilikol (PEG)

Polietilena merupakan polimer sintetik yang merupakan hasil rekayasa manusia, polimer umumnya dikelompokkan berdasarkan perilaku mekanik dan struktur rantai atau molekulnya. Polimer thermoplastik, misalnya polietilena, adalah jenis polimer yang memiliki sifat-sifat thermoplastik yang disebabkan oleh struktur rantainya yang linear (*linear*), bercabang (*branched*) atau sedikit bersambung (*cross linked*). Polimer dari jenis ini akan bersifat lunak dan kental (*viscous*) pada

saat dipanaskan dan menjadi keras dan kaku (*rigid*) pada saat didinginkan (Saputro, 2012). Struktur poli etilen glikol dapat dilihat pada gambar 2.20



Gambar 2.20 Struktur Poli Etilen Glikol (PEG)

Polietilenglikol (PEG) merupakan polimer dari etilen oksida dan air, dibuat menjadi bermacam-macam panjang rantainya. Bahan ini terdapat dalam berbagai macam berat molekul dan yang paling banyak digunakan adalah Polietilenglikol 200 ,400 ,600 ,1000 ,1500 ,1540 ,3350 ,4000 dan 6000. Pemberian nomor menunjukkan berat molekul rata-rata 200, 400 dan 600 berupa cairan bening tidak berwarna dan mempunyai berat molekul rata-rata lebih dari 1000 berupa lilin putih, padat. Macam-macam kombinasi dari PEG bisa digabung dengan cara melebur. PEG merupakan polimer larut air, polimer ini tidak berwarna, tidak berbau dan kekentalannya berbeda-beda tergantung jumlah $n=2,3,4$ dan maksimum n berjumlah 180. Polimer dengan berat molekul rendah ($n=2$) disebut dietil glikol dan ($n=4$) disebut tetra etil glikol. Polimer dengan berat molekul yang tinggi biasanya disebut poli (etina glikol). Penggunaan PEG dapat dijumpai berbagai industri. Area industri yang paling banyak menggunakan PEG adalah farmasi dan industri tekstil. Contoh berbagai produk yang menggunakan PEG adalah keramik, *metalfoming*, obat supositoria, krim kosmetik, lotion, deodoran, minyak pelumas.

Sifat PEG yang lunak dan rendah racun membuatnya banyak dipergunakan sebagai dasar obat salep, dan pembawa dari bahan obat. Sifat PEG yang larut dalam air menyebabkan bahan obat mudah terlepas dan terserap pada kulit lebih cepat dari minyak yang teremulsi dalam air. Daya laut dalam air memberi keuntungan lantaran memberi kemudahan pengeluaran formulasinya setelah mencapai tujuan (Safitri,2010). PEG mempunyai beberapa keuntungan antara lain secara fisiologi inert, tidak terhidrolisis, tidak mendukung pertumbuhan jamur, mempunyai beberapa macam molekul (Astuti, 2008).

Selulosa – PEG dapat disintesi dari dua senyawa polimer yakni selulosa dan poli etilen glikol. Selulosa terlebih dahulu direndam dalam larutan NaOH 10% larutan ini berfungsi untuk mengganti gugus hidroksi pada selulosa menjadi Na etoksi. Selanjutnya poli etilen glikol direaksikan dengan asam klorida 10% serta dengan penambahan katalis $ZnCl_2$. Asam klorida ini berfungsi untuk

menggantikan gugus hidroksi menjadi gugus alkil. Adanya katalis $ZnCl_2$ ini akan membantu menstabilkan serta mempercepat proses pergantian gugus fungsinya.

2.11. Perhitungan volume mold

Rumus Volume Tabung :

$$V_c = \pi \times r^2 \times t \dots\dots\dots \text{pers}(2.1)$$

Dimana :

V_c = Volume Tabung (cm^3)

π = 3.14

t = Tinggi (cm)

d = Diameter

r = jari-jari spesimen

Massa Jenis Pasir Silika = 2.65 g/cm^3

Massa Jenis PEG 400 = 1.13 g/cm^3

2.12. Scanning Electron Mikroskopy (SEM)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang berguna untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. *Scanning Electron Microscope (SEM)* adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Alat Uji SEM dapat dilihat pada gambar 2.21 :



Gambar 2.20 Alat uji SEM
Sumber : Ninis Nurhidayah, 2015

Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena elektron akan memantulkan kembali elektron atau dinamakan dengan elektron sekunder ke segala arah.. Detector yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi elektron berintensitas tinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Selain itu juga dapat menentukan lokasi berkas elektron yang berintensitas tinggi (Jhoni Hasibuan, 2010). SEM memiliki kemampuan untuk menganalisa suatu sampel tertentu menggunakan salah satu metode yang disebutkan di atas. Setiap jenis analisis merupakan tambahan perangkat untuk SEM, yang paling umum aksesoris yang melengkapi SEM adalah dispersif energi x-ray detektor atau EDX (kadang-kadang disebut sebagai EDS). Jenis detektor memungkinkan pengguna untuk menganalisis sampel komposisi molekul.

Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri.

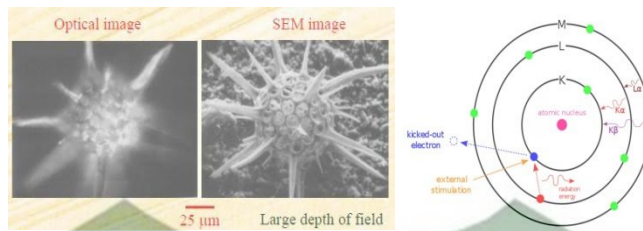
Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

1. Topografi , yaitu ciri – ciri permukaan dan teksturnya (Melihat kekerasan, dan sifat cahaya).
2. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran partikel penyusun objek (Kekuatan, Cacat pada logam dan bahan uji)
3. Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung didalam objek.
4. Kristalografi, yaitu informasi mengenai susunan dari butiran didalam objek yang diamati (Konduktifitas, Sifat elektrik, Kekuatan, dan sebagainya)

SEM memiliki beberapa detektor yang berfungsi untuk menangkap hamburan elektron dan memberikan informasi yang berbeda-beda. Detektor-detektor tersebut antara lain:

1. Detektor EDX, yang berfungsi untuk menangkap informasi mengenai komposisi sampel pada skala mikro.
2. Backscatter detector, yang berfungsi untuk menangkap informasi mengenai nomor atom dan topografi.
3. Secondary detector, yang berfungsi sebagai menangkap informasi mengenai topografi pada SEM, terdapat sistem vakum pada electron – optikal coloumn dan sampel chamber.

Energy Dispersive X-ray (EDX) analisis adalah alat yang berharga untuk analisis kuantitatif dan kualitatif elemen. Metode ini memungkinkan cepat dan analisis kimia non-destruktif dengan resolusi spasial dalam rezim mikrometer. Hal ini didasarkan pada analisis spektral radiasi sinar-X karakteristik yang dipancarkan dari atom sampel pada iradiasi dengan berkas elektron difokuskan dari SEM. Yang dapat dilihat pada gambar 2.22 :



Gambar 2.21 Visual Mikrostruktur SEM – EDX
Sumber : Budi Hartono, 2017

2.12.1 Kegunaan EDX

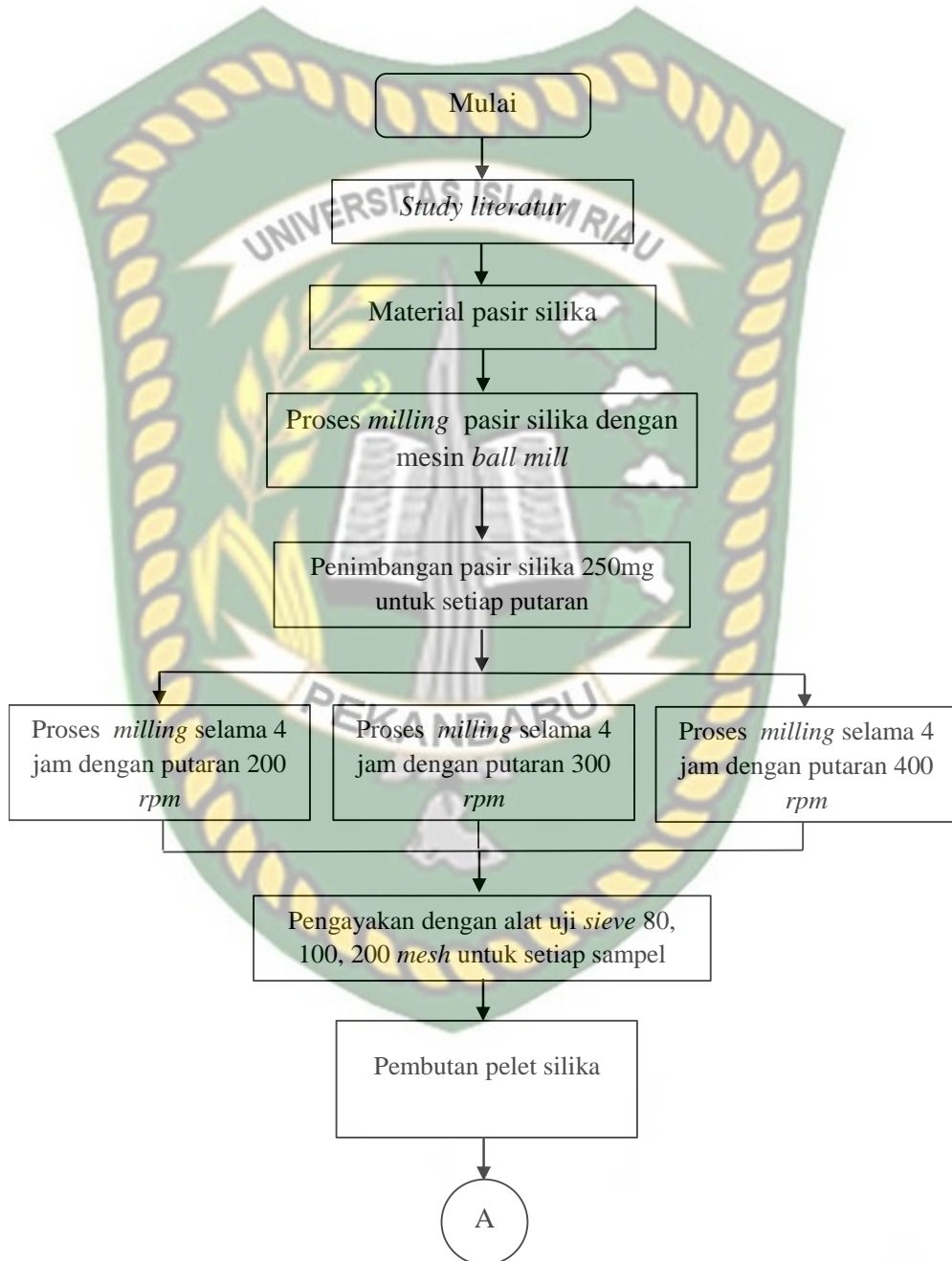
Hampir sama dengan SEM hanya saja pada SEM EDX merupakan dua perangkat analisis yang digabungkan menjadi satu panel analitis sehingga mempermudah proses analitis dan lebih efisien. Pada dasarnya SEM EDX merupakan pengembangan SEM. Analisa SEM EDX dilakukan untuk memperoleh gambaran permukaan atau fitur material dengan resolusi yang sangat tinggi hingga memperoleh suatu tampilan dari permukaan sampel yang kemudian di komputasikan dengan software untuk menganalisis komponen materialnya baik dari kuantitatif mau pun dari kualitatifnya. berikut ini fungsi dan kegunaan dari pengoperasian SEM-EDX :

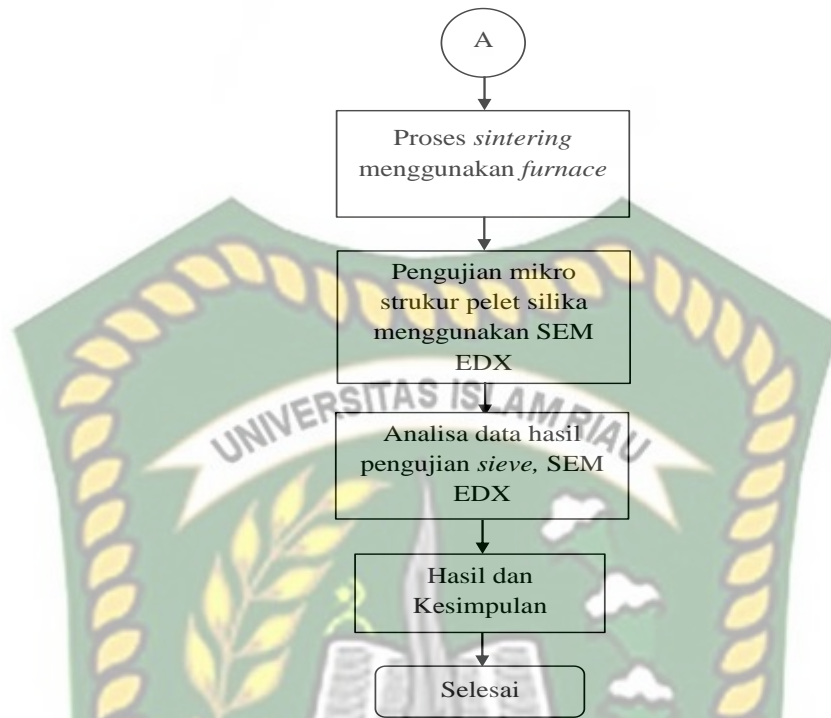
1. Menu Fungsi digunakan untuk mengatur secara bersamaan, menyimpan, dan mengingat parameter untuk analisis SEM dan EDX.
2. Kondisi pengukuran EDX dapat diatur dari Unit SEM (Spektral Pengukuran, Multi-titik pengukuran, Pemetaan, Tampilan menganalisis elemen pada SEM monitor).
3. Image data yang diperoleh dengan SEM dapat digunakan sebagai data dasar untuk EDX.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2. Langkah-langkah penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini untuk penyusunan pada bab IV maka penulis membuat skema penelitian sebagai berikut :

1. Persiapkan material yang akan di uji yaitu pasir silika, persiapkan dalam bentuk takaran *gram* yang sebelumnya sudah di tentukan. Seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pasir silika

2. Penelitian tahap pertama dengan putaran 200 *rpm* dilakukan dengan waktu *milling* selama 4 jam dengan jumlah bola-bola penumbuk (*ball*) 20 buah, kemudian setelah selesai letakan serbuk hasil *miling* ke dalam plastik kecil disesuaikan dengan durasi variasi putaran yang telah ditentukan. Kemudian penelitian yang kedua dilakukan dengan putaran mesin 300 *rpm* dengan jumlah bola yang sama dan waktu yang sama. Kemudian penelitian yang ketiga dengan putaran mesin 400 *rpm* dengan jumlah bola yang sama dan waktu yang sama.
3. Pengayakan dengan menggunakan alat uji ayakan (*Sieve*) dengan jumlah putaran yang sudah di tentukan. Seperti yang terlihat pada gambar 3.3



Gambar. 3.3 Ayakan

4. Pembuatan pelet silika menggunakan *mold press*
5. Proses sintering menggunakan *furnace*
6. Pengujian mikrostruktur dan partikel size menggunakan SEM EDX
7. Analisa hasil kehalusan pasir silika menggunakan alat uji SEM EDX dengan variasi putaran 200, 300, dan 400 *rpm* dengan waktu 4 jam dengan jumlah bola penumbuk sebanyak 20 buah.
8. Mengelola hasil serbuk pasir silika berdasarkan ukuran (*Mesh*)

Tabel 3.1 hasil berat serbuk pasir silika terhadap putaran mesin *ball mill*

Kecepatan (rpm)	Mesh #80 <i>Gram</i>	Mesh #100 <i>Gram</i>	Mesh #200 <i>Gram</i>
200			
300			
400			

9. Pembuatan grafik hasil serbuk ayakan (*sieve*) terhadap jumlah putaran dengan 3 variasi putaran *milling*.
10. Lakukan pembahasan pada setiap gambar, grafik, dan tabel dan hal-hal yang terjadi pada saat penelitian di lakukan.

3.3. Waktu dan Tempat

Pengujian dilaksanakan di unit laboratorium program studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau (UIR) Pekanbaru, yang beralamat di JL. Kaharuddin Nasution No 133. Diantaranya yaitu :

1. Laboratorium program studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau
 - Proses *milling*

Pengujian di mulai pada tanggal 28 september 2019, Pada tahapan ini dilakukan proses pembuatan serbuk material pasir silika yang sebelumnya berukuran yang masih berbentuk kasar. Akan dilakukan proses *milling* dengan menggunakan mesin *ball mill* selama waktu yang sudah di tentukan sesuai dengan tujuan.

2. Laboratorium program Studi Teknik Sipil Universitas Isam Riau.
 - *Sieve* (pengayakan)

Pengujian dimulai pada tanggal 19 Oktober 2019, Pada tahapan ini selanjutnya dilakukan proses pengayakan serbuk pasir silika untuk memilah ukuran serbuknya.

3. Laboratorium program studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau
 - Proses pembuatan pelet silika
Pengujian dimulai pada tanggal 21 oktober 2019, pada tahapan ini selanjutnya dilakukan pembuatan pelet silika menggunakan cetakan (mall) press.
4. Laboratorium program Studi teknik Mesin politeknik Kampar
 - Proses sintering menggunakan furnace
Pengujian dimulai pada tanggal 22 Oktober 2019, Pada tahapan ini selanjutnya melakukan proses sintering menggunakan furnace.
5. Laboratorium Forensik POLRI Jakarta timur
 - Pengujian mikro struktur menggunakan SEM EDX
Pengujian dimulai pada tanggal 10 November 2019, Pada tahapan ini selanjutnya melakukan pengujian mikrostruktur pasir silika dan pelet silika menggunakan alat SEM-EDX untuk mengetahui ukuran partikel size, foto mikrostruktur, unsur yang terkandung didalam pasir pasir silika berdasar ukuran *sieve* dengan jumlah sampel sebanyak 7 buah.

3.4. Alat dan Bahan

3.4.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. *Planetary ball – mill*

Fungsi mesin *planetary ball mill* disini adalah sebagai alat penghancur yang digunakan untuk penghalusan pasir silika. Bekerja pada sistem penghancuran material menggunakan 20 buah bola-bola penumbuk dalam sebuah tabung vertikal yang berputar searah jarum jam sehingga bola-bola penumbuk akan berputar pada sisi tabung kemudian menumbuk material yang akan di haluskan dan menyebabkan fragmentasi pada struktur material menjadi ukuran yang halus. Seperti yang terlihat pada gambar 3.4.



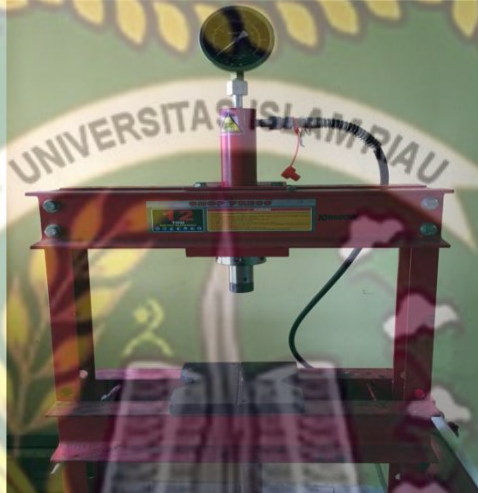
Gambar 3.4 *Planetary Ball Mill*

Spesifikasi mesin :

- Merek : *Planetary ball mill* tipe vertikal
- Daya motor : 1 hp 745 watt
- Putaran maksimal : 1440 rpm
- Kerangka : Besi UNP 5

2. *Pressure gauge*

Fungsi dari *Pressure gauge* disini digunakan sebagai alat pada pembuatan pelet silika.

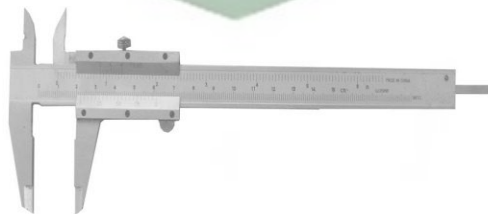


Gambar 3.5 Pressure Gauge

3. Jangka Sorong

Jangka sorong merupakan sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur suatu benda kerja.

Fungsinya yaitu sebagai alat pengukur diameter bola-bola penumbuk (*ball mill*). Seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Gambar. 3.6 Jangka Sorong

4. Ayakan (*Sieve*)

Ayakan merupakan sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur suatu benda kerja.

Fungsinya yaitu sebagai alat pengukur bahan pengujian (pasir silika). Seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Gambar. 3.7 Ayakan

5. Timbangan Digital

Timbangan digital adalah timbangan yang bekerja secara elektronis dengan tenaga listrik indikator timbangan ini berupa angka digital pada layar baca. Fungsinya yaitu sebagai alat ukur pasir silika. Seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.8 Timbangan Digital

6. Gelas Ukur

Gelas ukur adalah peralatan laboratorium umumnya digunakan untuk mengukur volume fluida. Fungsinya sebagai wadah untuk mengukur berat pasir silika. Seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.9 Gelas Ukur

7. *Timer*

Fungsi *timer* adalah untuk mengukur waktu dari proses penghalusan pasir silika. Seperti yang terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 *Timer*

8. Furnace Muffle

Peralatan yang digunakan sebagai proses sintering yaitu furnace, krusible graphite, klem (Penjepit) dan sarung tangan. Untuk spesifikasi alat tersebut dapat di uraikan pada gambar 3.10, 3.11, 3.12, dan 3.13 :

a. Furnace



Gambar 3.10 Muffle Furnace

Spesifikasi Bahan :

- Merek : Thermolyne Muffle Furnace 1500 °C
- Ukuran Produk : 1.3 Liter
- Kapasitas : 0.04 cu.ft., 1.3 Liter
- Kedalaman Interior : 13 cm
- Dimensi Interior : 13 x 10.3 x 9.8 cm
- Dimensi Exterior : 33 x 23 x 36 cm
- Konsumsi Daya : 1060 watt
- Suhu Range : 1500 °C
- Tegangan : 240 Volt

b. Krusible Graphite

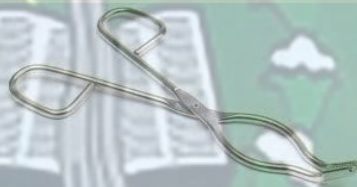


Gambar 3.11 *Krusible Grafite*

- Merek : Longtai
- Tempat Produksi : Shandong, Cina
- Komposisi : Carbon Campuran

- Model : LT
- Ketebalan : 3 mm
- Suhu Kerja : 1560 °C
- Bentuk : Silinder
- Ukuran : 85 x 105 x 75 mm
- Warna : Hitam
- Refraktori : 1630 °C
- Porositas : 32 %
- Tipe : Tanah Liat Grafit Wadah

c. Penjepit



Gambar 3.12 Penjepit krusibel

- Merek : Ansell
Ukuran panjang : 40 cm
Kegunaan : Untuk mengambil wadah yang tidak bisa dipegang

d. Sarung Tangan



Gambar 3.13 Sarung Tangan

- Merek : Ansell Hi – Flex
Kegunaan : Sebagai media penahan panas

9. SEM (*scanning electron microscopy*)

Alat uji mikrostruktur dan patikel size pada spesimen ini yaitu menggunakan *SEM – EDX*, Spesifikasi alat yang terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Alat Uji SEM – EDX

- Merek : Carl Zeiss Bruker EVO 50 Microscope
- Asal Produksi : Amerika Serikat
- MPN : EVO 50 VP
- Weight : 2000.00 Lbs
- Resolusi : 3 nm
- Observasi Axio (Height) : 65 cm
- Observasi Axio (Length) : 61 cm
- Observasi Axio (Weight) : 20 Kg
- Observasi Axio (Widht) : 39 cm
- Panjang Kabel : 300 cm
- Besar Rak Komponen : 60 cm
- Panjang Rak Komponen : 55 cm
- Berat Rak Komponen : 35 Kg
- Panjang Optik Kabel VIS : 300 cm
- Laser Module Height : 14.5 cm
- Laser Module Length : 40 cm
- Laser Module Widht : 25 cm

- Laser Module Weight : 10 kg

3.4.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri :

1.) Pasir silika (SiO_2)

Pasir silika disini digunakan sebagai bahan yang akan digunakan sebagai material penelitian. Seperti yang terlihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.15 Pasir silika

2.) Larutan PEG

Larutan PEG disini digunakan sebagai bahan yang akan digunakan sebagai bahan campuran serbuk hasil *milling* untuk pembuatan pelet silika. Seperti yang terlihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 larutan PEG

3.5. Metode pembuatan pellet silika

Langkah-langkah pembuatan pelet silika dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Menyiapkan semua bahan baku serbuk pasir silika dan Poli etilen glikol 400.

Berdasarkan cetakan yang digunakan dapat dihitung dengan VC (Volume cetakan) sebagai berikut :

1. Massa Jenis Pasir Kuarsa $= 2,65 \text{ g/cm}^3$

2. Massa Jenis Poli Etilen Glikol (PEG) 400 $= 1,13 \text{ g/cm}^3$

$$V_c = \pi \times r^2 \times t$$
$$= 3,14 \times 1,272^2 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ cm}$$

Berdasarkan massa jenis pada Pasir silika dan Poli Etilen Glikol sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan :

$$\rho = \text{Massa Jenis } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \text{ atau } \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

m = Massa (kg atau gr)

v = Volume (m^3 atau cm^3) (Archimedes, n.d.)

Untuk ρ Polietilen Glikol 400 dan Pasir silika sebanyak 100 %

1. ρ PEG 400 = $5,08 \text{ cm}^3 \times 1,13 \text{ g/cm}^3$

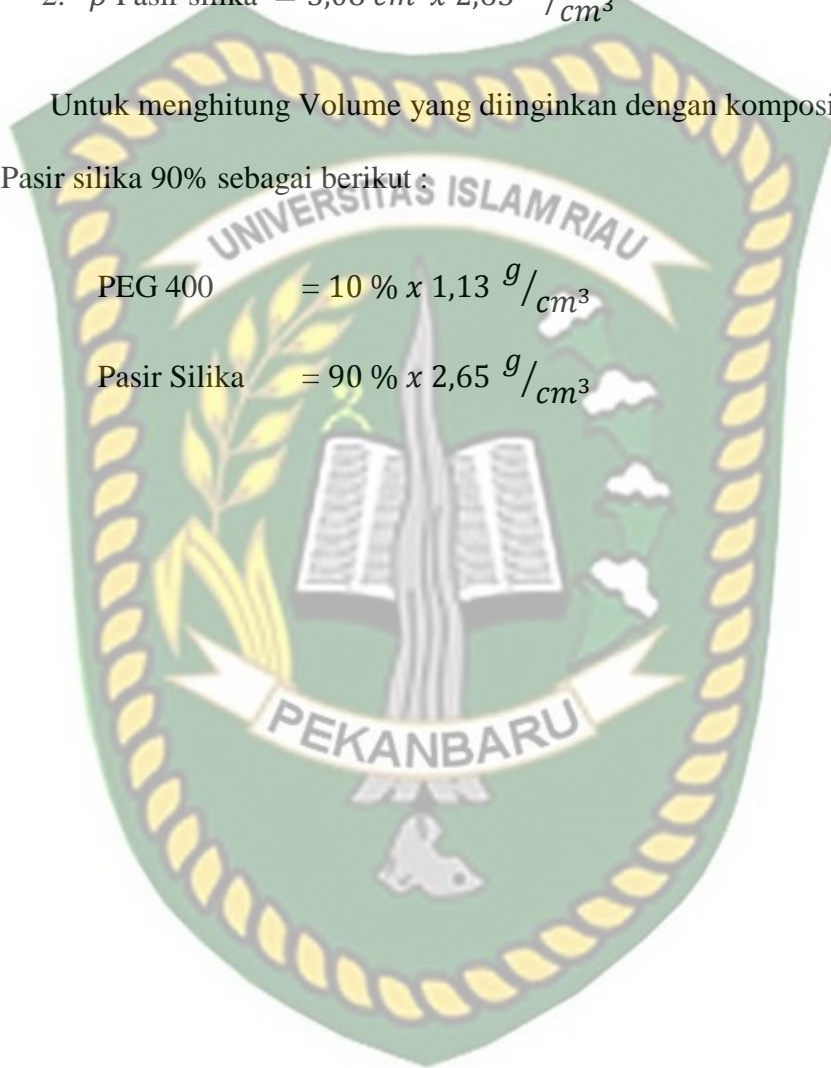
2. ρ Pasir silika = $5,08 \text{ cm}^3 \times 2,65 \text{ g/cm}^3$

Untuk menghitung Volume yang diinginkan dengan komposisi PEG

10% : Pasir silika 90% sebagai berikut :

PEG 400 = $10 \% \times 1,13 \text{ g/cm}^3$

Pasir Silika = $90 \% \times 2,65 \text{ g/cm}^3$



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan pengaruh variasi putaran mesin *planetary ball mill* terhadap penghalusan pasir silika ini melewati beberapa tahap pengujian diantaranya proses *milling* menggunakan mesin *planetary ball mill*, pembuatan pelet silika menggunakan *mold press*, proses sintering menggunakan *furnace*, serta pengujian mikrostruktur, partikel size, unsur dan mapping menggunakan SEM-EDX. Maka dari itu hasil pengujian ini dapat dilihat dari hasil pengujian yang diuraikan pada bagian berikut ini :

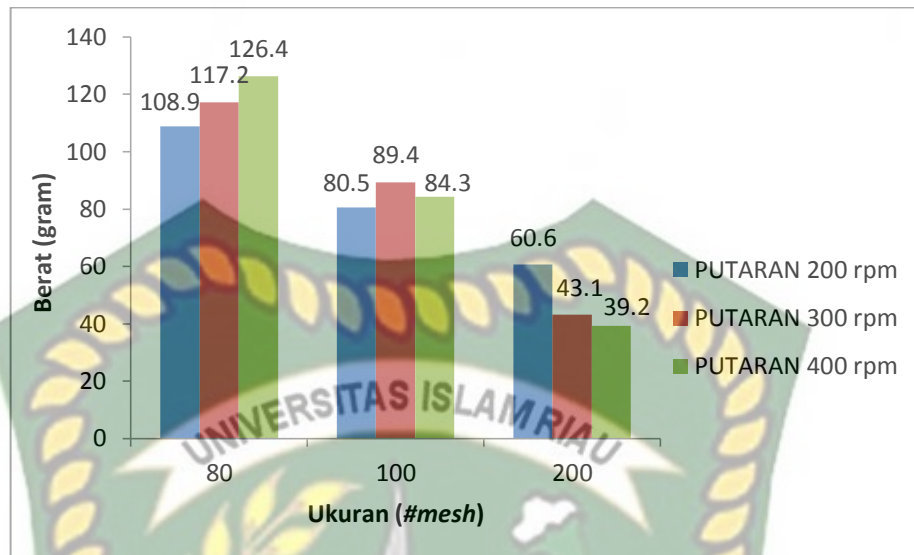
4.1 Proses *milling*

Proses *milling* ini dilakukan untuk menghaluskan pasir silika dengan putaran *milling* 200, 300 dan 400 *rpm* dengan jumlah bola penumbuk sebanyak 20 buah dan waktu *milling* selama 4 jam dengan berat pasir silika sebesar 250 *gram*. Maka dari itu hasil penghalusan pasir silika menggunakan mesin *planetary ball mill* ini dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 hasil serbuk pasir silika terhadap putaran mesin *ball mill*

Kecepatan (<i>rpm</i>)	Mesh #80 <i>Gram</i>	Mesh #100 <i>Gram</i>	Mesh #200 <i>Gram</i>
200	108,9	80,5	60,6
300	117,2	89,4	43,1
400	126,4	84,3	39,2

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa pada percobaan pertama putaran mesin 200 *rpm* sampai percobaan ketiga putaran 400 *rpm*, hasil tingkat kehalusan serbuk sangat berpengaruh terhadap putaran. Berat pasir silika terhadap ukuran (*mesh*) pada kecepatan putaran 200, 300, dan 400 *rpm* ditunjukkan pada gambar grafik gabungan 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hasil pasir silika setelah *milling*

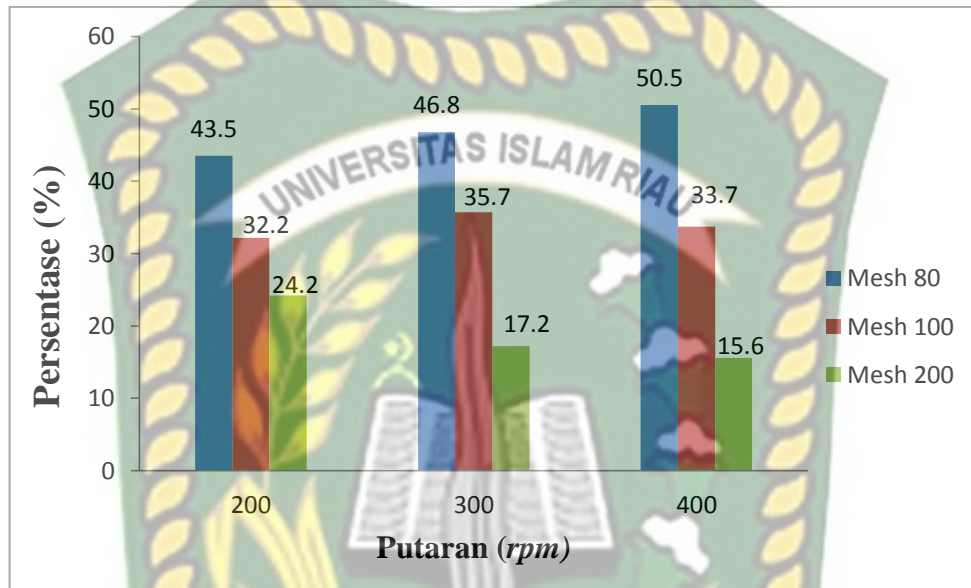
Kecepatan putaran mesin *ball mill* yang meningkat tidak secara signifikan meningkatkan persentase hasil, terbukti pada putaran 400 *rpm* hasil persentase menurun. Maka dari itu hasil persentase dari penghalusan pasir silika menggunakan mesin *ball mill* ini bisa dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Persentase hasil pengolahan pasir silika menggunakan mesin *ball mill*

Kecepatan (<i>rpm</i>)	Mesh #80 (%)	Mesh #100 (%)	Mesh #200 (%)
200	43,5	32,2	24,2
300	46,8	35,7	17,2
400	50,5	33,7	15,6

Pada tabel 4.2. Persentase *milling* pasir silika ini dipisah dengan mengayak serbuk pasir silika menggunakan ukuran *mesh* 80, 100, dan 200. Kecepatan putaran 200 *rpm* hasil persentase meningkat sebesar 7,3% pada ukuran *mesh* 80. Perlakuan yang sama pada putaran 300 *rpm* hasil persentase serbuk silika meningkat sebesar 3 % pada putaran 200 *rpm* dan 300 *rpm* lalu menurun sebesar

2 % pada putaran 400 rpm. Sementara pada putaran 400 rpm menurun sebesar 9 %. Kecepatan putaran mesin *ball mill* tidak mampu meningkatkan hasil persentase serbuk pasir silika pada ukuran *mesh* 200. Yang terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik persentase hasil *milling*

Dari gambar grafik 4.2 dapat dilihat pada percobaan pertama putaran mesin 200 rpm sampai percobaan ketiga pada putaran 400 rpm persentase hasil serbuk pasir silika yang lolos ayakan 200 mesh terbanyak pada putaran 200 rpm, dikarenakan semakin cepat putaran maka energi dan tingginya jatuh bola-bola penumbuk didalam mangkok (*bawl*) akan semakin kecil dan gesekan antara bola-bola penumbuk dengan bongkahan pasir silika yang semakin cepat (Azhari, 2017). Hal tersebut dapat dilihat dari hasil serbuk pasir silika yang di hasilkan menurun jumlahnya pada ukuran *mesh* 200.

4.2 Proses pembuatan pelet silika

Pada proses pembuatan pelet silika ini, serbuk pasir silika yang halus di aduk dalam wadah dengan campuran polietelin glikol dengan perbandingan 90 % serbuk silika dan 10 % PEG yang selanjutnya akan di cetak menggunakan *mold press* dengan beban sebesar 5 ton.

Volume cetakan *mold press*

$$\begin{aligned} Vc &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 1,272 \text{ cm}^2 \times 1,0 \text{ cm}^2 \\ &= 5,08 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan 100% PEG dan pasir silika

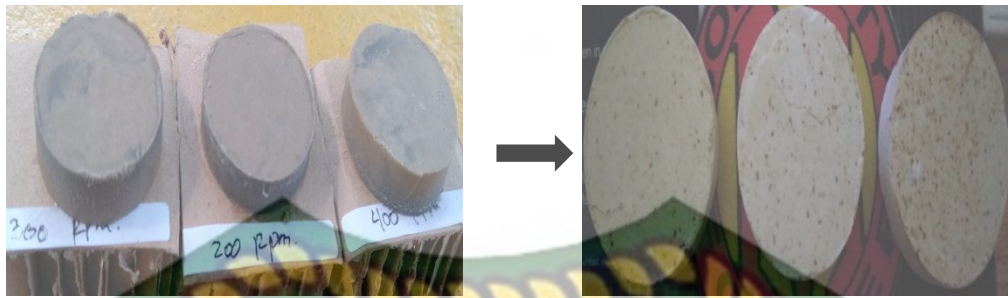
1. 100% PEG 400 = $5,08 \text{ cm}^3 \times 1,13 \text{ g/cm}^3$
= 5,74 gram
2. 100% pasir kuarsa = $5,08 \text{ cm}^3 \times 2,65 \text{ g/cm}^3$
= 13,46 gram

Perhitungan volume dengan komposisi PEG 10% dan serbuk silika 90% sebagai berikut :

1. PEG 400 = $10\% \times 5,74 \text{ gram}$
= 0,574 gram
2. Pasir silika = $90\% \times 13,46 \text{ gram}$
= 12,11 gram

4.3 Perlakuan panas

Perlakuan panas ini bertujuan untuk mensintering serbuk pasir silika dengan campuran PEG untuk pembuatan pellet silika, temperatur pada pengujian ini yaitu 1200° C dan holding time selama 4 jam yang terlihat pada gambar 4.3



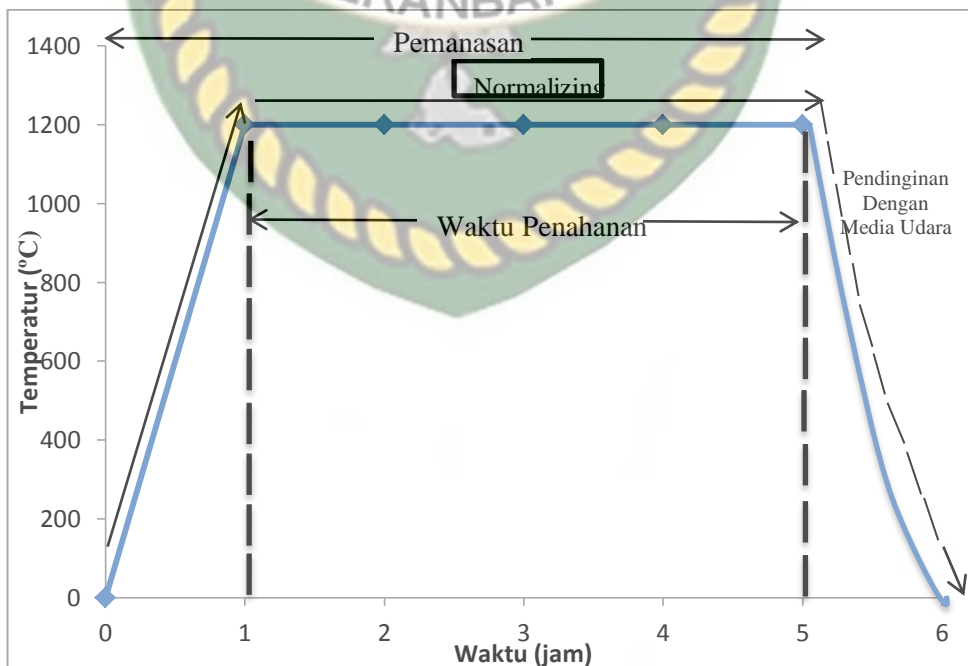
a. Sampel sebelum dipanaskan

b. Sampel sesudah dipanaskan

Gambar 4.3 gambar sampel sebelum dipanaskan dan sesudah dipanaskan

Dari hasil pengamatan perlakuan panas pada gambar 4.3 bahwasanya perubahan dari spesimen tersebut yaitu berubahnya warna sebelumnya dari coklat kehitaman menjadi coklat kekuningan dan berubah menjadi gumpalan yang keras setelah diberikan perlakuan panas dengan temperatur 1200 °C dan waktu 4 jam.

Saat proses pemanasan terhadap spesimen pellet silika ada skema siklus temperatur dan waktu dari pemanasan secara normalizing atau pemanasan spesimen dengan pendinginan di udara. Siklus ini dapat diuraikan pada gambar grafik 4.4.



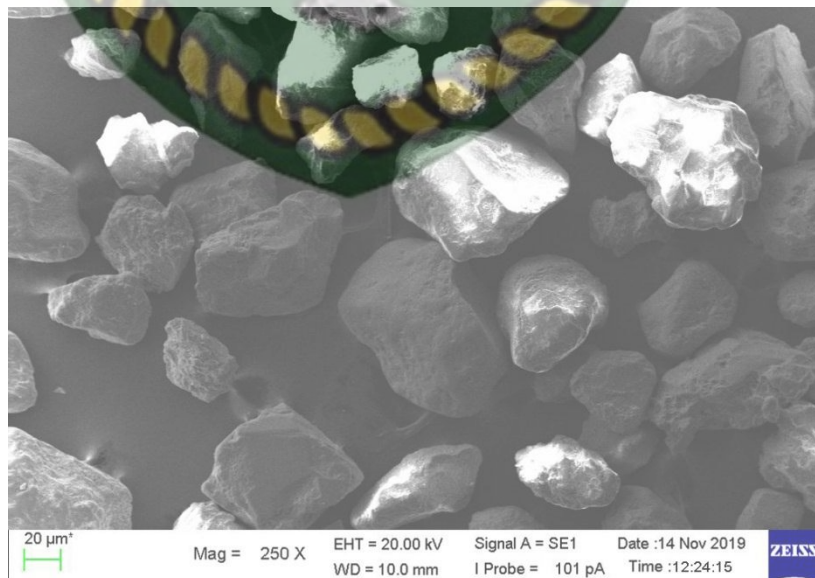
Gambar 4.4 Grafik Perlakuan Panas pada Temperatur 1200°C

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.4 bahwasanya pemanasan lambat yang dimulai dari suhu ruangan (*Furnace*) mencapai temperatur 1200 °C dengan waktu 1 jam. Setelah temperatur mencapai 1200 °C, maka temperatur pemanasan ditahan kembali selama 4 jam. Setelah penahanan temperatur selesai maka spesimen tersebut didinginkan pada udara terbuka selama 1 jam.

4.4 Uji mikro struktur

Uji mikro struktur pada sampel ini bertujuan untuk melihat perubahan struktur mikro pada sampel pasir silika dan pelet silika. Sampel yang akan di uji yaitu pasir silika sebelum di *milling* dengan ukuran *mesh* 40 dengan pembesaran 20 μm^2 , Mag 250 KX, EHT 20.00 kV, WD 10.0 mm, Jenis Signal SE1 dan Probe 101 pA, pasir siika setelah di *milling* dengan putaran 200 *rpm*, pasir siika yang di *milling* dengan putaran 300 *rpm*, pasir siika yang di *milling* dengan putaran 400 *rpm*, pelet silika pada putaran 200 *rpm*, pelet silika dengan putaran 300 *rpm* dan pelet silika dengan putaran 400 *rpm*. Dari hasil gambar SEM – EDX dengan pembesaran 2 μm^2 , Mag 5.00 KX, EHT 20.00 kV, WD 11.5 mm, Jenis Signal SE1 dan Probe 101 pA dapat dilihat pada gambar 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, dan 4.13.

a. Topografi sampel sebelum di *milling*



Gambar 4.5 Struktur mikro sampel sebelum di *miling*

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.5 bentuk struktur mikro pasir silika sebelum di *milling* masih berbentuk bongkahan – bongkahan yang tidak beraturan ukuran partikelnya berkisar sekitar 215 μm - 498 μm .

b. Topografi sesudah *milling* ukuran *mesh* 80



Gambar 4.6 mikro struktur *mesh* 80

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.6 bentuk struktur mikro pasir silika setelah *milling* ukuran *mesh* 80 berbentuk bongkahan – bongkahan yang tidak beraturan, yang sudah mulai mengecil di bandingkan ukuran sebelum *milling* ukuran partikelnya berkisar 170 μm sampai 330 μm .

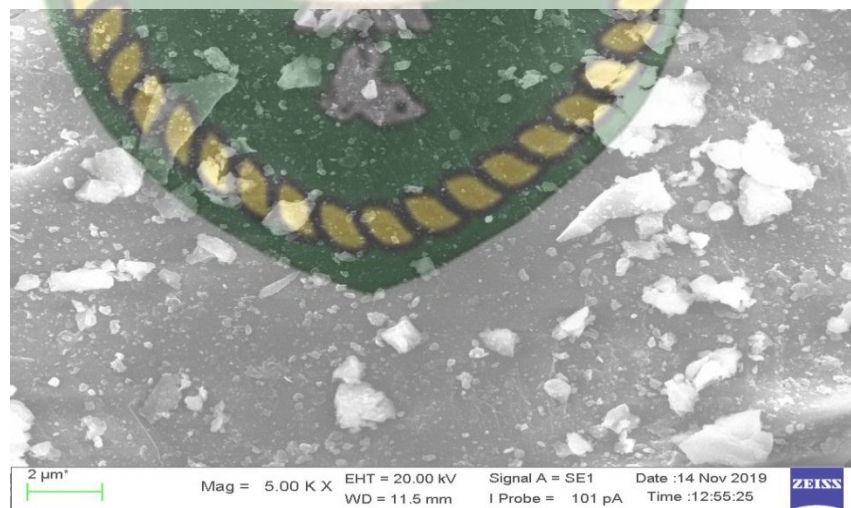
c. Topografi sesudah *milling* ukuran *mesh* 100



Gambar 4.7 mikro struktur *mesh* 100

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.7 bentuk struktur mikro pasir silika setelah *milling* ukuran *mesh* 100 berbentuk bongkahan – bongkahan yang tidak beraturan, yang sudah mulai mengecil di bandingkan ukuran *mesh* 80 ukuran partikelnya berkisar 130 μm sampai 193 μm .

d. Topografi sampel sesudah *milling* dengan putaran 200 rpm



Gambar 4.8 Struktur mikro sampel sesudah di *miling* putaran 200 rpm

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.8 bentuk struktur mikro pasir silika sesudah di *milling* dengan putaran 200 *rpm* berbentuk bongkahan dan butiran pipih yang terpisah ukuran partikelnya 12 nm sampai 78 nm.

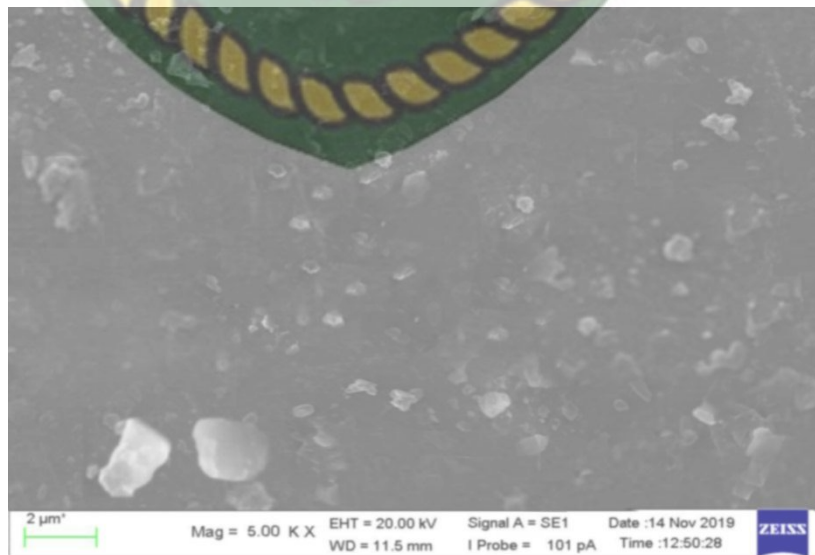
e. Topografi sampel sesudah *milling* dengan putaran 300 *rpm*



Gambar 4.9 Struktur mikro sampel sesudah di *miling* putaran 300 *rpm*

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.9 bentuk struktur mikro pasir silika sesudah di *milling* dengan putaran 300 *rpm* berbentuk bongkahan dan butiran pipih yang terpisah ukuran partikelnya 82 nm sampai 182 nm.

f. Topografi sampel sesudah *milling* dengan putaran 400 *rpm*



Gambar 4.10 Struktur mikro sampel sesudah di *miling* putaran 400 *rpm*

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.10 bentuk struktur mikro pasir silika sesudah di *milling* dengan putaran 400 *rpm* berbentuk bongkahan dan butiran pipih yang terpisah ukuran partikelnya 162 nm sampai 269 nm.

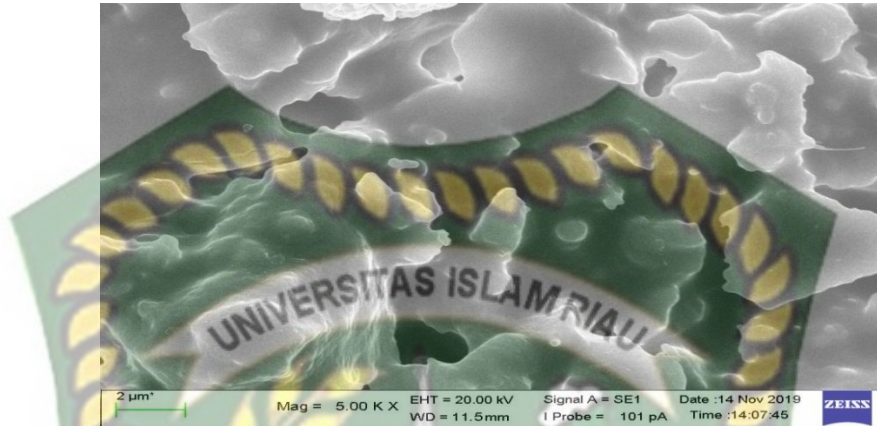
- g. Topografi sampel pellet silika sesudah pemanasan 1200° c pada putaran 200 *rpm*



Gambar 4.11 Struktur mikro sampel pelet silika pemanasan 1200° c pada putaran 200 *rpm*

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.11 bentuk struktur mikro pelet silika pada putaran 200 *rpm* sesudah di sintering menggunakan furnace dengan temperatur 1200° C menghasilkan mikro struktur berbentuk gumpalan - gumpalan yang tidak teratur dari sampel tersebut ukuran partikel berkisar 53 nm sampai 96 nm.

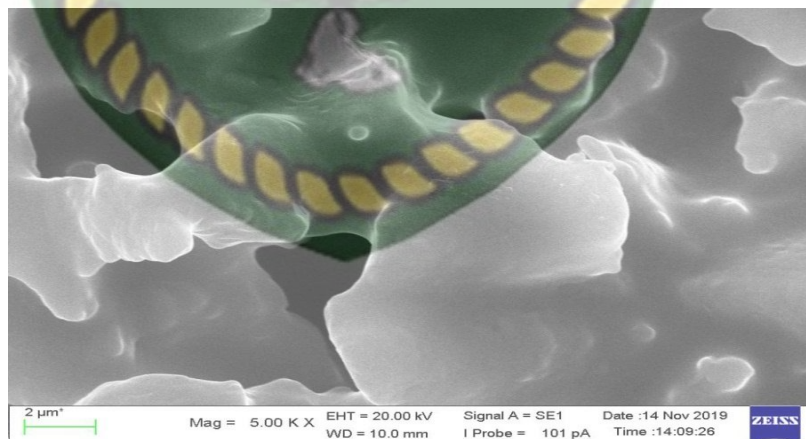
- h. Topografi sampel pellet silika sesudah pemanasan 1200° c pada putaran 300 rpm



Gambar 4.12 Struktur mikro sampel pelet silika pemanasan 1200° c pada putaran 300 rpm

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.12 bentuk struktur mikro pelet silika pada putaran 300 rpm sesudah di sintering menggunakan furnace dengan temperatur 1200° C berbentuk gumpalan - gumpalan yang tidak teratur dari sampel tersebut ukuran partikel berkisar 134 nm sampai 205 nm.

- i. Topografi sampel pellet silika sesudah pemanasan 1200° c pada putaran 400 rpm



Gambar 4.13 Struktur mikro sampel pelet silika pemanasan 1200° c pada putaran 400 rpm

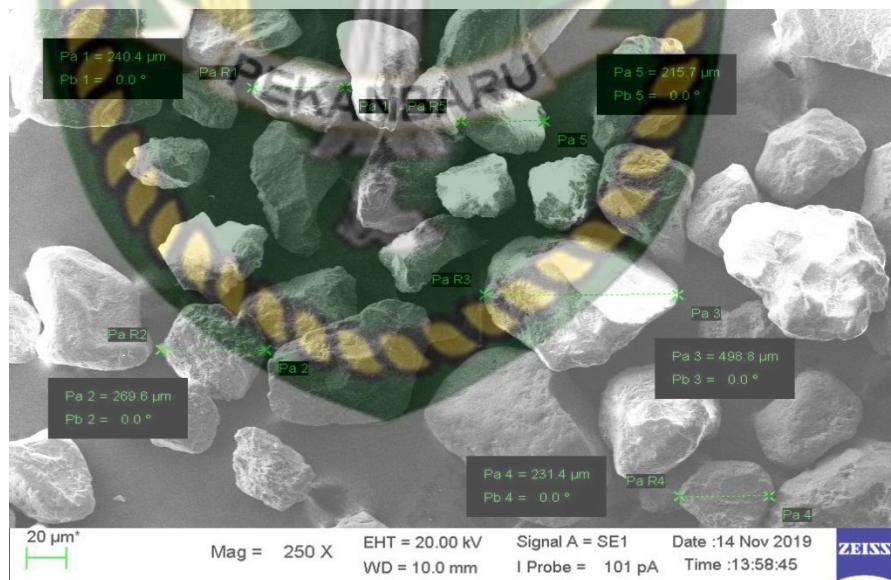
Dari hasil pengamatan pada gambar 4.12 bentuk struktur mikro pelet silika pada putaran 400 rpm sesudah di sintering menggunakan furnace

dengan temperatur 1200° C berbentuk yang sudah mulai menggumpal dari sampel tersebut ukuran partikel berkisar 244 nm sampai 295 nm.

4.5 Partikel size

Pengamatan partikel size pada sampel ini bertujuan untuk melihat ukuran pada sampel pasir silika dan pelet silika. Sampel yang akan diamati yaitu pasir silika yang belum di *milling* dengan ukuran *mesh* 40, pasir siika setelah di *milling* dengan putaran 200 *rpm*, pasir siika setelah di *milling* dengan putaran 300 *rpm*, pasir siika setelah di *milling* dengan putaran 400 *rpm*, pelet silika dengan putaran *milling* 200 *rpm*, pelet silika dengan putaran *milling* 300 *rpm* dan pelet silika dengan putaran *milling* 400 *rpm*. Dari hasil gambar SEM – EDX dengan pembesaran 2 μm^2 , Mag 5.00 KX, EHT 20.00 kV, WD 11.5 mm, Jenis Signal SE1 dan Probe 101 pA dapat dilihat pada gambar 4.14, 4.16, 4.18, 4.20, 4.22, 4.24, 4.26, 4.28, dan 4.30.

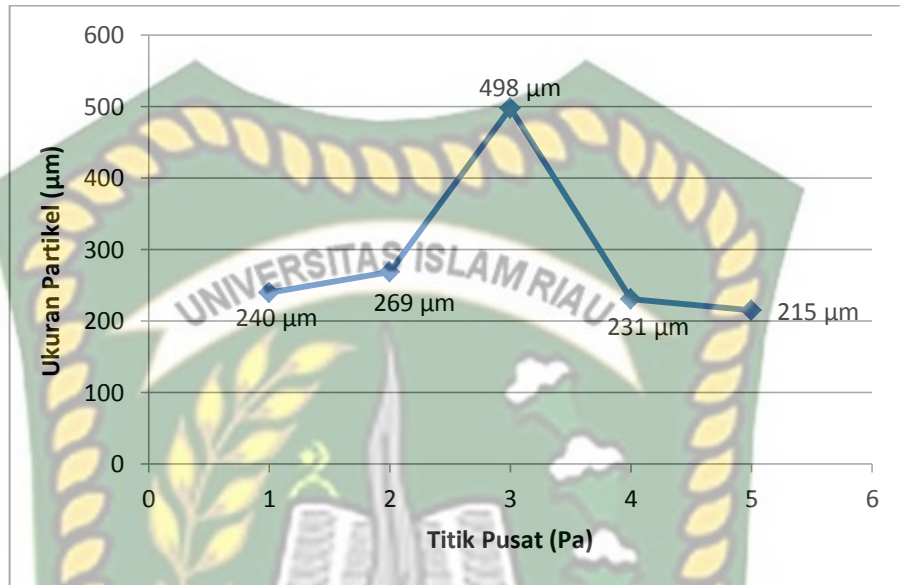
a. Pengamatan ukuran partikel sampel sebelum di *milling*



Gambar 4.14 Partikel size pasir silika sebelum di *milling*

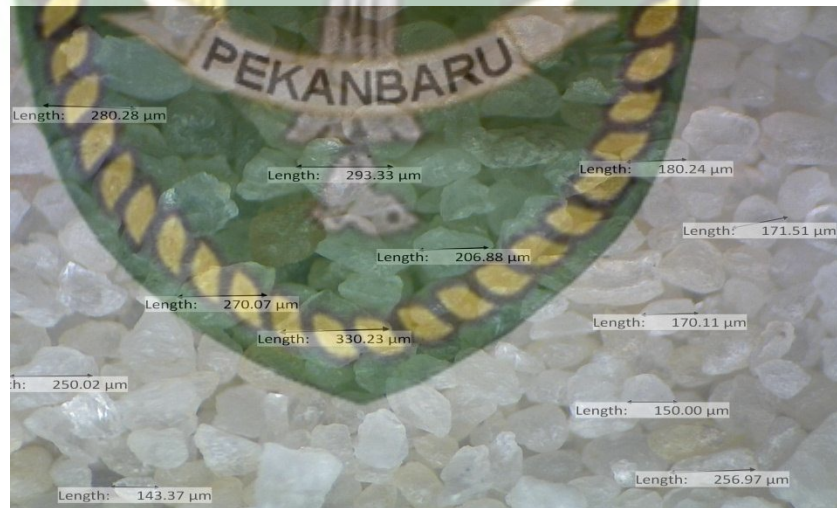
Dari hasil pengamatan pada gambar 4.14 ukuran partikel size pasir silika sebelum di *milling* pada Pa 1 berukuran 240,4 μm , Pa 2 berukuran 269,6

μm , Pa 3 berukuran $498,8 \mu\text{m}$, Pa 4 berukuran $231,4 \mu\text{m}$, Pa 5 berukuran $215,7 \mu\text{m}$. Yang dapat dilihat pada grafik 4.14.



Gambar 4.15 Grafik ukuran partikel sebelum milling

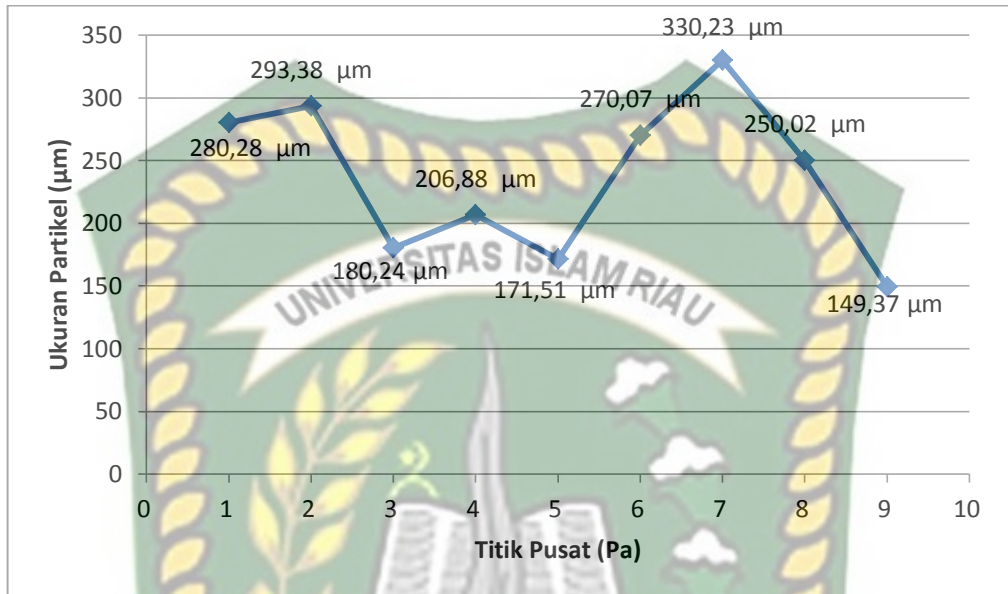
b. Pengamatan ukuran partikel size serbuk silika ukuran *mesh* 80



Gambar 4.16 Partikel size serbuk silika ukuran *mesh* 80

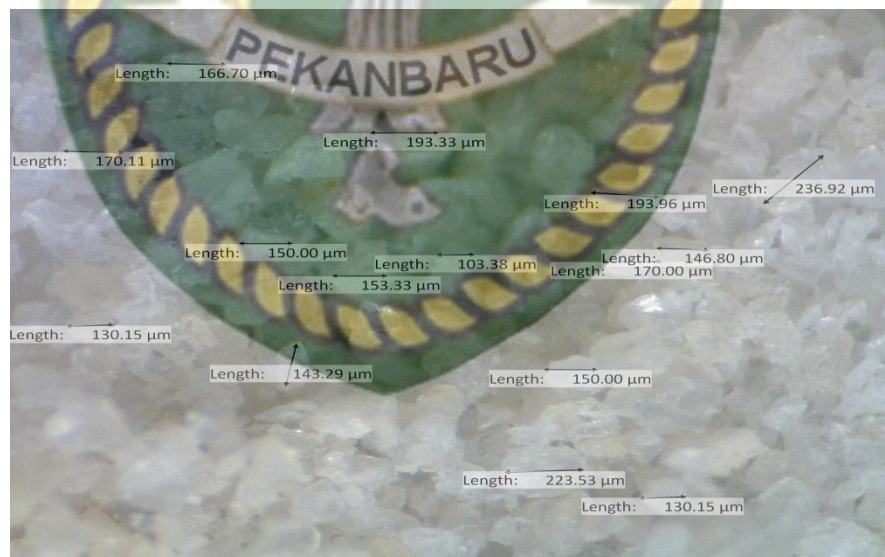
Dari hasil pengamatan pada gambar 4.16 ukuran partikel size pasir silika setelah di *milling* ukuran *mesh* 80 pada Pa 1 berukuran $280,28 \mu\text{m}$, Pa 2 berukuran $293,38 \mu\text{m}$, Pa 3 berukuran $180,24 \mu\text{m}$, Pa 4 berukuran $206,88 \mu\text{m}$, Pa 5 berukuran $171,51 \mu\text{m}$, Pa 6 berukuran $270,07 \mu\text{m}$, Pa 7 berukuran $330,23$

μm , Pa 8 berukuran $250,02 \mu\text{m}$, Pa 9 berukuran $149,37 \mu\text{m}$. Yang dapat dilihat pada grafik 4.17.



Gambar 4.17 Grafik ukuran partikel pada *mesh* 80

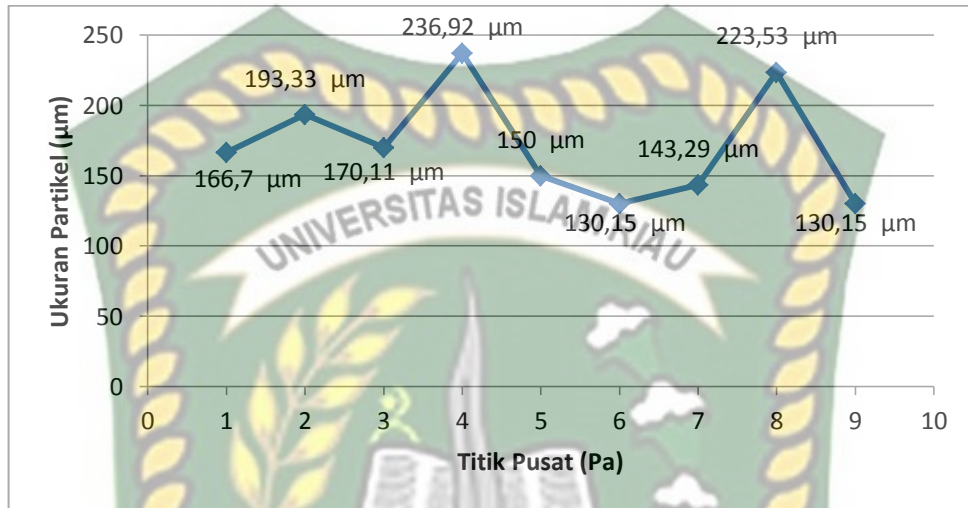
c. Pengamatan ukuran partikel size serbuk silika ukuran *mesh* 100



Gambar 4.18 Partikel size serbuk silika ukuran *mesh* 100

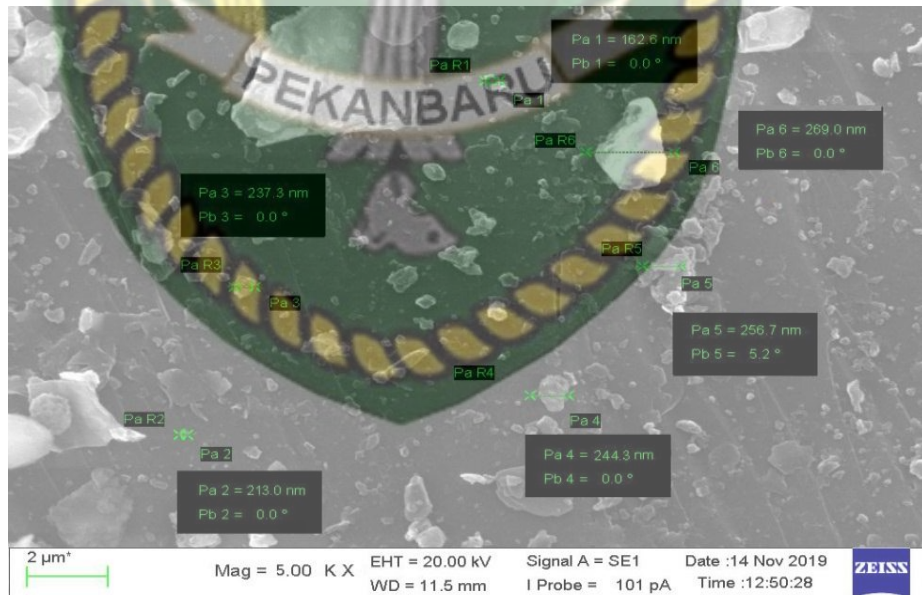
Dari hasil pengamatan pada gambar 4.18 ukuran partikel size pasir silika setelah di *milling* ukuran *mesh* 100 pada Pa 1 berukuran $166,70 \mu\text{m}$, Pa 2 berukuran $193,33 \mu\text{m}$, Pa 3 berukuran $170,11 \mu\text{m}$, Pa 4 berukuran $236,92$

μm , Pa 5 berukuran $150,00 \mu\text{m}$, Pa 6 berukuran $130,15 \mu\text{m}$, Pa 7 berukuran $143,29 \mu\text{m}$, Pa 8 berukuran $223,53 \mu\text{m}$, Pa 9 berukuran $130,15 \mu\text{m}$. Yang dapat dilihat pada grafik 4.19.



Gambar 4.19 Grafik ukuran partikel pada *mesh* 100

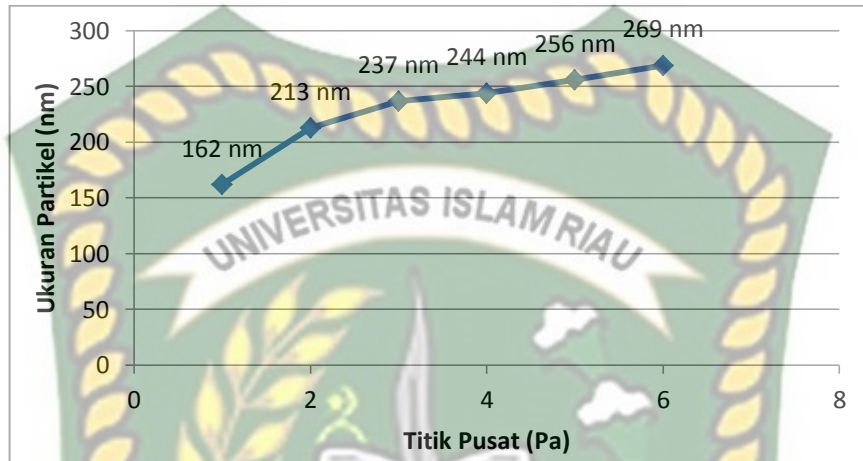
d. Pengamatan ukuran partikel size serbuk silika pada putaran 200 rpm



Gambar 4.20 Partikel size serbuk silika setelah di *milling* pada putaran 200 rpm

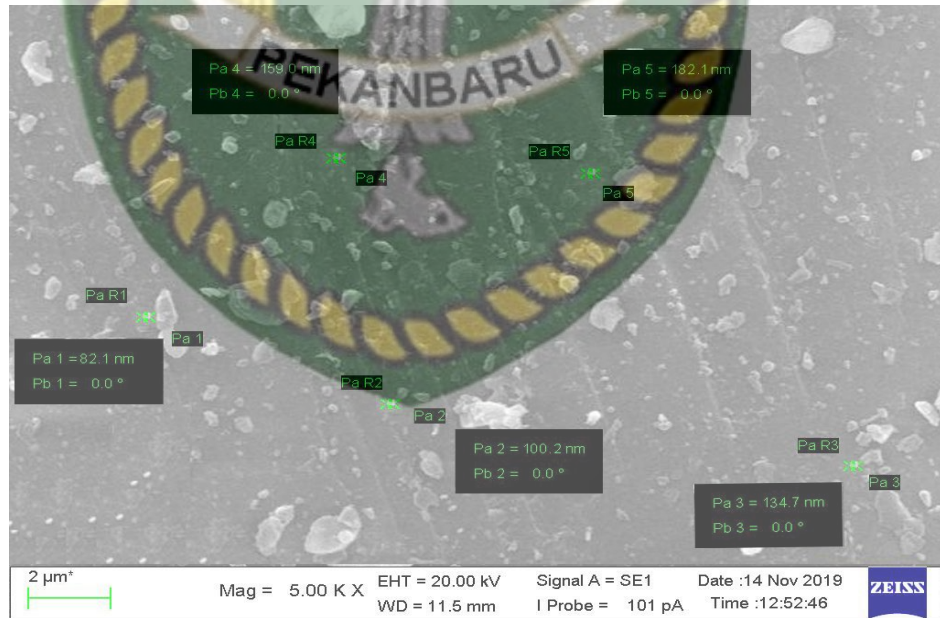
Dari hasil pengamatan pada gambar 4.20 ukuran partikel size pasir silika sesudah di *milling* dengan putaran 200 rpm pada Pa 1 berukuran $162,6$

nm, Pa 2 berukuran 213,0 nm, Pa 3 berukuran 237,3 nm, Pa 4 berukuran 244,3 nm, Pa 5 berukuran 256,7 nm, Pa 6 berukuran 269,0 nm Yang terlihat pada gambar 4.17.



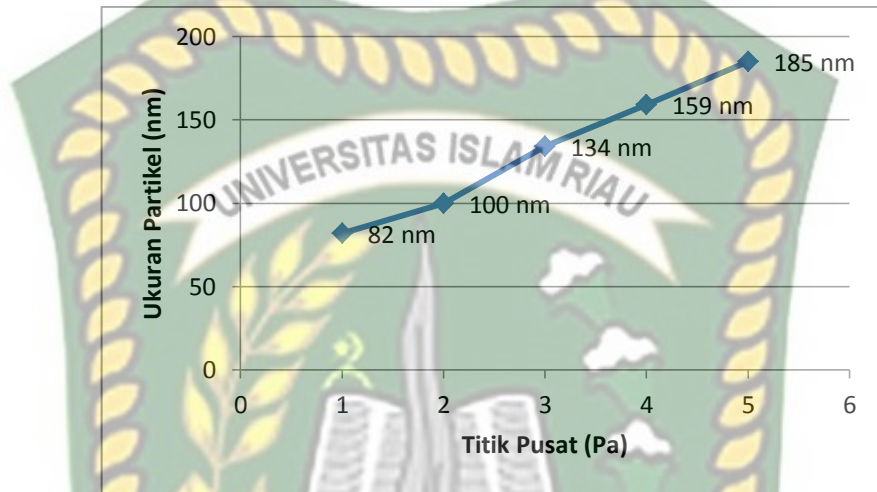
Gambar 4.21 Grafik partikel size serbuk silika setelah di *milling* putaran 200 rpm

e. Pengamatan ukuran patikel size serbuk silika pada putaran 300 rpm



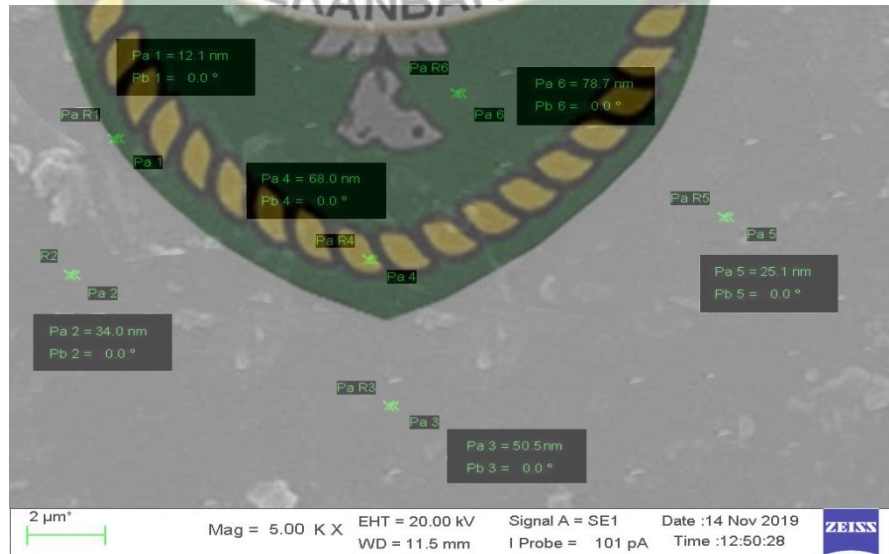
Gambar 4.22 Partikel size serbuk silika setelah di *milling* pada putaran 300 rpm

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.22 ukuran partikel size pasir silika sesudah di *milling* dengan putaran 300 *rpm* pada Pa 1 berukuran 82,1 nm, Pa 2 berukuran 100,2 nm, Pa 3 berukuran 134,7 nm, Pa 4 berukuran 159,0 nm, Pa 5 berukuran 182,1 nm. Yang terlihat pada grafik 4.23.



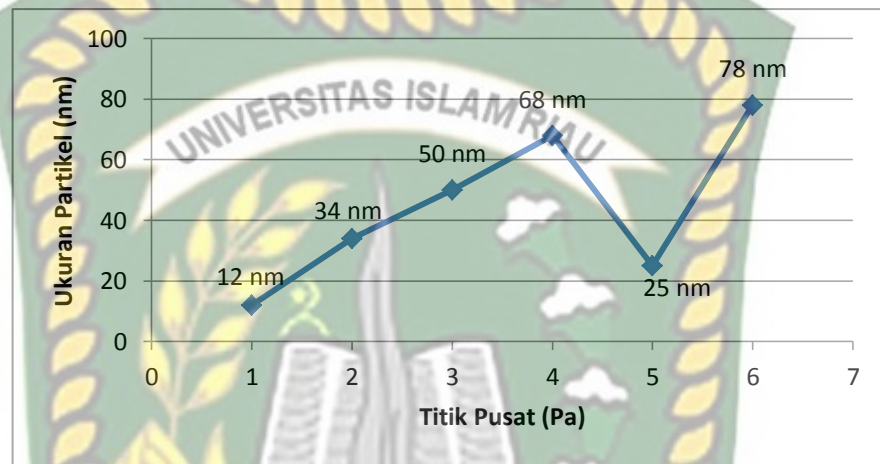
Gambar 4.23 Partikel size serbuk silika setelah di *milling* pada putaran 300 *rpm*

f. Pengamatan ukuran partikel size serbuk silika pada putaran 400 *rpm*



Gambar 4.24 partikel size serbuk silika setelah di *milling* pada putaran 400 *rpm*

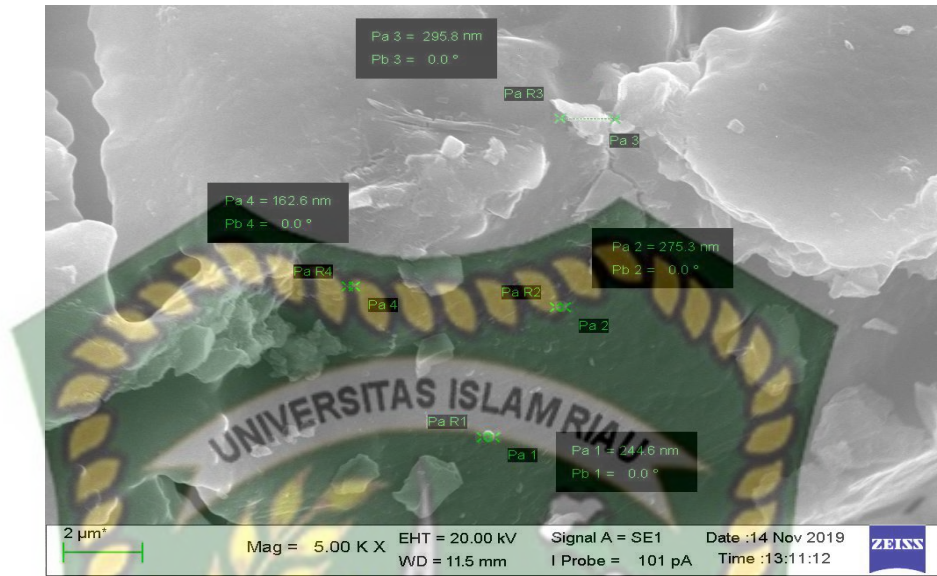
Dari hasil pengamatan pada gambar 4.24 ukuran partikel size pasir silika sesudah di *milling* dengan putaran 400 *rpm* pada Pa 1 berukuran 12,1 nm, Pa 2 berukuran 34,0 nm, Pa 3 berukuran 50,5 nm, Pa 4 berukuran 68,0 nm, Pa 5 berukuran 25,1 nm, Pa 6 berukuran 78,7 nm. Yang terlihat pada grafik 4.21



Gambar 4.25 grafik partikel size serbuk silika setelah di *milling* pada putaran 400 *rpm*

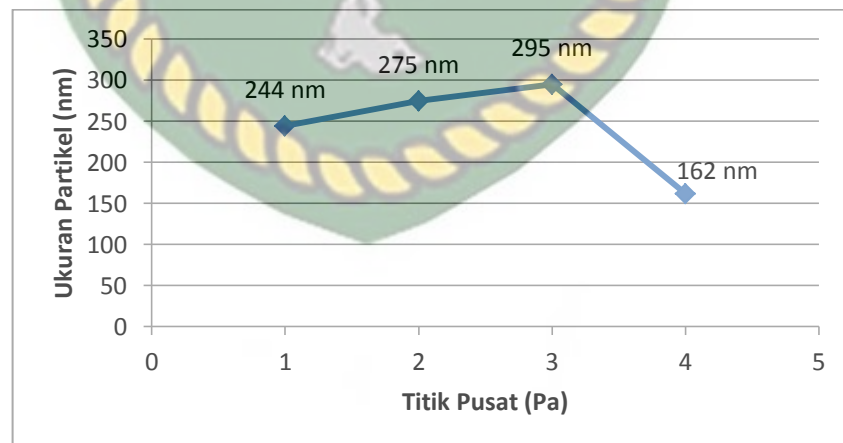
Hasil pengamatan partikel size pasir silika setelah *dimilling* pada putaran 200 *rpm*, 300 *rpm*, dan 400 *rpm* menggunakan SEM - EDX terlihat bahwa variasi putaran mempengaruhi tingkat kehalusan. Pasir silika paling halus terdapat pada putaran 400 *rpm* dengan ukuran partikel sebesar 12 nm - 78 nm.

- g. Pengamatan ukuran partikel size sampel pellet silika sesudah pemanasan 1200° c pada putaran 200 *rpm*



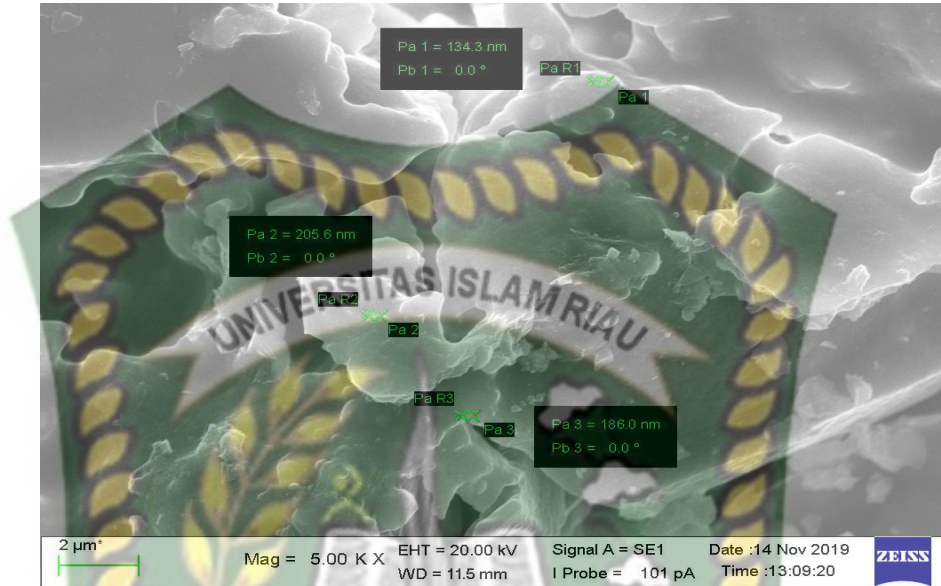
Gambar 4.26 partikel size pelet silika setelah di *milling* pada putaran 200 *rpm*

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.26 ukuran partikel size pelet silika setelah di sintering menggunakan *furnace* dengan temperatur 1200°c dengan putaran *milling* 200 *rpm* pada Pa 1 berukuran 244,6 nm, Pa 2 berukuran 275,3 nm, Pa 3 berukuran 295,8 nm, Pa 4 berukuran 162,6 nm. Yang terlihat pada grafik 4.27.



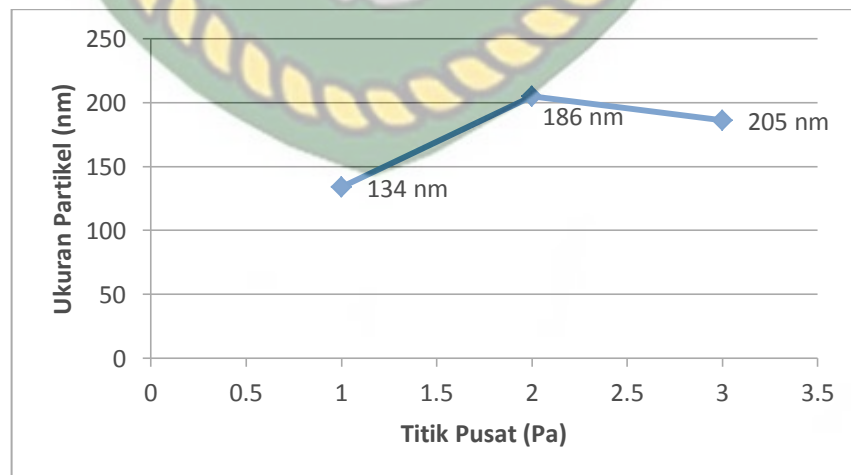
Gambar 4.27 partikel size pelet silika setelah di *milling* pada putaran 200 *rpm*

- h. Pengamatan ukuran partikel size sampel pellet silika sesudah pemanasan 1200°C pada putaran 300 rpm



Gambar 4.28 partikel size pelet silika setelah di *milling* pada putaran 300 rpm

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.28 ukuran partikel size pelet silika setelah di sinteing menggunakan *furnace* dengan temperatur 1200°C dengan putaran *milling* 300 rpm pada Pa 1 berukuran $134,3\text{ nm}$, Pa 2 berukuran $205,6\text{ nm}$, Pa 3 berukuran $186,0\text{ nm}$. Yang terlihat pada grafik 4.25.



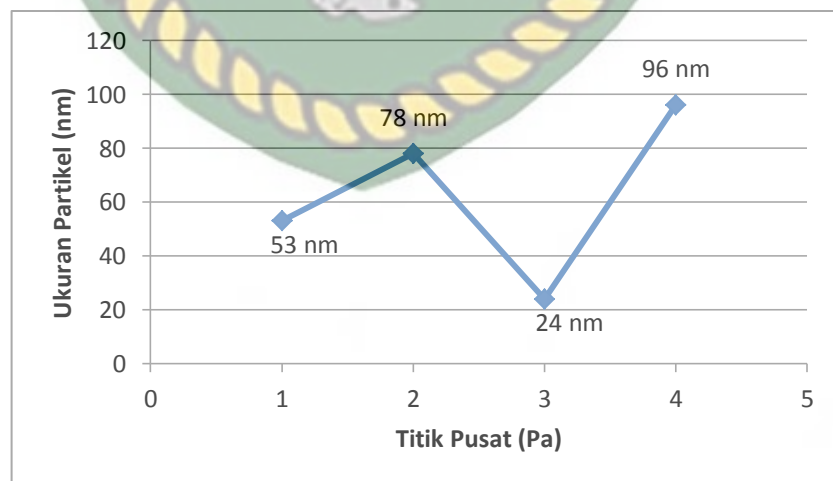
Gambar 4.29 partikel size pelet silika setelah di *milling* pada putaran 300 rpm

- i. Pengamatan ukuran partikel size sampel pellet silika sesudah pemanasan 1200° c pada putaran 400 rpm



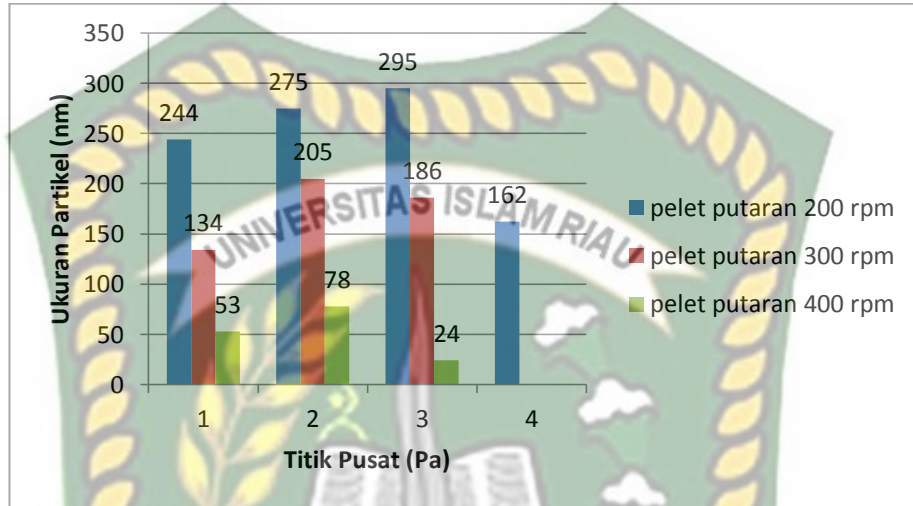
Gambar 4.30 partikel size pelet silika setelah di *milling* pada putaran 400 rpm

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.30 ukuran partikel size pelet silika setelah di sintering menggunakan *furnace* dengan temperatur 1200° c dengan putaran *milling* 400 rpm pada Pa 1 berukuran 53,33 nm, Pa 2 berukuran 78,6 nm, Pa 3 berukuran 24,3 nm, Pa 4 berukuran 96,8 nm. Yang terlihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.31 partikel size pelet silika setelah di *milling* pada putaran 400 rpm

Dari hasil pengamatan SEM – EDX terlihat bahwa pellet silika yang di sintering menggunakan funace dengan temperatur 1200° C mempengaruhi ukuran partikel size pasir silika yang terlihat pada gambar 4.32.



Gambar 4.32 Ukuran partikel size pellet silika setelah di sintering dengan temperatur 1200° C

4.6 Uji kandungan unsur pasir silika dan pelet silika

Analisa kandungan logam dan non logam pada sampel serbuk silika maupun pada pelet silika perlu di ketahui dan juga melihat kandungan silikon pada sampel tersebut agar kandungan silikon tersebut bisa di aplikasikan pada industri pembuatan panel surya dan *fuel cell*. Kandungan logam yang terkandung pada sampel ini yaitu C, O, Al, Si, dan Fe. kandungan logam dan non logam inilah yang berfungsi sebagai pembuatan material.

a. Sampel sebelum *milling*

Tabel 4.3 kandungan unsur sampel sebelum *milling*

NO	Unsur logam	Nama unsur	Nilai Kandungan (%)
1	C	Carbon	6,90
2	O	Oksigen	43,83
3	Si	Silikon	42,50
4	Al	Alumunium	2,44
5	Fe	Iron	3,96

Pada tabel 4.3 terlihat pasir silika sebelum di *milling* memiliki unsur carbon (C) Kandungan carbon yaitu sebesar 6,90%, unsur oksigen (O) sebesar 43,83%, unsur aluminium (Al) sebesar 2,44%. Unsur silikon sebesar 42,50%, unsur iron (Fe) sebesar 3,96%.

b. Sampel setelah *milling* putaran 200, 300 dan 400 *rpm*

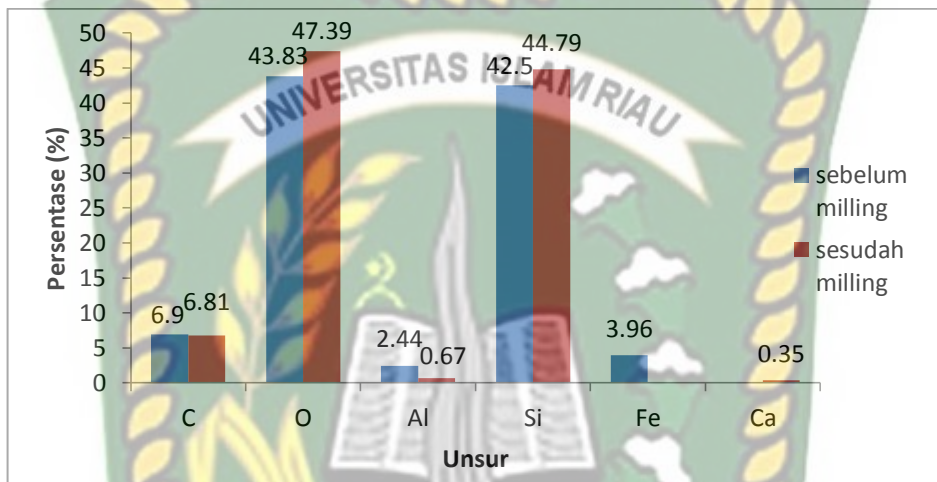
Tabel 4.4 kandungan unsur sampel setelah *milling*

NO	Unsur logam	Nama unsur	Nilai Kandungan (%)
1	C	Carbon	6,81
2	O	Oksigen	47,39
3	Si	Silikon	44,79
4	Al	Alumunium	0,67
5	Ca	Calcium	0,35

Pada tabel 4.3 terlihat pasir silika setelah di *milling* memiliki unsur carbon (C) Kandungan carbon yaitu sebesar 6,81%, unsur oksigen (O)

sebesar 44,39%, unsur aluminium (Al) sebesar 0,67%. Unsur silikon sebesar 44,79%, unsur kalsium (Ca) sebesar 0,35%.

Dari hasil pengamatan SEM – EDX kandungan unsur yang terdapat didalam pasir silika sebelum *milling* dan setelah *milling*. Memiliki kandungan unsur logam dan non logam seperti yang terlihat pada grafik 4.33.



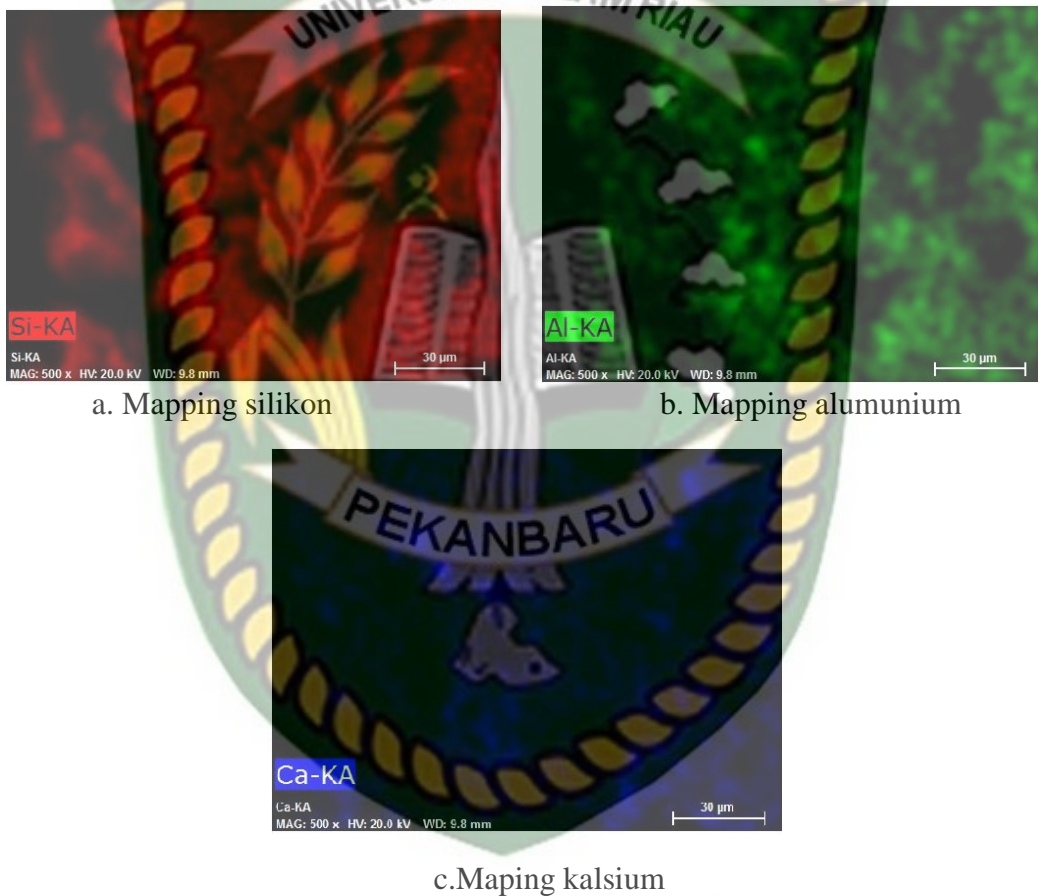
Gambar 4.33 Grafik gabungan unsur pasir silika sebelum *milling* dan setelah *milling*

- c. sampel pelet silika setelah pemanasan 1200° c pada putaran 200 rpm

Tabel 4.5 kandungan unsur sampel pellet silika putaran 200 rpm

NO	Unsur logam	Nama unsur	Nilai Kandungan (%)
1	C	Carbon	5,79
2	O	Oksigen	50,04
3	Si	Silikon	42,99
4	Al	Aluminium	0,76
5	Ca	calcium	0,51

Pada tabel 4.5 terlihat pelet silika setelah di *milling* putaran 200 *rpm* memiliki unsur carbon (C) Kandungan carbon yaitu sebesar 5,79%, unsur oksigen (O) sebesar 50,04%, unsur aluminium (Al) sebesar 0,76%. Unsur silikon sebesar 42,99%, kalsium (Ca) sebesar 0,51%. Penyebaran unsur logam dan non logam yang terkandung di dalam pelet silika terlihat merata yang terlihat pada gambar 4.34 hasil mapping pelet silika putaran 200 *rpm*. (a) silikon, (b) alumunium, (c) kalsium.



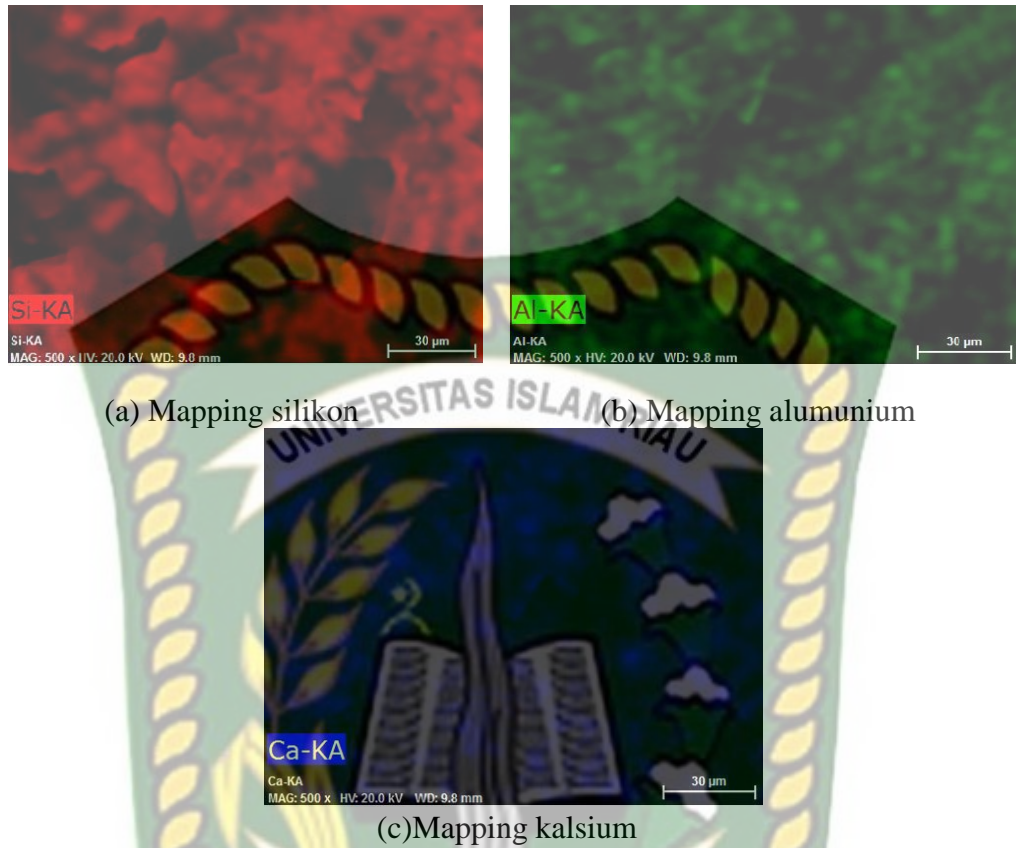
Gambar 4.34 Hasil mapping pelet silika putaran 200 *rpm*

d. sampel pelet silika sesudah pemanasan 1200° c pada putaran 300 rpm

Tabel 4.6 kandungan unsur sampel setelah *milling* putaran 300 rpm

NO	Unsur logam	Nama unsur	Nilai Kandungan (%)
1	C	Carbon	6,84
2	O	Oksigen	50,18
3	Si	Silikon	41,52
4	Al	Alumunium	0,66
5	Ca	Calcium	0,50

Pada tabel 4.6 terlihat pelet silika setelah di *milling* putaran 300 rpm memiliki unsur carbon (C) Kandungan carbon yaitu sebesar 6,84%, unsur oksigen (O) sebesar 50,18%, unsur aluminium (Al) sebesar 0,76%. Unsur silikon sebesar 41,52%, kalsium (Ca) sebesar 0,50%. Penyebaran unsur logam dan non logam yang terkandung di dalam pelet silika terlihat merata yang terlihat pada gambar 4.35 hasil mapping pelet silika putaran 300 rpm. (a) silikon, (b) alumunium, (c) kalsium.



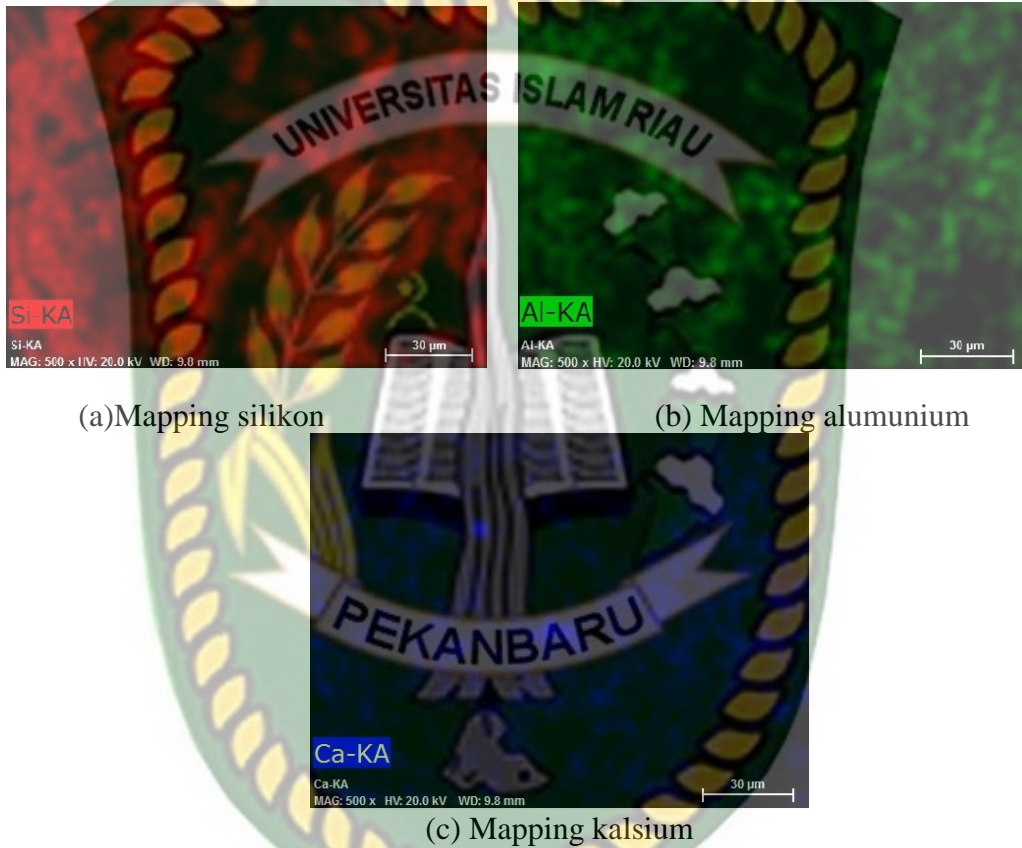
Gambar 4.35 hasil mapping pelet silika putaran 300 rpm

- e. sampel pelet silika sesudah pemanasan 1200° c pada putaran 400 rpm
 tabel 4.7 kandungan unsur sampel setelah *milling* putaran 400 rpm

NO	Unsur logam	Nama unsur	Nilai Kandungan (%)
1	C	Carbon	8,61
2	O	Oksigen	49,63
3	Si	Silikon	39,68
4	Al	Aluminium	0,80
5	Ca	Calcium	1,28

Pada tabel 4.7 terlihat pelet silika setelah di *milling* putaran 400 rpm memiliki unsur carbon (C) Kandungan carbon yaitu sebesar 8,61%,

unsur oksigen (O) sebesar 49,63%, unsur aluminium (Al) sebesar 0,80%. Unsur silikon sebesar 39,68%, kalsium (Ca) sebesar 1,28%. Penyebaran unsur logam dan non logam yang terkandung di dalam pelet silika terlihat merata yang terlihat pada gambar 4.36 hasil mapping pelet silika putaran 400 rpm. (a) silikon, (b) aluminium, (c) kalsium.



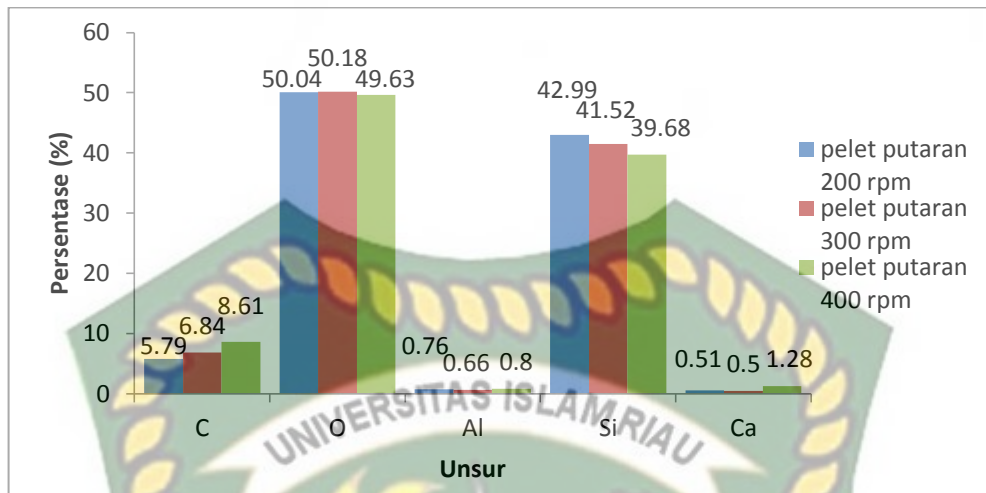
(a) Mapping silikon

(b) Mapping aluminium

(c) Mapping kalsium

Gambar 4.36 hasil mapping pelet silika putaran 400 rpm

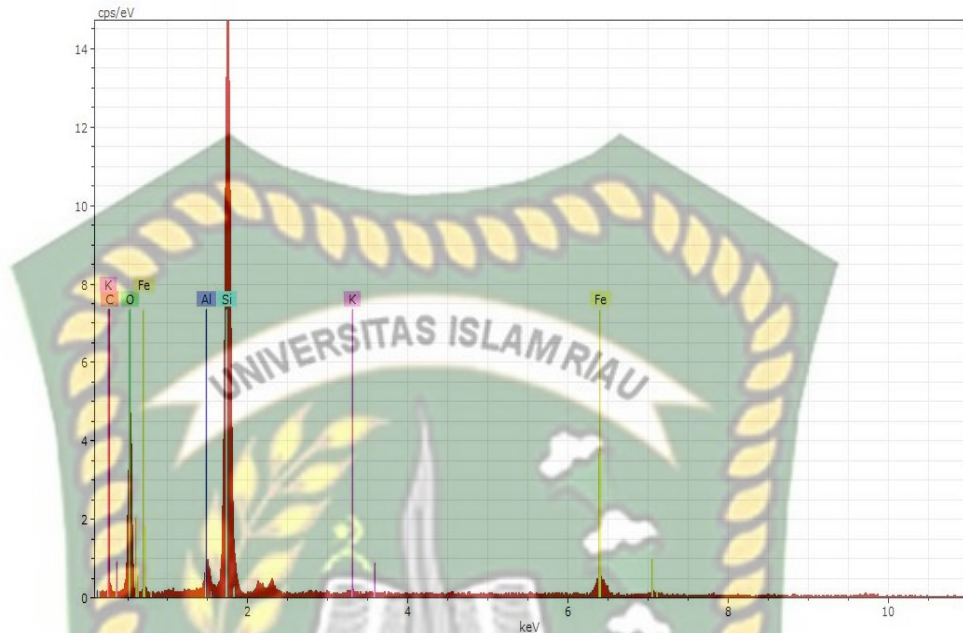
Dari hasil pengamatan SEM – EDX kandungan unsur yang terdapat didalam pelet silika setelah *milling* putaran 200, 300, 400 rpm. Memiliki kandungan unsur logam dan non logam seperti yang terlihat pada grafik 4.37.



Gambar 4.37 Grafik unsur pelet silika setelah *milling* pada putaran 200, 300 dan 400 rpm

Analisa penyebaran unsur logam dan non logam dari sampel pasir silika dan pelet silika perlu dilakukan untuk melihat pengaruh keseragaman sifat pada sampel dan juga melihat kandungan silikon pada sampel tersebut agar kandungan silikon didalam sampel tersebut bisa diaplikasikan pada pembuatan bahan baku panel surya pada industri. Komposisi logam pada spesimen ini yaitu Ca, Ba, Na, Fe, K, O, C, Mg, Al, Si, S, dan Ti. Komposisi logam inilah yang berguna pada pembuatan bahan produksi. Adapun data hasil mapping EDX ini akan diuraikan pada gambar 4.38, 4.39, 4.40, 4.41, dan 4.42.

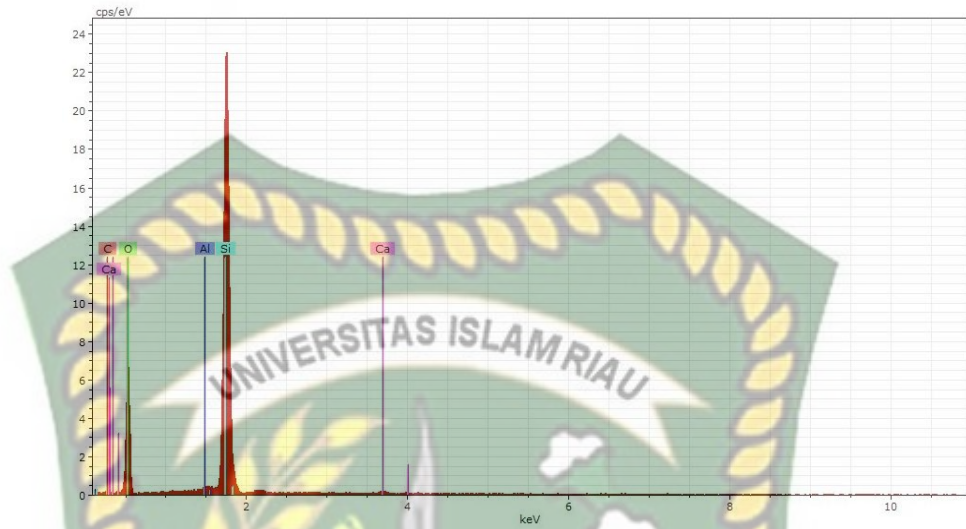
a. sampel pasir silika sebelum di *milling*



Gambar 4.38 Hasil kandungan unsur pasir silika sebelum di *milling*

Hasil pengamatan kandungan unsur sampel pasir silika pada gambar 4.38 menggunakan SEM-EDX menghasilkan enam unsur logam di dalam sampel tersebut. Unsur logam tersebut, karbon (C) sebesar 7,5 cps, unsur kalium (K) sebesar 7 cps, unsur oksigen(O) sebesar 7 cps, unsur baja (Fe) sebesar 7 cps, unsur aluminium (Al) sebesar 7 cps, unsur silikon (Si) sebesar 14,5 cps.

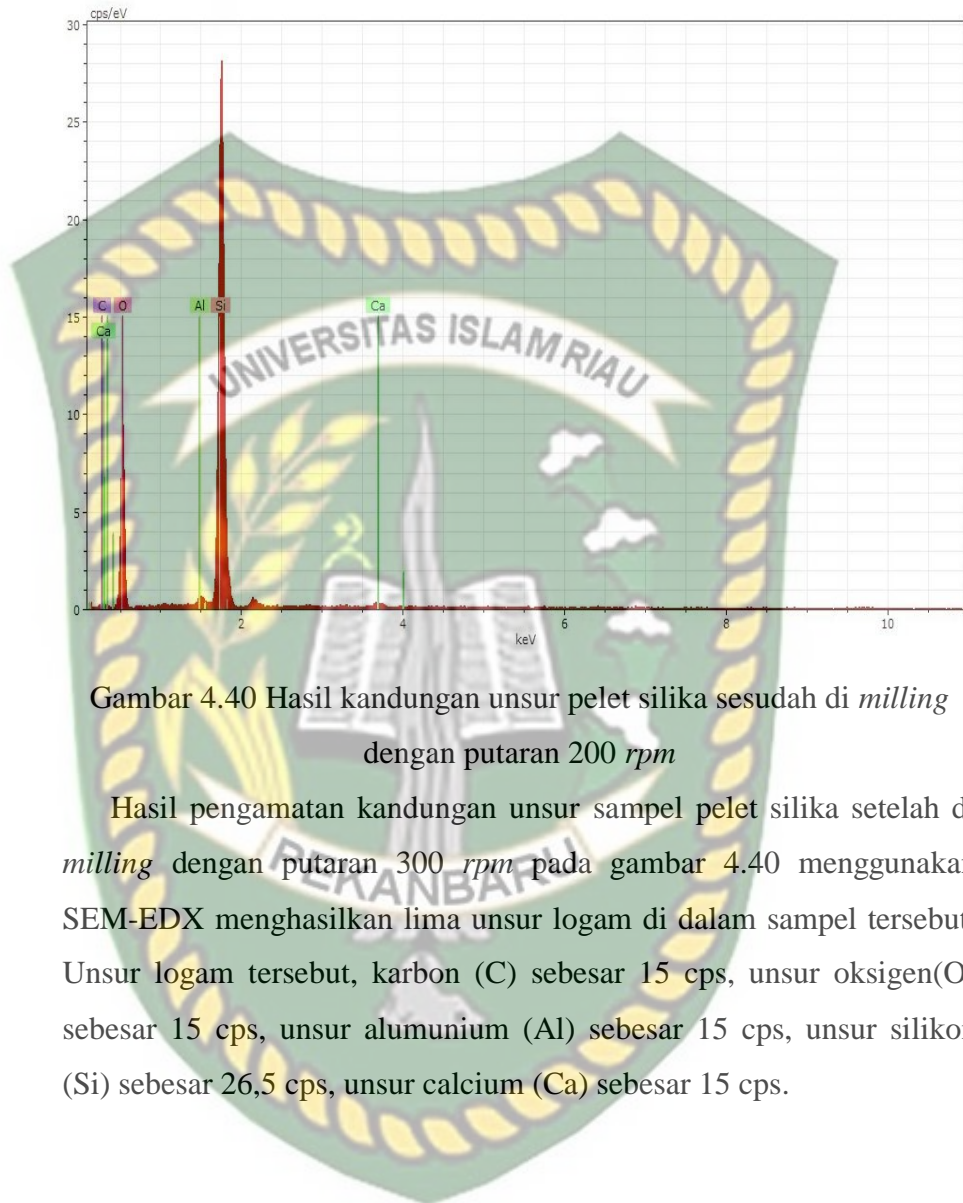
b. Sampel pasir silika setelah *milling*



Gambar 4.39 Hasil kandungan unsur pasir silika sesudah di *milling* dengan putaran 200 *rpm*

Hasil pengamatan kandungan unsur sampel pasir silika setelah di *milling* dengan putaran 200 *rpm* pada gambar 4.33 menggunakan SEM-EDX menghasilkan enam unsur logam di dalam sampel tersebut. Unsur logam tersebut, karbon (C) sebesar 12,5 cps, unsur oksigen(O) sebesar 12,5 cps, unsur kalsium (Ca) sebesar 12,5 cps, unsur alumunium (Al) sebesar 13 cps, unsur silikon (Si) sebesar 23 cps.

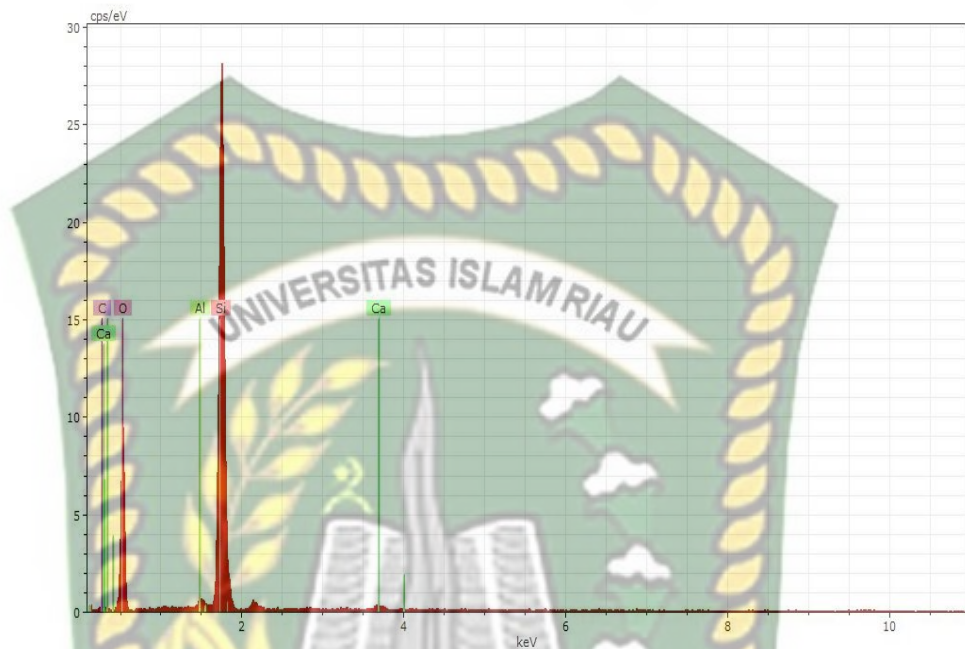
- c. sampel pelet silika sesudah pemanasan 1200°C pada putaran 200 rpm



Gambar 4.40 Hasil kandungan unsur pelet silika sesudah di *milling* dengan putaran 200 rpm

Hasil pengamatan kandungan unsur sampel pelet silika setelah di *milling* dengan putaran 300 rpm pada gambar 4.40 menggunakan SEM-EDX menghasilkan lima unsur logam di dalam sampel tersebut. Unsur logam tersebut, karbon (C) sebesar 15 cps, unsur oksigen(O) sebesar 15 cps, unsur aluminium (Al) sebesar 15 cps, unsur silikon (Si) sebesar 26,5 cps, unsur calcium (Ca) sebesar 15 cps.

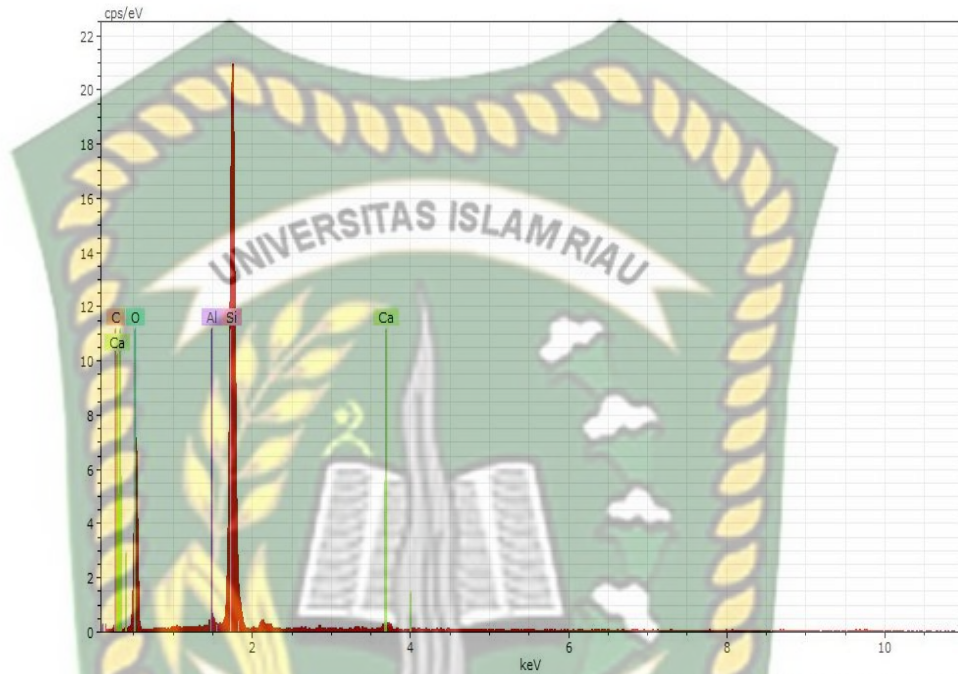
- d. sampel pelet silika sesudah pemanasan 1200°C pada putaran 300 rpm



Gambar 4.41 Hasil kandungan unsur pelet silika sesudah di *milling* dengan putaran 300 rpm

Hasil pengamatan kandungan unsur sampel pelet silika setelah di *milling* dengan putaran 300 rpm pada gambar 4.41 menggunakan SEM-EDX menghasilkan lima unsur logam di dalam sampel tersebut. Unsur logam tersebut, karbon (C) sebesar 15 cps, unsur oksigen(O) sebesar 15 cps, unsur alumunium (Al) sebesar 15 cps, unsur silikon (Si) sebesar 26,5 cps, unsur calcium (Ca) sebesar 15 cps

e. sampel pelet silika sesudah pemanasan 1200°C pada putaran 400 rpm



Gambar 4.42 Hasil kandungan unsur pelet silika sesudah di *milling* dengan putaran 400 rpm

Hasil pengamatan kandungan unsur sampel pelet silika setelah di *milling* dengan putaran 300 rpm pada gambar 4.42 menggunakan SEM-EDX menghasilkan lima unsur logam di dalam sampel tersebut. Unsur logam tersebut, karbon (C) sebesar 11 cps, unsur oksigen(O) sebesar 11 cps, unsur aluminium (Al) sebesar 11 cps, unsur silikon (Si) sebesar 26,5 cps, unsur calcium (Ca) sebesar 11,5 cps.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian menggunakan mesin *planetary ball mill* dan pengamatan menggunakan *SEM – EDX* pada sampel pasir silika dan pelet silika dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. *Planetary ball mill* dapat digunakan sebagai metode untuk menghaluskan pasir silika sehingga untuk penelitian berikutnya dapat digunakan kembali.
- b. Dari hasil pengujian peningkatan kecepatan putaran tidak meningkatkan hasil produksi secara signifikan. Kecepatan putaran yang tinggi justru menurunkan produksi sebesar 9 % pada ukuran *mesh* 200.
- c. Dari hasil pengamatan mikro struktur menggunakan alat SEM-EDX hasil topografi pasir silika setelah di milling pada putaran 200, 300 dan 400 *rpm* sudah mulai berukuran kecil sebesar 162 nm – 269 nm dan berbentuk bongkahan-bongkahan dan butiran pipih tidak beraturan.
- d. Dari hasil pengujian menggunakan alat SEM – EDX hasil ukuran partikel size yang paling halus pada kecepatan putaran 400 *rpm* ukuran partikel sizenya sebesar 12 nm - 78 nm.
- e. Pengaruh perlakuan panas pada spesimen ini menyebabkan nilai konsentrasi dalam setiap unsur berubah rubah.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran dalam pengujian ini , yaitu :

- a. Melanjutkan penelitian ini kedepannya agar bisa dibuat menjadi produksi yang berguna bagi masyarakat dan bagi industry.
- b. Penelitian ini belum sempurna, dan bisa dilanjutkan untuk penelitian pengaruh jumlah bola-bola penumbuk (*ball mill*) dan pengaruh waktu *milling*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif. 2018. Pengaruh Variasi Waktu *Milling* Terhadap Distribusi Butir Dan Foto Mikro Serbuk Titanium (Ti). Universitas Muhammadiyah Malang. Jawa Timur.
- Azhari. 2018. Pengaruh putaran mesin terhadap hasil serbuk lempung pada mesin bahan penggiling keramik. Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung. Jawa Barat.
- Darmawati Dkk. 2017. Pemurnian dan Karakterisasi Silika Menggunakan Metode Purifikasi (*Leaching*) dengan Variasi Waktu *Milling* pada Pasir Kuarsa Desa Pasir Putih Kecamatan Pamona Selatan Kabupaten Poso. Universitas Tadulako. Sulawesi Tengah.
- Lameck. 2005. *Effects Of Grinding Media Shapes On Ball Mill Performance*. University of the Witwatersrand. Afrika Selatan.
- Munasir Dkk. 2013. Ekstraksi Dan Sintesis Nanosilika Berbasis Pasir Bancar Dengan Metode Basah. Institut Teknologi Surabaya. Jawa Timur.
- Rahman. 2006. Pengaruh Kehalusan Serbuk Pasir Silika Terhadap Kekuatan Tekan Mortar. Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan Selatan.
- Sugeng. 2018. Daur ulang pasir silika bekas inti cor melalui teknik *ball mill* untuk mengembalikan daya ikatnya. Universitas Muria Kudus. Jawa Tengah.
- Sumarno Dkk. 2015. Pemurnian Pasir Silika dengan Metode *Leaching* Asam dan bantuan Sonikasi. Institut Teknologi Sepuluh November. Jawa Timur.

Trianasari. 2017. Analisis Dan Karakterisasi Kandungan Silika (SiO_2) Sebagai Hasil Ekstraksi Batu Apung (*Pumice*). Universitas Lampung. Lampung.

Widjanarko dan Suwasito. 2014. Pengaruh Lama Penggilangan Dengan Metode *Ball Mill* Terhadap Rendemen Dan Kemampuan Hidrasi Tepung Porang (*Amorphophallus Muelleri Blume*). Universitas Brawijaya. Jawa Timur.

Yunfeng Dkk. 2013. *Effect of Ball Milling on the Properties of Zirconia Powder Prepared by Alcohol-aqueous Coprecipitation Method*. University of Science and Technology. China.

Zulhairi dan Mamat. 2014. *Process Parameters Optimization of Silica Sand Nanoparticles Production Using Low Speed Ball Milling Method*. Universitas Teknologi Petronas. Malaysia.

