



**ANALISIS MORFOLOGI SERBUK LIMBAH GIGI HASIL
PENCABUTAN MENGGUNAKAN SEM**

SKRIPSI

Oleh

Amanda Elizabeth

NIM 171610101046

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS JEMBER

2021



**ANALISIS MORFOLOGI SERBUK LIMBAH GIGI HASIL
PENCABUTAN MENGGUNAKAN SEM**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kedokteran Gigi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi

Oleh

Amanda Elizabeth

NIM 171610101046

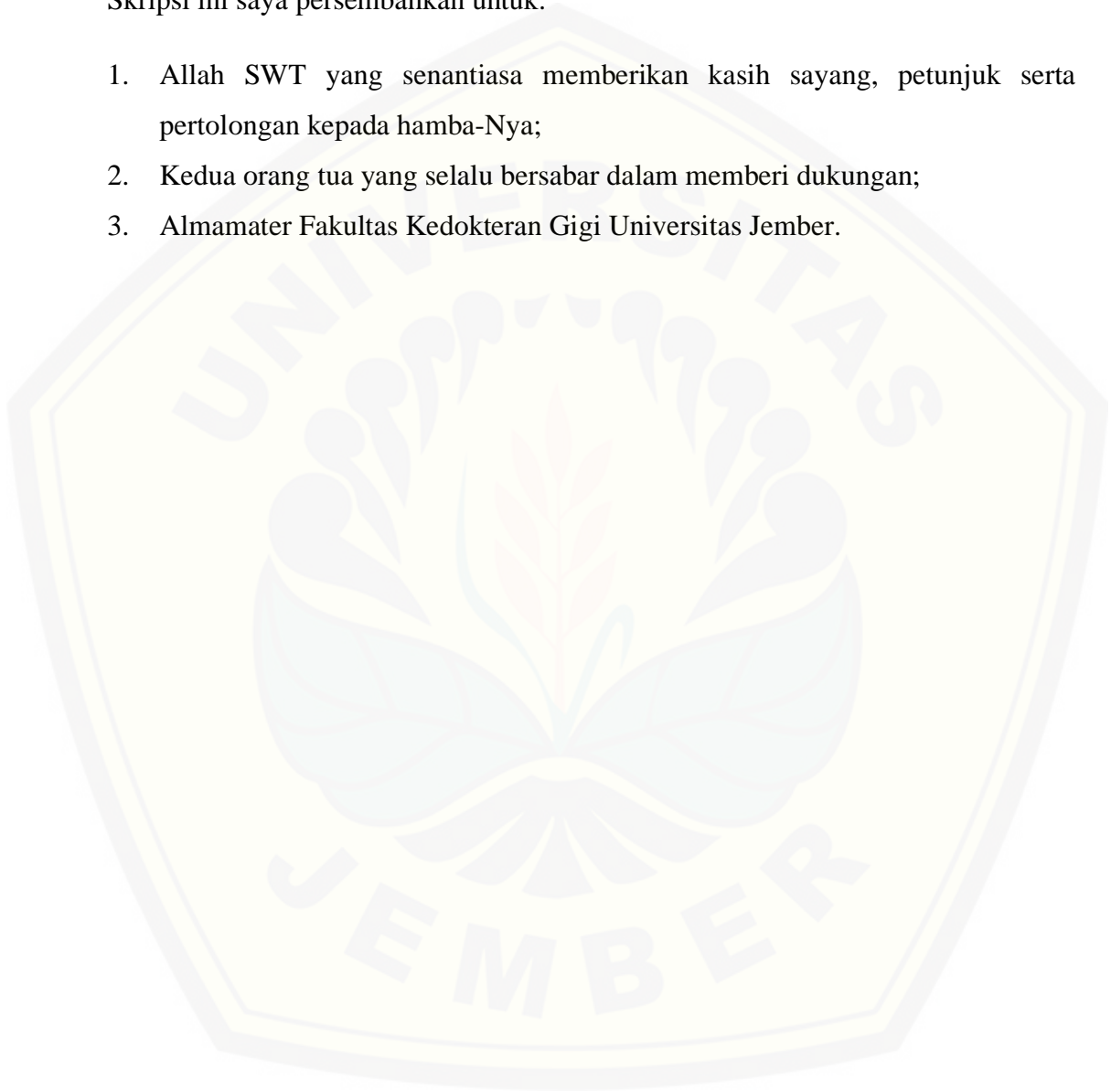
**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER**

2021

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kasih sayang, petunjuk serta pertolongan kepada hamba-Nya;
2. Kedua orang tua yang selalu bersabar dalam memberi dukungan;
3. Almamater Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.



MOTTO

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya
sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

(terjemahan Surat Al-Insyirah: 5-6) ¹⁾

atau

Education is the key to unlock the golden door of freedom. ²⁾

atau

The only thing worse than being blind is having sight but no vision. ³⁾

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 2015. Al Qur'an dan Terjemahannya. Bandung: CV Darus Sunnah

² George Washington Carver dalam Meena S., Vasantha S. 2019. Online courses for the effectiveness of education system. *International Journal of Research in Engineering*. 9:100-106

³ Helen Keller dalam Bastin V. A. 2019. Sight is a right. *Karela Journal Ophthalmol*. 31-85

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amanda Elizabeth

NIM : 171610101046

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul “Analisis Morfologi Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan Menggunakan SEM” adalah benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 26 Januari 2021

Yang menyatakan,

Amanda Elizabeth

171610101046

SKRIPSI

**ANALISIS MORFOLOGI SERBUK LIMBAH GIGI HASIL
PENCABUTAN MENGGUNAKAN SEM**

Oleh

Amanda Elizabeth

NIM 171610101046

Dosen Pembimbing Utama : drg. Agus Sumono, M.Kes

Dosen Pembimbing Pendamping : drg. Leliana Sandra Deviate Putri, Sp.Ort

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Analisis Morfologi Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan Menggunakan SEM” telah di uji dan disahkan oleh Fakultas Kedokteran Gigi pada:

Hari, tanggal :

Tempat :

Dosen Penguji Ketua

Dosen Penguji Anggota

drg. Lusi Hidayati, M.Kes.
NIP. 197404152005012002

drg. Rudy Joelijanto, M.Biomed.
NIP. 197207151998021001

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

drg. Agus Sumono, M.Kes.
NIP. 196804012000121001

drg. Leliana Sandra Deviade Putri, Sp.Ort.
NIP. 197208242001122001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember

drg. R Rahardyan Parnaadji, M.Kes.,Sp.Pros.
NIP.196901121996011001

RINGKASAN

Analisis Morfologi Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan Menggunakan SEM; Amanda Elizabeth; 171610101046; Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Limbah gigi hasil pencabutan yang digolongkan sebagai limbah medis padat infeksius harus diolah melalui manajemen pembuangan limbah dengan benar, kecuali apabila dikembalikan kepada pasien. Hal ini dilakukan karena limbah gigi hasil pencabutan berisiko tinggi meluarkan bakteri, virus, jamur kepada individu lainnya. Limbah gigi hasil pencabutan selama ini dikelola dengan cara sterilisasi menggunakan bahan kimia lalu dibuang dalam kelompok pembuangan B3 dan dilakukan proses insinerasi pada suhu tinggi diatas 1200°C sehingga memungkinkan mematikan seluruh agen infeksius dan mengubah bentuk gigi menjadi abu. Residu atau abu gigi tersebut kemudian dibuang ke tempat pembuangan B3 maupun pada *landfill* apabila residu sudah aman dan diproses dengan tepat (Depkes RI, 2006). Pengolahan limbah gigi hasil pencabutan selama ini dilakukan tanpa mempertimbangkan potensi kandungan gigi itu sendiri sehingga diperlukan sebuah inovasi pengolahan limbah gigi hasil pencabutan.

Gigi tersusun atas mahkota dan akar. Mahkota gigi tersusun atas dua bagian yaitu enamel dan dentin. Enamel gigi merupakan jaringan paling keras dalam tubuh manusia disusun dari 92-96% materi anorganik atau fase mineral dan 4% bahan organik berdasarkan berat. Fase mineral utamanya adalah kalsium fosfat dalam bentuk kristal hidroksiapatit (Oliviera M, dkk., 2009). HA ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) merupakan unsur utama penyusun mineral tulang dan gigi manusia. HA banyak diaplikasikan dalam dunia medis karena memiliki sifat biokompatibilitas dan kemampuan osteokonduktif yang baik (Zou Z, dkk., 2012). HA adalah keramik kalsium fosfat yang sepenuhnya biokompatibel dan tidak beracun dan menjadi bagian integral dari jaringan tulang dan gigi yang hidup, oleh karena itu produksi HA sangat penting dan diperlukan. Biomaterial HA atau HA artifisial dapat diperoleh melalui sumber alami dan sintetis. Sumber alami hidroksiapatit di

antaranya tulang mamalia, kulit kerang, batu karang, maupun cangkang telur. Proses produksi HA alami, pada penelitian kali ini adalah gigi manusia hasil pencabutan, dilakukan dengan berbagai cara salah satunya yaitu pembuatan serbuk HA menggunakan *planetary ball mill*. Tujuannya untuk mengetahui morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan dengan analisa SEM.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen. Desain penelitian eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain eksperimen *one group posttest-only design*. Desain penelitian ini menggunakan kelompok eksperimen atau kelompok perlakuan tanpa menggunakan kelompok kontrol. Kelompok perlakuan tersebut selanjutnya akan diberikan *posttest*. Hasil *posttest* tidak dapat dibandingkan dengan sebelum diberikan perlakuan maupun tanpa diberikan perlakuan. Terdapat 1 kelompok penelitian, yang terdiri atas 4 sampel, yaitu serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproses menggunakan *planetary ball mill* selama 8 jam dan proses kalsinasi pada suhu 850°C selama 2 jam.

Hasil penelitian ini adalah serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproses melalui penggilingan dengan mesin *ball mill* selama 8 jam dilanjutkan dengan proses kalsinasi pada suhu 850°C selama 2 jam. Morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan dapat diketahui melalui analisis *scanning electron microscopy* (SEM). Data SEM dianalisis lebih lanjut menggunakan *software* Image-J untuk mengetahui persebaran ukuran partikel serbuk limbah gigi hasil pencabutan. Data selanjutnya diolah menggunakan *software* Origin untuk mengetahui frekuensi distribusi ukuran partikel. Partikel serbuk limbah gigi hasil pencabutan memiliki gambaran homogen atau *uniform* yang tersusun atas bentuk *irregular* menyerupai *spherical* atau bulat atau bola yang membentuk aglomerasi pada seluruh area sampel hasil pemeriksaan SEM dengan ukuran rata-rata partikel sebesar 0,2µm.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproduksi menggunakan *planetary ball mill* selama 8 jam disertai dengan proses kalsinasi pada suhu 850°C selama 2 jam memiliki morfologi bentuk partikel yang homogen dan ukuran rata-rata partikel berskala mikrometer.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, pertolongan, dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Morfologi Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan Menggunakan SEM”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan Pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. drg. Agus Sumono, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Utama, drg. Leliana Sandra Deviade Putri, Sp.Ort., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini;
2. drg. Lusi Hidayati, M.Kes., selaku Dosen Penguji Utama, drg. Rudy Joelianto, M.Biomed., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran untuk menyempurnakan penulisan skripsi ini;
3. Kedua orang tua yang memberikan motivasi dan doa yang tiada hentinya;
4. drg. Yani Corvianindya Rahayu M.KG., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah mendampingi penulis selama perkuliahan ini;
5. Pihak yang berjasa membantu proses penelitian; mas Ridho selaku teknisi Laboratorium Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember, mbak Navira selaku teknisi Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian Universitas Jember, dan ibu Titin Laboratorium Farmasetika Universitas Jember;
6. Teman-teman tutorial 5, kakak Liyathotun Fatimah, dan teman-teman Dentition 2017 lainnya yang memberikan dukungan kepada saya;

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 26 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Struktur dan Komposisi Enamel, Dentine, Sementum	6
2.2 Hidroksiapatit	10
2.3 Planetary ball mill	12
2.4 Karakterisasi Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan.....	14
2.4.1 Scanning Electron Microscope (SEM)	14
2.5 Kerangka Konsep	17

2.6 Penjelasan Kerangka Konsep	18
2.7 Hipotesis Penelitian.....	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	19
3.1 Jenis Penelitian.....	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2.1 Tempat Penelitian	19
3.2.2 Waktu Penelitian	19
3.3 Identifikasi Variabel	20
3.3.1 Variabel Bebas.....	20
3.3.2 Variabel Terikat	20
3.3.3 Variabel Terkendali.....	20
3.4 Definisi Operasional.....	20
3.4.1 <i>Ball milling</i>	20
3.4.2 <i>Planetary ball mill</i>	20
3.4.3 Kalsinasi.....	20
3.4.4 Analisis Morfologi Serbuk menggunakan SEM.....	21
3.5 Sampel Penelitian.....	21
3.5.1 Kelompok Sampel Penelitian.....	21
3.5.2 Besar Sampel	21
3.6 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.6.1 Alat Penelitian.....	22
3.6.2 Bahan Penelitian	23
3.7 Prosedur Penelitian	23
3.7.1 Persiapan Alat dan Bahan	23
3.7.2 Sterilisasi Alat.....	23
3.7.3 Sterilisasi Gigi Hasil Pencabutan	24
3.7.4 Pembuatan Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan.....	25
3.7.5 Proses Kalsinasi	27

3.7.6 Analisis Morfologi Serbuk Menggunakan SEM dan <i>Software Image-J</i>	27
3.8 Analisis Data	27
3.9 Alur Penelitian	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil dan Analisis Data	29
4.1.1 Hasil Gambaran SEM Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan Sebelum Proses Kalsinasi	29
4.1.2 Hasil Gabaran SEM Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan dengan Proses Kalsinasi	30
4.1.3 Analisis Bentuk Partikel Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan	35
4.1.4 Analisis Ukuran Partikel Sebuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan.....	36
4.2 Pembahasan	41
BAB 5. PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur gigi dan jaringan sekitarnya (Chen dkk., 2014)	6
2.2 Garis inkremental pada gigi. A. Perikymata (P) adalah manifestasi permukaan dari striae Retzius (SR). B. Gambar garis menunjukkan striae Retzius dalam molar (Simmer, 2010). C. Enamel prismata (Smith, 2008)	7
2.3 Potongan melintang gigi di bawah memperlihatkan alur S-shaped dari tubulus dentinalis. B. Gambaran potongan melintang tubulus dentinalis yang diamati menggunakan <i>scanning microscope electron</i> (SEM) (Karteva dkk., 2019).	8
2.4 Jenis metode yang dapat dilakukan untuk menyintesis HA yang diperoleh melalui sumber alami (Pu'ad dkk., 2019).....	11
2.5 Skema gerakan <i>planetary ball mill</i> ; h: ketinggian <i>chamber</i> ; d: diameter <i>chamber</i> ; n_R : gerak revolusi <i>chamber</i> dalam disk mengelilingi sumbu pusat <i>sun wheel</i> ; n_p : gerak rotasi <i>chamber</i> terhadap porosnya; R: jari-jari revolusi (Burmiester dkk., 2012).	13
2.6 Skema SEM (Mohammed dkk., 2018)	15
2.7 Hasil analisis SEM HA komersial pembesaran 1500× (a) dan HA alami cangkang keong sampel pada pembesaran 3000× (b) (Charlena, 2015).	16
2.8 Kerangka Konsep	17
3.1 Alur Penelitian	28
4.1 Gambar hasil SEM serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproses menggunakan metode penggilingan dengan ball mil selama 8 jam sebelum proses kalsinasi. (A) perbesaran 100x, (B) perbesaran 1000x,	30

- (C) perbesaran 1500x, (D) perbesaran 3000x, (E) perbesaran 5000x, (F) perbesaran 7000x, (G) perbesaran 9000x
- 4.2 Sampel 1: Gambar hasil SEM serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproses menggunakan metode penggilingan dengan ball mil selama 8 jam dan dilanjutkan proses kalsinasi 850°C selama 2 jam. (A) perbesaran 100x, (B) perbesaran 1000x, (C) perbesaran 1500x, (D) perbesaran 3000x, (E) perbesaran 5000x, (F) perbesaran 7000x, (G) perbesaran 9000x 31
- 4.3 Sampel 2: Gambar hasil SEM serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproses menggunakan metode penggilingan dengan ball mil selama 8 jam dan dilanjutkan proses kalsinasi 850°C selama 2 jam. (A) perbesaran 100x, (B) perbesaran 1000x, (C) perbesaran 1500x, (D) perbesaran 3000x, (E) perbesaran 5000x, (F) perbesaran 7000x, (G) perbesaran 9000x 33
- 4.4 Sampel 3: Gambar hasil SEM serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproses menggunakan metode penggilingan dengan ball mil selama 8 jam dan dilanjutkan proses kalsinasi 850°C selama 2 jam. (A) perbesaran 100x, (B) perbesaran 1000x, (C) perbesaran 1500x, (D) perbesaran 3000x, (E) perbesaran 5000x, (F) perbesaran 7000x, (G) perbesaran 9000x 34
- 4.5 Sampel 4: Gambar hasil SEM serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproses menggunakan metode penggilingan dengan ball mil selama 8 jam dan dilanjutkan proses kalsinasi 850°C selama 2 jam. (A) perbesaran 100x, (B) perbesaran 1000x, (C) perbesaran 1500x, (D) perbesaran 3000x, (E) perbesaran 5000x, (F) perbesaran 7000x, (G) perbesaran 9000x 35
- 4.6 (A) Serbuk limbah gigi hasil pencabutan, yang diproses menggunakan ball mil selama 8 jam sebelum dilanjutkan proses kalsinasi, diamati bentukan *spherical* atau bulat atau bola tanpa adanya formasi aglomerasi pada seluruh area lapang pandang pada pembesaran 3000x. (B) Sampel 1: serbuk limbah gigi hasil pencabutan, yang diproses menggunakan ball mil selama 8 jam dan dilanjutkan proses kalsinasi 850°C selama 2 jam, teramati bentuk yang homogen atau uniform pada seluruh area lapang pandang. Gambaran keseluruhan partikel berbentuk 36

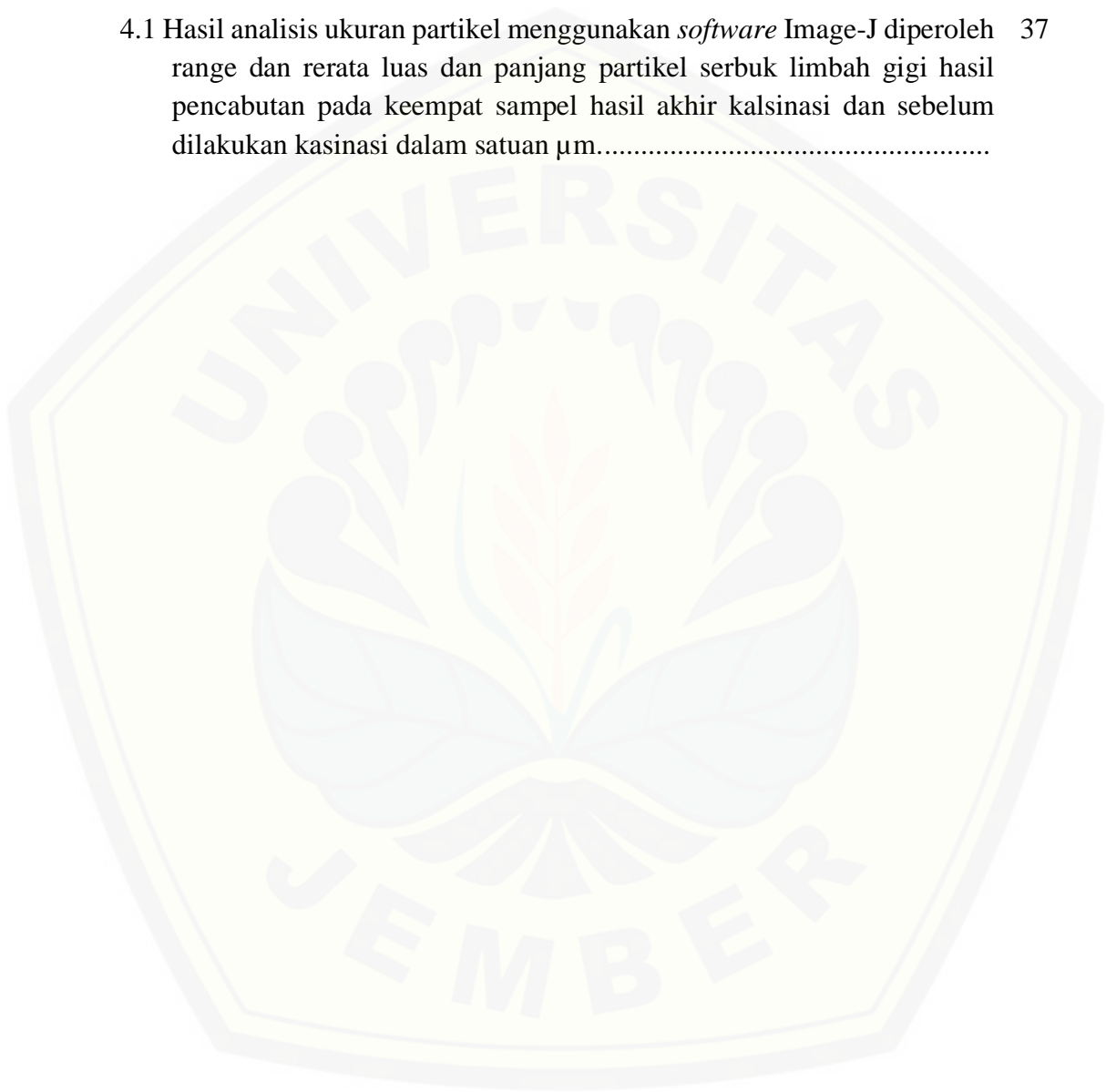
<i>irregular</i> menyerupai <i>spherical</i> atau bulat atau bola yang membentuk aglomerasi tersebar pada seluruh permukaan lapang pandang pengamatan pada pembesaran 3000x.	
4.7 Histogram distribusi frekuensi ukuran partikel serbuk limbah gigi hasil pencabutan sebelum dilakukan proses kalsinasi. Frekuensi ukuran partikel terbanyak ada pada area 0-0,4 μm . Ukuran rata-rata partikel (\bar{x}) adalah $0,3 \mu\text{m} \pm 0 \mu\text{m}$	37
4.8 Histogram distribusi frekuensi ukuran partikel sampel 1 yaitu serbuk limbah gigi hasil pencabutan setelah dilakukan proses kalsinasi. Frekuensi ukuran partikel terbanyak ada pada area 0-0,4 μm . Ukuran rata-rata partikel (\bar{x}) adalah $0,2 \pm 0 \mu\text{m}$	38
4.9 Histogram distribusi frekuensi ukuran partikel sampel 2 yaitu serbuk limbah gigi hasil pencabutan setelah dilakukan proses kalsinasi. Frekuensi ukuran partikel terbanyak ada pada area 0-0,4 μm . Ukuran rata-rata partikel (\bar{x}) adalah $0,2 \pm 0 \mu\text{m}$	38
4.10 Histogram distribusi frekuensi ukuran partikel sampel 3 yaitu serbuk limbah gigi hasil pencabutan setelah dilakukan proses kalsinasi. Frekuensi ukuran partikel terbanyak ada pada area 0-0,4 μm . Ukuran rata-rata partikel (\bar{x}) adalah $0,2 \pm 0 \mu\text{m}$	39
4.11 Histogram distribusi frekuensi ukuran partikel sampel 4 yaitu serbuk limbah gigi hasil pencabutan setelah dilakukan proses kalsinasi. Frekuensi ukuran partikel terbanyak ada pada area 0-0,4 μm . Ukuran rata-rata partikel (\bar{x}) adalah $0,2 \pm 0 \mu\text{m}$	39
4.12 Serbuk limbah gigi hasil pencabutan (a) sebelum proses kalsinasi, (b) dengan proses kalsinasi	41
4.13 Berbagai bentuk partikel hidroksiapatit melalui pengamatan SEM (a) <i>spherical</i> (bulat atau bola), (b) <i>flakes</i> (piringan), (c) <i>irregular</i> dengan bentuk tidak homogen atau <i>non-uniform</i> , (d) <i>irregular</i> dengan bentuk homogen atau <i>uniform</i> , (e) gambaran nano hidroksiapatit oleh Öksüz (2018) (Charlena, dkk., 2015; Desiati dkk., 2018; Wu dkk., 2016; Öksüz , 2018).	42

4.14 Gambaran SEM pembesaran 5000x (a) sampel 1, (b) sampel 2, (c) 43
sampel 3, dan (d) sampel 4. Lingkaran merah menunjukkan bentuk
menyerupai *spherical* (bulat atau bola) yang tersebar pada permukaan
granular *irregular* yang mengalami aglomerasi.....



DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Hasil analisis ukuran partikel menggunakan <i>software</i> Image-J diperoleh range dan rerata luas dan panjang partikel serbuk limbah gigi hasil pencabutan pada keempat sampel hasil akhir kalsinasi dan sebelum dilakukan kalsinasi dalam satuan μm	37



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Surat Ijin Laboratorium Enjiniring FTP Universitas Jember	56
4.2 Surat Ijin Laboratorium Farmasetika Universitas Jember.....	57
4.3 Proses <i>Milling</i> Menggunakan <i>Planetary ball mill</i>	58
4.4 Proses Kalsinasi.....	60
4.5 Analisis Serbuk Menggunakan SEM	61
4.6 Analisis SEM Menggunakan <i>Software Image-J</i>	62
4.7 Analisis Data Menggunakan <i>Software Origin</i>	65

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) berarti sisa hasil produksi (KBBI, 2019). Limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit dalam bentuk padat, cair, gas (Menkes RI, 2004). Limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit maupun pelayanan kesehatan dapat digolongkan menjadi dua yaitu limbah medis dan *non* medis. Limbah medis merupakan limbah hasil dari kegiatan pelayanan medis atau kesehatan. Limbah non medis merupakan limbah domestik yang dihasilkan di sarana pelayanan kesehatan. Limbah medis dan *non* medis dapat digolongkan menjadi limbah medis padat, cair, dan gas (Novita dkk., 2017).

Limbah medis padat merupakan limbah padat yang terdiri atas limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksis, limbah kimiawi, limbah radioaktif, limbah kontainer bertekanan, dan limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi. Limbah padat non medis adalah limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit atau tempat pelayanan kesehatan yang berasal dari perkantoran, taman, halaman yang dapat dimanfaatkan kembali apabila fasilitas tersebut memiliki teknologi pengolahan limbah padat non medis yang memenuhi (Menkes RI, 2004). Contoh limbah medis diantaranya jarum suntik, ampul, botol-botol tempat bahan yang berhubungan dengan tindakan medis, masker, sarung tangan, kasa yang terkontaminasi darah, *cotton pellet*, *cotton roll*, kotak obat, limbah gypsum dan alginat, limbah cuci tangan, limbah kumur pasien, limbah darah dan saliva, dan gigi hasil pencabutan. Contoh limbah non medis yaitu limbah surat kabar, majalah, makanan dan pembungkusnya. Jenis limbah yang paling banyak dihasilkan dari kegiatan pelayanan medis dokter gigi adalah limbah medis terutama limbah medis padat infeksius seperti limbah hasil pembersihan karang gigi, bahan penambalan gigi, dan gigi hasil pencabutan (Putri dkk., 2018).

Limbah gigi hasil pencabutan yang digolongkan sebagai limbah medis padat infeksius harus diolah melalui manajemen pembuangan limbah dengan benar,

kecuali apabila dikembalikan kepada pasien. Hal ini dilakukan karena limbah gigi hasil pencabutan berisiko tinggi meluarkan bakteri, virus, jamur kepada individu lainnya. Limbah gigi hasil pencabutan selama ini dikelola dengan cara sterilisasi menggunakan bahan kimia lalu dibuang dalam kelompok pembuangan B3 dan dilakukan proses insinerasi pada suhu tinggi diatas 1200°C sehingga memungkinkan mematikan seluruh agen infeksius dan mengubah bentuk gigi menjadi abu. Residu atau abu gigi tersebut kemudian dibuang ke tempat pembuangan B3 maupun pada *landfill* apabila residu sudah aman dan diproses dengan tepat (Depkes RI, 2006). Pengolahan limbah gigi hasil pencabutan selama ini dilakukan tanpa mempertimbangkan potensi kandungan gigi itu sendiri sehingga diperlukan sebuah inovasi pengolahan limbah gigi hasil pencabutan.

Gigi tersusun atas mahkota dan akar. Mahkota gigi tersusun atas dua bagian yaitu enamel dan dentin. Enamel gigi merupakan jaringan paling keras dalam tubuh manusia disusun dari 92-96% materi anorganik atau fase mineral dan 4% bahan organik berdasarkan berat. Fase mineral utamanya adalah kalsium fosfat dalam bentuk kristal hidroksiapatit (Oliviera dkk., 2009). Sebuah sumber juga menyebutkan bahwa enamel tersusun atas 96% kristal apatit anorganik dan 4% bahan organik dan air (Lynnerup dkk., 2019). Dentin manusia terdiri dari 70% bahan anorganik, 18% bahan organik, dan 12% air (Tanaka dkk., 2008). Sumber lain menyebutkan bahwa materi anorganik utama yaitu hidroksiapatit (HA) sekitar 97% pada enamel dan 70% pada dentin (Ohta dkk., 2007). Berdasarkan berbagai sumber literasi diketahui bahwa komponen utama gigi manusia adalah HA.

HA ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) merupakan unsur utama penyusun mineral tulang dan gigi manusia. HA banyak diaplikasikan dalam dunia medis karena memiliki sifat biokompatibilitas dan kemampuan osteokonduktif yang baik (Zou dkk., 2012). HA adalah keramik kalsium fosfat yang sepenuhnya biokompatibel dan tidak beracun dan menjadi bagian integral dari jaringan tulang dan gigi yang hidup sehingga produksi HA artifisial sangat penting dan diperlukan. Biomaterial HA atau HA artifisial dapat diperoleh melalui sumber alami dan sintetis. Sumber alami hidroksiapatit di antaranya tulang mamalia, kulit kerang, batu karang, maupun cangkang telur. HA yang sintetis diproses secara laboratoris melalui rangkaian

proses kimia. Metode pembuatan HA sintetis meliputi metode presipitasi, deposisi biomimetis, metode sol-gel, dan metode elektrodeposisi (Mozartha dkk., 2015). Bahan baku untuk produksi biomaterial HA alami tersedia dan berlimpah di Indonesia. Proses produksinya mudah dan biayanya juga relatif murah jika dilakukan dalam skala besar. Bahan mentah yang berlimpah diantaranya cangkang kepiting, cangkang kerang, tulang. Syarat suatu bahan digunakan sebagai bahan dasar HA artifisial adalah zat penyusun utamanya adalah kalsium atau bahan tersebut memiliki HA esensial seperti tulang dan gigi (Raya dkk., 2015; Ghosh, 2008). Inovasi pengolahan gigi manusia sebagai bahan dasar pembuatan HA artifisial dari bahan alami dapat dilakukan melalui pertimbangan diatas. Proses produksi HA alami dilakukan dengan berbagai cara salah satunya yaitu pembuatan serbuk HA menggunakan *planetary ball mill*.

Penggilingan (*milling*) merupakan suatu proses inti dalam teknologi pembuatan serbuk. Nama *planetary ball mill* berasal dari kinematika pergerakannya yang menyerupai pergerakan planet. Serbuk yang diperoleh menggunakan *planetary ball mill* memiliki ukuran yang bervariasi mulai dari micrometer (μm) hingga nanometer (nm) (Khoa dkk., 2014). Penelitian pembuatan serbuk $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ menggunakan *planetary ball mill* dengan waktu 30 menit, 2 jam, 8 jam hasil serbuk terbaik dari ukuran dan sifat didapatkan melalui penggunaan waktu 8 jam (Lucy, 2011). Penelitian pengolahan limbah gigi hasil pencabutan mengadopsi metode yang dilakukan oleh Lucy (2011) yaitu menggunakan *planetary ball mill* dengan waktu selama 8 jam untuk pengolahan gigi menjadi bentuk serbuk. Serbuk limbah gigi hasil pencabutan diproses lebih lanjut dengan tahapan kalsinasi. Kalsinasi dilakukan menggunakan *muffle furnace* dengan suhu 850°C selama 2 jam sesuai penelitian Yuliana (2017) yang membuktikan bahwa penggunaan suhu dan waktu tersebut adalah kondisi terbaik untuk memproduksi HA dari tulang sapi dan fosfat. Tahapan kalsinasi ini digunakan untuk mengeliminasi patogen dan mengekstraksi HA dengan cara mengeliminasi kandungan organik dan air dari gigi (Pu'ad dkk., 2019; Yuliana dkk., 2017).

Serbuk limbah gigi hasil pencabutan dianalisis dari aspek morfologinya. Analisis morfologi merupakan suatu prosedur yang dilakukan untuk

menggambarkan, menyelidiki, dan mempelajari kebenaran mengenai struktur serbuk yang meliputi bentuk dan ukuran (Aronoff, 2011). Hasil serbuk yang diproses menggunakan *planetary ball mill* dan kalsinasi dalam penelitian ini memiliki morfologi bentuk partikel yang akan dideskripsikan sebagai bentuk *spherical* (bulat atau bola), angular (bersudut), dendritik, *flakes* (piringan), asirkular, *irregular*, dengan susunan homogen atau tidak homogen disertai partikel yang teraglomerasi atau tidak teraglomerasi sesuai dengan gambaran serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang dihasilkan (Milki dkk., 2001).

Pemanfaatan HA dapat dilakukan secara luas dalam bidang kedokteran dan kedokteran gigi oleh karena sifat biokompatibilitas dan osteokonduktivitas HA yang tinggi. Serbuk hidroksiapatit umumnya dimanfaatkan dalam bidang kedokteran dan kedokteran gigi sebagai bahan pembuatan scaffold dalam *bone tissue engineering*, pelapis implant orthopedik dan dental, pelapis braket ortodontik, filler komposit, filler pada semen pengisi saluran akar pada perawatan endodontik, bahan aktif pada pasta gigi untuk gigi sensitif, *drug delivery*, dan lain sebagainya (Leukers dkk., 2005; Sossa dkk., 2015; Mozartha dkk., 2015; Ghiasi, dkk., 2019).

Penelitian morfologi HA yang diperoleh dari pemanfaatan gigi hasil pencabutan menjadi serbuk HA yang diproses menggunakan *planetary ball mill* terbatas, oleh karena itu diperlukan penelitian pendahuluan mengenai morfologi HA menggunakan alat *scanning electron microscopy* (SEM).

1.2 Rumusan Masalah

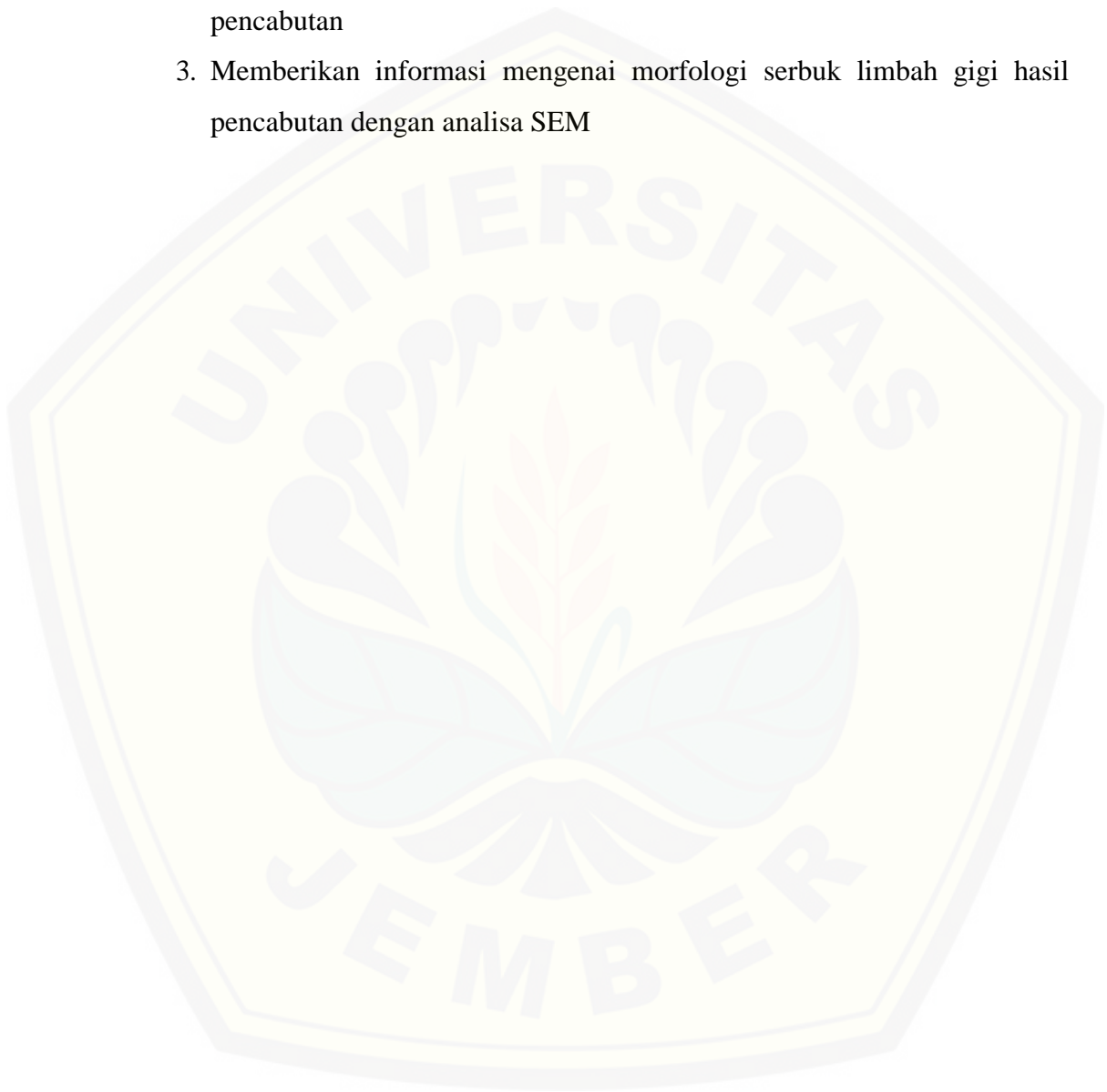
Bagaimana morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan dengan analisa SEM?

1.3 Tujuan

Untuk mengetahui morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan dengan analisa SEM

1.4 Manfaat

1. Menjadikan gigi hasil pencabutan sebagai bahan pertimbangan sumber biomaterial hidroksiapatit dalam bidang kedokteran gigi
2. Memberikan inovasi pengolahan limbah kedokteran gigi berupa gigi hasil pencabutan
3. Memberikan informasi mengenai morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan dengan analisa SEM



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

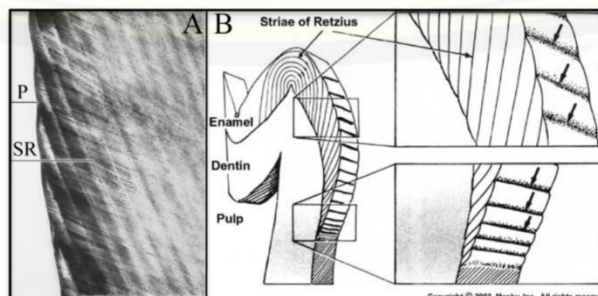
2.1 Struktur dan Komposisi Gigi

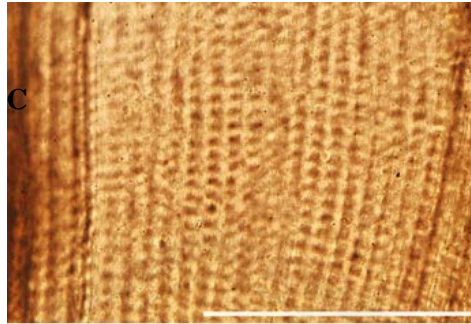


Gambar 2.1 Struktur gigi dan jaringan sekitarnya (Sumber: Chen dkk., 2014)

Gigi terusun atas tiga bagian utama yang dapat diamati secara klinis yaitu mahkota, yang menonjol di luar gusi; akar, yang tertanam pada tulang alveolar; dan *servikal*, yang berada di perbatasan mahkota dan akar. Pada bagian tengah gigi terdapat rongga pulpa yang berisi pembuluh darah dan saraf. Gigi memiliki dua jenis jaringan yaitu jaringan keras dan jaringan lunak. Jaringan keras gigi meliputi enamel, dentin, sementum. Jaringan lunak gigi meliputi pulpa (Chen dkk., 2014).

Enamel adalah jaringan biologis aseluler permukaan terluar gigi yang sangat termineralisasi. Enamel merupakan jaringan paling keras dalam rongga tubuh yang berfungsi melindungi dentin dan pulpa (Medina dkk., 2016). Enamel memiliki ketebalan yang bervariasi yaitu 0,01 mm di daerah margin serviks hingga 2,5 mm di permukaan atas mahkota (West dkk., 2014). Struktur enamel terdiri dari enamel prismata/enamel rod, *Hunter Schreger bands*, garis Retzius/*striae of Retzius*, enamel cuticula (membrane dari Nasmyth), enamel lamellae, enamel spindle, dan enamel tuft (Fidya, 2018).





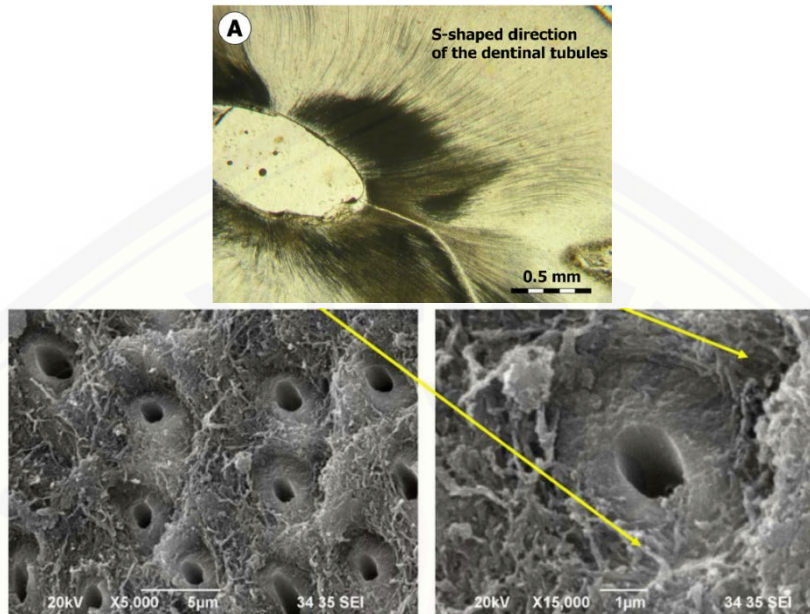
(A) Perikymata (P) adalah manifestasi permukaan dari striae Retzius (SR); (B) Gambar garis menunjukkan striae Retzius dalam molar; (C) Enamel prismata

Gambar 2.2 Garis inkremental pada gigi (Sumber: Simmer dkk., 2010; Smith, 2008)

Enamel prismata merupakan struktur enamel yang berjalan tegak lurus (vertikal) menuju permukaan gigi. Apabila diamati menggunakan mikroskop, enamel prismata memiliki gambaran berupa daerah gelap-terang yang disebut *Hunter Schreger Band* (gambar 2. C). Diameter enamel primata sebesar 4-5 mikron dan berbentuk heksagonal (Fidya, 2018). Setiap enamel prismata terdiri dari susunan kristal hidroksiapatit (HA) yang terorganisir. Kristal HA memiliki panjang hingga 1mm, lebar 50nm, dan ketebalan 25nm. Kristal-kristal HA memanjang dari dentin ke email permukaan yang menyerupai bundel untuk membentuk enamel prismata. Jarak antar kristal HA diisi oleh material organik dan air. Densitas kandungan mineral dalam enamel prismata setiap jenis gigi tidak sama, hal ini menimbulkan variasi kekuatan mekanis gigi geligi (West dkk., 2014). Garis Retzius (gambar 2. B) merupakan cekungan pada permukaan enamel dimulai dari dentino-enamel junction (DEJ) menuju permukaan gigi yang mengikuti kontur enamel. Perikymata merupakan gambaran garis-garis konsentrik dengan diameter melintang yang terjadi karena proses kalsifikasi secara bertahap (Fidya, 2018).

Enamel adalah substansi biologis terkeras dari tubuh manusia yang terdiri atas 92% HA, 6% air, dan 2% bahan organik (Zenóbio dkk., 2008). Enamel tersusun atas 95% bahan anorganik (kristal kalsium hidroksiapatit), 2% bahan organik (protein seperti amelogenin, enamelin, ameloblastin dan tuftelin), dan 3% air (Medina dkk., 2016). Komponen anorganik enamel terdiri dari 89% HA ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) dan 4% kalsium karbonat (CaCO_3), 2% kalsium fluoride (CaF_2),

dan 1,5% magnesium fosfat ($Mg_3(PO_4)_2$). Hidroksiapatit terdiri dari 57% fosfor, 40% kalsium, dan 2% ion hidroksil. Kandungan volume kristal HA dalam email bervariasi dan menurun dari bagian permukaan hingga DEJ (Sa dkk., 2014).



(A) Potongan melintang gigi di bawah memperlihatkan alur S-shaped dari tubulus dentinalis; (B) Gambaran potongan melintang tubulus dentinalis yang diamati menggunakan *scanning microscope electron* (SEM)

Gambar 2.3 Struktur mikroskopis dentin (Sumber: Karteva, dkk., 2019)

Dentin merupakan bagian terbesar dari gigi, yang ditutupi oleh enamel pada permukaan mahkota, sementum pada akar, dan pulpa di tengah. Dentin memiliki struktur yang terdiri atas lapisan mantel dentin, peritubular dentin, intertubular dentin, garis inkremental, Tomes' granular layer, dan predentin, tubulus dentinalis (Medina dkk., 2016). Setiap tubulus dentinalis pada struktur luarnya diselimuti oleh lapisan peritubular dentin yang sangat termineralisasi. Dentin intertubular terletak menyelubungi peritubular dentin atau diantara tubulus dentinalis. Tubulus dentinalis memiliki gambaran S-shaped yang menyerupai jalur enamel prismata apabila diamati melalui mikroskop (gambar 2.3) (Karteva dkk., 2019).

Circumpulpal dentin merupakan bagian terbesar dari lapisan dentin. Circumpulpal dentin dibentuk oleh intertubular dentin dan peritubular dentin yang ditemukan di sekitar lumen tubulus dentinalis. Kolagen tipe I adalah protein utama

dari intertubular dentin (90%), sedangkan kolagen tidak dapat ditemukan pada peritubular dentin. Struktur kristal dengan ketebalan 2-5 nm dan panjang 60nm dapat ditemukan pada intertubular dentin. Pada pembesaran lebih rendah, struktur kristal intertubular dentin memiliki bentukan menyerupai jarum. Kristal-kristal tersebut terletak sejajar dengan permukaan fibril kolagen dan acak mengisi ruang antar fiber kolagen. Peritubular dentin memiliki struktur kristal dengan ukuran 36nm x 25nm x 9,75nm. Kristal peritubular dentin membentuk cincin di sekitar lumen tubulus (Goldberg dkk., 2012).

Dentin merupakan jaringan biologis termineralisasi yang terdiri dari atas 70% bahan anorganik (kristal HA dan elemen lainnya), 18% bahan organik (serat kolagen tipe I dan protein seperti osteonectin, osteopontin, protein-seperti dentin Gla protein, dentin fosforin, dentin protein matrix dan dentin sialoprotein), dan 12% air. Mineral dentin yang memiliki jumlah terbesar dan utama adalah kristal HA yang tersebar secara acak pada dentin. Kristal HA yang terdapat dalam dentin memiliki ukuran kristal yang lebih kecil dibandingkan kristal HA dalam enamel (Chen dkk., 2014).

Sementum menutupi permukaan akar gigi dan merupakan jaringan penting untuk menjaga perlekatan gigi dan periodontal. Sementum memiliki tekstur yang sedikit lebih lunak daripada dentin. Sementum memiliki komposisi yang terdiri dari sekitar 45-50% mineral anorganik (terutama kristal HA), 50-55% bahan organik (terutama kolagen dan glikoprotein) dan air (Chen dkk., 2014). Matriks organik sementum gigi manusia adalah kolagen tipe I. Kolagen menginduksi mineralisasi biologis sebagai scaffold untuk kristal-kristal mineral selama proses mineralisasi berlangsung. Protein non-kolagen utama sementum adalah sialoprotein dan osteopontin. Kedua protein tersebut berperan penting dalam proses mineralisasi yaitu mengikat fibril kolagen membentuk scaffold sebagai wadah kristal HA (Yamamoto dkk., 2016).

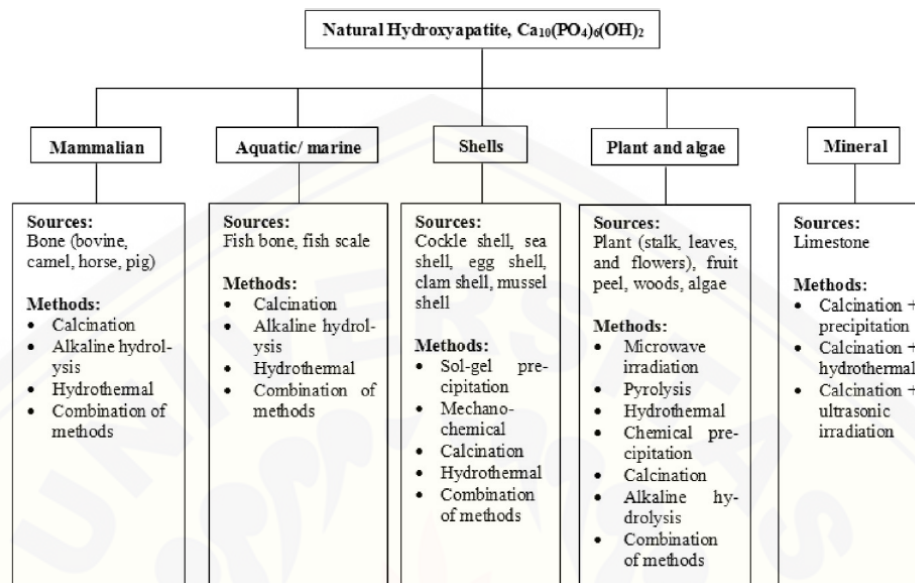
2.2 HA

HA, dengan formula kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ adalah salah satu unsur yang ditemukan baik di tulang atau gigi manusia memiliki kandungan unsur utamanya berupa kalsium dan fosfor (Alparslan dkk., 2017). HA memiliki karakteristik biologis non-imunogenik, non-inflamasi, biokompatibilitas yang baik, dan osteokonduktivitas yang tinggi. HA dapat berintegrasi dengan tulang tanpa menimbulkan efek toksik secara lokal maupun sistemik dan respon inflamasi. Kristal HA sintetik saat ini banyak digunakan dalam aplikasi dunia medis seperti sebagai pelapis (*coating*) implant dan prostesis. (Costescu, 2010). Biokompatibilitas dan sifat mekanik HA sebagai pelapis metal dipengaruhi struktur mikro lapisan, kristalinitas dan komposisi fasa (Karabulut dkk., 2015). Fungsi HA sebagai pelapis pada metal adalah melindungi permukaan dari korosi, meningkatkan sifat mekanis, dan memberi efek antibakteri terhadap lingkungan sekitarnya (Aydin dkk., 2018).

HA dapat disintesis secara kimia atau diekstraksi dari sumber alami. HA dapat diperoleh melalui bahan alami seperti cangkang hewan krustasea, cangkang telur, batu gipsum, tulang, gigi hewan dan manusia. HA sintetik dapat dibuat melalui berbagai metode termasuk metode kering (*solid-state* dan *mechanochemical*), metode basah (*presipitasi kimia*, *hidrolisis*, *sol-gel*, *hidrotermal*, *emulsi*, dan *sonokimia*), dan proses suhu tinggi (*pembakaran* dan *pirolisis*). HA alami adalah non-stoikiometrik karena mengandung *trace elements* seperti Na^+ , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Si^{2+} , K^+ , F^- yang mirip dengan komposisi kimiawi tulang manusia. Kandungan *trace elements* tersebut berperan pada proses regenerasi tulang dan mempercepat proses pembentukan tulang (Pu'ad dkk., 2019). HA memiliki struktur kristal dan komposisi yang sama dengan apatit biologis yang dapat ditemukan di jaringan keras seperti gigi dan tulang (Lei dkk., 2019).

HA alami diekstraksi dari sumber biologis atau limbah seperti tulang dan gigi mamalia (misalnya sapi, unta, dan kuda), hewan laut (contohnya tulang ikan), cangkang (contohnya cangkang kerang dan kepiting), dan batu kapur. HA sintesis secara stoikiometrik terdiri atas kalsium dan fosfor dengan rasio Ca / P sebesar 1,67. Rasio ini telah terbukti paling efektif dalam mempromosikan regenerasi

tulang. HA alami bersifat non-stoikiometrik karena adanya kandungan *trace elements* (Pu'ad dkk., 2019).



Gambar 2.4 Jenis metode yang dapat dilakukan untuk menyintesis HA yang diperoleh melalui sumber alami (Sumber: Pu'ad dkk., 2019)

Proses ekstraksi HA bahan alami seperti tulang dan gigi mamalia paling banyak dilakukan menggunakan proses kalsinasi. Proses kalsinasi melibatkan proses pemanasan tulang menggunakan *muffle furnace* pada suhu tertentu hingga 1400°C . Fungsi proses kalsinasi adalah untuk sepenuhnya menghilangkan bahan organik dan membunuh patogen yang mungkin ada pada bahan tersebut. Para peneliti telah menyimpulkan bahwa patogen tidak dapat bertahan hidup pada suhu di atas 800°C (Pu'ad dkk., 2019). Pada proses kalsinasi bahan organik dikonversi menjadi karbon dioksida dan abu (senyawa kalsium fosfat):



HA pada umumnya tidak terurai atau mengalami dekomposisi menjadi bentuk amorf (tidak memiliki susunan molekul atau atom atau ion yang teratur) pada suhu di bawah 1200°C . Setelah mengalami proses kalsinasi, HA dapat berubah menjadi fase kalsium fosfat (CaP) yang berbeda-beda seperti β -kalsium fosfat (β -

TCP / $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), α -kalsium fosfat (α -TCP / $\text{Ca}_3(\text{P}_2\text{O}_8)$), kalsium oksida (CaO) (Ou dkk., 2013). Proses kalsinasi menggunakan suhu tinggi akan mengeliminasi semua patogen dan mencegah kemungkinan penularan penyakit (Pu'ad dkk., 2019).

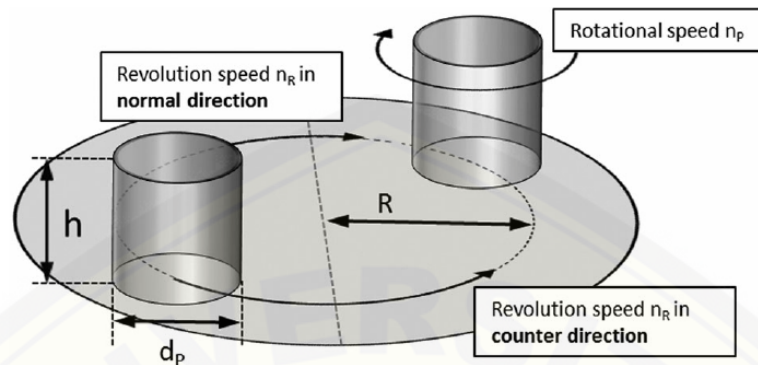
2.3 *Planetary ball mill*

Grinding (proses penggilingan) adalah salah satu proses reduksi ukuran material yang paling penting dalam industri kimia, farmasi dan makanan. Proses reduksi ukuran material melalui proses penggilingan terjadi secara *top-down* yaitu memecah partikel berukuran besar menjadi ukuran mikro hingga nanometer. Proses penggilingan material padat dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai cara seperti pemanfaatan mesin jet mill dan *ball mill*. *Ball mill* lebih umum digunakan karena ramah lingkungan dan memiliki biaya jauh lebih rendah dibandingkan jet mill. Mesin *ball mill* saat ini telah dikembangkan menjadi berbagai bentuk dan prinsip kerja yang berbeda seperti rotary mill, shaker mill, stirred mill, dan *planetary ball mill* (Burmeister dkk., 2012).

Planetary ball mill memiliki kelebihan proses pengoperasian sederhana dan aman, waktu pemrosesan yang relatif singkat, mudah dibersihkan dan biaya murah dibandingkan dengan jenis *ball mill* lainnya seperti mixer mill atau stirred mill. *Planetary ball mill* cocok digunakan untuk penggilingan partikel basah dan kering, halus dan sangat halus hingga kisaran ukuran nanometer karena intensitas tegangan tinggi yang diperoleh dari putaran dengan kecepatan tinggi (Burmeister dkk., 2012). Penelitian ini menggunakan mesin *planetary ball mill* untuk mengubah limbah gigi hasil pencabutan menjadi bentuk serbuk karena berbagai kelebihan yang telah disebutkan diatas.

Planetary ball mill umumnya memiliki 2 atau 4 *chamber*/vial. *Chamber* terpasang ke disk yang berputar di sekitar sumbu pusat sementara *chamber* secara bersamaan berputar pada porosnya sendiri. Prinsip kerja menyerupai pergerakan planet mengelilingi matahari dengan putaran dalam kecepatan tinggi menyebabkan bola di dalamnya saling bertabrakan dan menumbuk sehingga dapat dicapai kinerja penggilingan yang efektif. Material yang digiling dalam proses pembuatan serbuk terletak di antara permukaan bola-bola dan dihancurkan sebagai dampak adanya

gaya gesekan dan tekan yang disebabkan oleh gerakan saling bertabrakan dan menumbuk antar bola dan *chamber* (Burmiester dkk., 2012; Stolle dkk., 2011).



Gambar 2.5 Skema gerakan *planetary ball mill*; h : ketinggian *chamber*; d : diameter *chamber*; n_R : gerak revolusi *chamber* dalam disk mengelilingi sumbu pusat *sun wheel*; n_p : gerak rotasi *chamber* terhadap porosnya; R : jari-jari revolusi (Sumber: Burmiester dkk., 2012)

Planetary ball mill memiliki tingkat energi yang lebih tinggi untuk membuat distribusi ukuran bubuk yang lebih halus atau lebih homogen. Hal ini disebabkan pada prinsipnya *planetary ball mill* tidak mengandalkan gaya gravitasi untuk mempercepat pergerakan bola. *Chamber* ditempatkan di luar sumbu pusat pada disk. Akibatnya, *chamber* berputar ke arah yang berlawanan dengan sumbu pusat yang berputar. Hasilnya efek bola penggilingan bergerak dengan dipercepat bukan oleh gravitasi, tetapi oleh gaya sentrifugal. Kecepatan rotasi *planetary ball mill* akan mempengaruhi kualitas serbuk yang dihasilkan. Apabila terlalu cepat maka serbuk akan menempel dinding *chamber* karena gaya sentrifugal yang akan menyebabkan bola tertarik keluar menuju dinding *chamber*. Apabila terlalu lambat maka bola tidak akan terangkat dan terus berguling-guling di bagian dasar *chamber* (Dorey dkk., 2012).

Sebagian besar bola penggilingan memiliki bahan stainless steel, tungsten karbida, baja, zirkonia, korundum atau batu akik. Bola dengan diameter besar atau kepadatan tinggi dapat memberikan energi dampak yang lebih tinggi selama peristiwa tabrakan pada proses penggilingan dan menyebabkan aktivitas permukaan yang lebih tinggi. Manfaat aktivitas permukaan yang lebih tinggi

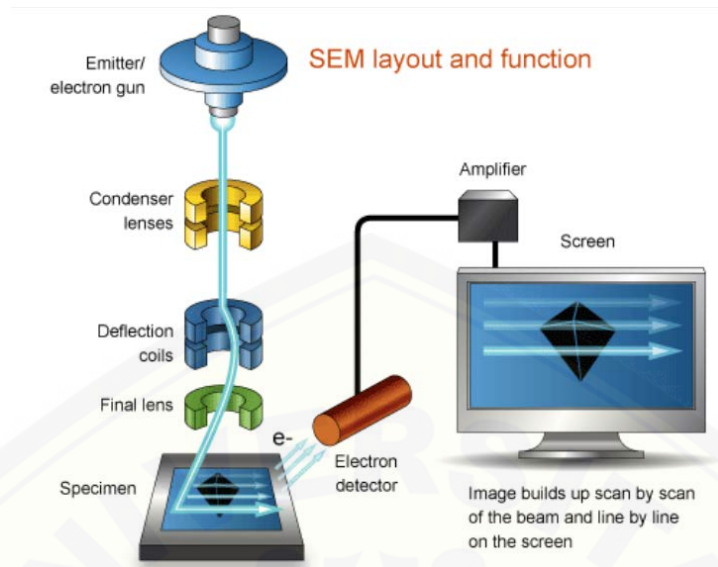
misalnya dalam reaksi katalitik atau dalam pembentukan produk yang stabil secara termodinamik. Penggunaan bola yang terlalu banyak hanya akan menghasilkan ukuran partikel yang tidak optimal karena kekurangan ruang akan menyebabkan gerakan bola terbatas. Jika bola yang digunakan terlalu sedikit maka akan terjadi abrasi yang kuat antara permukaan bola dengan permukaan *chamber* yang akan menyebabkan kontaminasi material serbuk. Volume keseluruhan sampel dan bola penggiling dalam *chamber* dengan menggunakan *planetary ball mill* yaitu tidak boleh lebih dari 2/3 volume *chamber* (Muttaqin dkk., 2015).

2.4 Karakterisasi Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan

Karakterisasi, menurut Materials Advisory Board of The National Research Council in the United States, merupakan suatu prosedur yang dilakukan untuk menggambarkan komposisi dan struktur dari material yang secara signifikan dilakukan untuk pembuatan material, studi material, penggunaan, dan persiapan untuk mereproduksi suatu material. Karakterisasi bahan memiliki beberapa bentuk dan tujuan yaitu karakterisasi yang ditujukan untuk mengukur sifat fisik dan kimia bahan secara akurat, mengukur dan menentukan struktur material secara akurat termasuk struktur level atom dan struktur level mikroskopis meliputi ukuran, bentuk dan permukaan material, dan memeriksa fase material. Secara garis besar, karakterisasi material bertujuan mengetahui sifat, struktur dan komposisi material yang berguna memastikan peluang reproduksi suatu material (Hench, 2013).

2.4.1 Analisis morfologi menggunakan SEM

Proses karakterisasi berupa analisis morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan dapat dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) atau mikroskop elektron. Teknik SEM pada dasarnya merupakan proses pemeriksaan dan analisis permukaan. Analisis morfologi menggunakan SEM merupakan cara yang relatif sederhana untuk menentukan gambaran bentuk dan ukuran partikel. SEM dapat menghasilkan gambar suatu objek dengan perbesaran objek hingga skala 0,1 nanometer. Pengoperasian SEM dilakukan dalam kondisi vakum (10^{-6} bar) tujuannya adalah memungkinkan kondisi untuk elektron hanya berinteraksi dengan sampel yang diteliti (Setiabudi, 2012).



Gambar 2.6 Skema SEM (Sumber: Mohammed dkk., 2018)

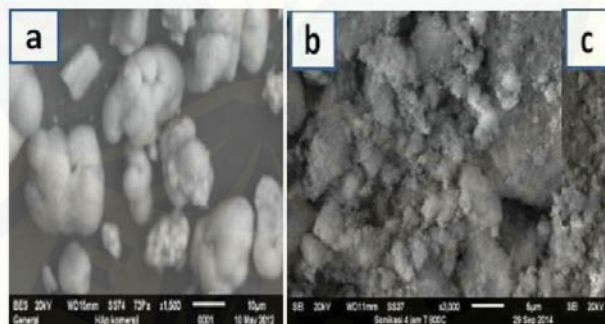
Prinsip kerja instrumen SEM didasarkan pada elektron primer yang dilepaskan dari emitter atau electron gun akan memberikan energi ke elektron atom spesimen yang kemudian dapat dilepaskan sebagai elektron sekunder (SE). Berkas elektron primer yang dipancarkan akan difokuskan ke monokromatik beam oleh lensa medan magnet (*magnetic field lens*). Selanjutnya berkas elektron primer akan di arahkan ke scanning coil yang akan meneruskan pada seluruh permukaan spesimen. Sebuah gambar dapat dibentuk melalui proses mengumpulkan SE dari setiap titik permukaan spesimen yang akan diteruskan elektron detector untuk dicitrakan pada layar. Apabila permukaan spesimen memiliki banyak lubang, tidak merata ketinggiannya maka setiap permukaan yang berbeda tersebut akan memantulkan jumlah elektrom yang berbeda. Hal tersebut menimbulkan variasi gambaran gelap dan terang pada hasil foto (Akhtar dkk., 2019).

Syarat agar SEM dapat menghasilkan gambaran yang tajam atau resolusi tinggi adalah SEM beroperasi pada kondisi vakum untuk menghindari interaksi elektron primer dengan molekul gas, permukaan objek harus bersifat konduktif yaitu sebagai pemantul elektrom atau dapat melepaskan elektron. Material yang memiliki sifat tersebut adalah material logam, oleh karena itu permukaan material

bukan logam harus dilapisi dengan menggunakan logam Au atau Pt pada bagian permukaannya (Abdullah dkk., 2009).

Hasil SEM akan diperoleh parameter morfologi meliputi bentuk dan ukuran partikel. Parameter ukuran menggambarkan ukuran objek meliputi diameter rata-rata, luas atau keliling secara terpisah dari bentuknya. Parameter bentuk mengkarakterisasikan bentuk dari objek yang diamati, tanpa mempertimbangkan ukuran. Deskripsi bentuk merupakan penjelasan kualitatif penampilan visual partikel, seperti bulat, semi-angular, angular telah digunakan untuk mengklasifikasikan dan membedakan antara berbagai kelompok partikel berbentuk serbuk. Morfologi partikel serbuk juga dapat ditandai dengan deskripsi seperti berbentuk *spherical* (bulat atau bola), angular (bersudut), dendritik, berbentuk piring, asirkular, *irregular* (Milki dkk., 2001).

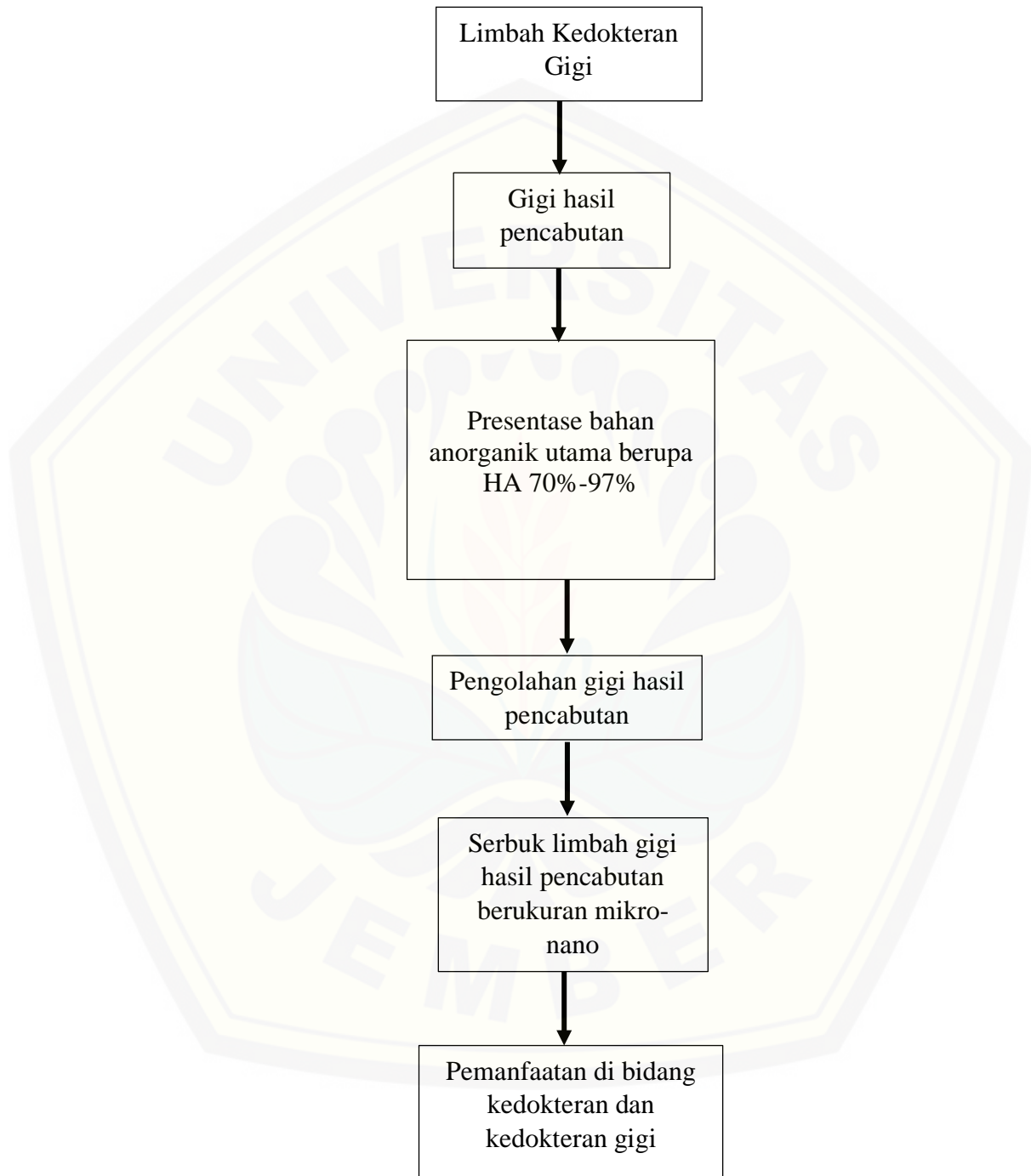
Morfologi bentuk kristal HA sintetik yang diamati menggunakan *Scanning electron microscope* (SEM) memiliki bentuk *spherical* (bulat) dan *rod-like* (seperti batang). Sedangkan bentuk kristal HA yang diperoleh dari bahan alami yang diamati menggunakan SEM memiliki bentuk granular *irregular* (Dardouri dkk., 2016; Charlena dkk., 2015).



(a) HA komersial pembesaran 1500 \times ; (b) HA alami cangkang keong sampel pada pembesaran 3000 \times

Gambar 2.7. Hasil analisis SEM (Sumber: Charlena, dkk., 2015)

2.5 Kerangka Konsep



Gambar 2.8 Kerangka Konsep

2.6 Penjelasan Kerangka Konsep

Gigi hasil pencabutan merupakan salah satu bentuk limbah medis kedokteran gigi. Gigi manusia memiliki kandungan bahan organik dan anorganik. Kandungan bahan anorganik gigi sebesar 70% hingga 97%. Presentase kandungan bahan anorganik tersebut sebagian besar adalah HA sehingga hal ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan hidroksiapatit artifisial alami karena memenuhi persyaratan yaitu bahan kaya akan kandungan kalsium. Gigi hasil pencabutan dapat diolah dan diproses menjadi bentuk serbuk berukuran mikrometer hingga nanometer. Hasil serbuk tersebut dapat dimanfaatkan dalam bidang kedokteran dan kedokteran gigi sebagai salah satu bahan pembuatan HA artifisial dari bahan alami.

2.7 Hipotesis Penelitian

Gigi hasil pencabutan yang diproses menggunakan *planetary ball mill* dan kalsinasi memiliki morfologi meliputi bentuk partikel homogen dan ukuran rata-rata partikel dengan variasi antara mikrometer hingga nanometer.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen. Desain penelitian eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain eksperimen *one group posttest-only design*. Desain penelitian ini menggunakan kelompok eksperimen atau kelompok perlakuan tanpa menggunakan kelompok kontrol. Kelompok perlakuan tersebut selanjutnya akan diberikan *posttest*. Hasil *posttest* tidak dapat dibandingkan dengan sebelum diberikan perlakuan maupun tanpa diberikan perlakuan. Kelemahan dari desain penelitian ini adalah tidak adanya kontrol dan tidak diperoleh *pretest*. Keuntungan dari desain penelitian ini adalah penelitian berlangsung lebih cepat, hemat biaya, mudah dilakukan. Desain penelitian ini dapat digunakan apabila peneliti memiliki pengetahuan sebelum kelompok diberi perlakuan misalnya sebelum diberi perlakuan zeolit yang dihancurkan memiliki ukuran makro dan tidak homogen, maka setelah diberikan sebuah perlakuan penggilingan maka serbuk zeolit memiliki ukuran mikro hingga nano serta lebih homogen. (Masturoh dkk., 2018; Hastjarjo, 2019; Agusetiani, 2013).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Desember 2020.

3.2.2 Tempat Penelitian

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember untuk pembuatan serbuk limbah gigi hasil pencabutan.
2. Penelitian dilakukan di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember untuk proses kalsinasi menggunakan *muffle furnace*

3. Penelitian dilakukan di Laboratorium Farmasetika Fakultas Farmasi Universitas Jember untuk analisis morfologi menggunakan SEM.

3.3 Identifikasi Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah proses *ball milling* menggunakan *planetary ball mill* dan kalsinasi.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan.

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kriteria gigi yang digunakan sebagai bahan pembuatan sampel dan prosedur analisis morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan.

3.4 Definisi Operasional

3.4.1 *Ball milling*

Ball milling merupakan sebuah metode penghancuran partikel. Proses *ball milling* memiliki prinsip menghancurkan bahan menggunakan bola penumbuk dalam sebuah tabung yang berputar. Sejumlah bola penumbuk tersebut akan terangkat pada dinding tabung yang kemudian jatuh ke seluruh permukaan bahan. Proses ini menyebabkan fragmentasi pada stuktur bahan yang menghasilkan perubahan ukuran bahan menjadi sangat halus (Widjanarko, 2014).

3.4.2 *Planetary ball mill*

Salah satu jenis *ball mill* dengan gerakan berputar adalah *planetary ball mill*. *Planetary ball mill* memiliki tingkat energi yang tinggi dalam proses memproduksi ukuran serbuk yang lebih halus atau homogen. *Planetary ball mill* tidak memanfaatkan gaya gravitasi tetapi mengandalkan gaya sentrifugal dalam proses

pergerakan komponennya. *Chamber planetary ball mill* terletak di sisi luar pusat *sun wheel* (platform pemutar *chamber* yang menghasilkan gaya sentrifugal). *Chamber* berputar ke arah yang berlawanan dengan *sun wheel*. Hasilnya adalah perputaran bola penggiling dalam *chamber* bergerak jauh lebih cepat 2 hingga 3 kali lipat kecepatan *sun wheel* (Dorey, 2012).

3.4.4 Kalsinasi

Proses kalsinasi merupakan proses pemanasan serbuk limbah gigi hasil pencabutan menggunakan *muffle furnace* pada suhu 850°C selama 2 jam. Fungsi proses kalsinasi adalah mengekstraksi kandungan HA dengan cara sepenuhnya menghilangkan bahan organik dan membunuh patogen yang mungkin ada pada bahan tersebut (Pu'ad dkk., 2019).

3.4.3 Analisis morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan menggunakan SEM

Sebuah metode atau proses yang salah satunya dapat memanfaatkan alat *scanning electron microscope* (SEM) yang digunakan untuk menganalisis gambar dengan menyediakan parameter ukuran rata-rata partikel. Hasil gambaran SEM dapat digunakan untuk mengetahui parameter bentuk permukaan partikel (Milki, 2001).

3.5 Sampel Penelitian

3.5.1 Kelompok Sampel Penelitian

Sampel penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas 1 kelompok yaitu serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproses menggunakan *planetary ball mill* dan kalsinasi.

3.5.2 Besar Sampel Penelitian

Rumus besarnya sampel penelitian yang digunakan yaitu:

$$N = \frac{Z^2 \sigma^2}{\alpha^2}$$

Keterangan:

N: Besar sampel minimum

Z: Nilai Z pada tingkat tertentu (α); jika $\alpha = 0,05$, maka $Z = 1,96$

α : Kesalahan yang masih ditoleransi

σ : Standart deviasi (SD) penelitian sejenis

Menurut Steel dan Torrie, 1995 pada rumus besar sampel minimal nilai σ diasumsikan sama dengan nilai α , karena nilai σ^2 jarang diketahui sehingga perlu melakukan dugaan untuk mengetahuinya.

Perhitungan:

$$N = \frac{(1,96)^2 \sigma^2}{\alpha^2}$$

$$N = (1,96)^2$$

$$N = 3,84$$

Berdasarkan rumus besar sampel minimal maka diketahui jumlah sampel yang dibutuhkan sebanyak 4 sampel untuk tiap kelompok penelitian, maka untuk 1 kelompok dibutuhkan 4 sampel dan tiap sampel ditentukan memiliki berat 1gram sesuai dengan ketentuan minimal berat pemeriksaan SEM dalam bentuk sampel serbuk adalah 0,5gram.

3.6 Alat dan Bahan

1.6.1 Alat

1. *Planetary ball mill* Retsch PM 400
2. *Chieving machine* Fritsch analysette 3
3. Kompaksi
4. Ayakan 560 μm , 140 μm , 112 μm , 80 μm , 40 μm
5. Timbangan digital Mettler Toledo
6. *Air compressor machine*
7. Blender
8. *Muffle furnace*

9. Kuas
10. Sendok
11. Gunting
12. Cutter
13. Toples
14. *Scanning* electron microscope (SEM) TM 3000 Hitachi
15. *Software* Image-J
16. *Software* Origin 2021

1.6.2 Bahan

1. Gigi hasil pencabutan
2. Alkohol 70%
3. Hidrogen peroksida 3%
4. Sodium hipoklorit (NaOCl) 5,25%
5. Autosol
6. Larutan asam
7. Masker
8. Sarung tangan latex
9. Tissue kering
10. Tissue basah
11. Plastik vakum
12. Plastik *zip lock*

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Persiapan Alat dan Bahan

Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

3.7.2 Sterilisasi Alat

1. Membersihkan seluruh permukaan mesin kompaksi yang akan berkontak langsung dengan bahan menggunakan autosol untuk menghilangkan oksida logam.

2. Mensterilisasi seluruh permukaan mesin kompaksi yang akan berkontak langsung dengan bahan menggunakan alkohol 70%.
3. Membersihkan *chamber* dan bola stainless steel menggunakan autosol untuk menghilangkan oksida logam pada permukaannya.
4. Membersihkan *chamber* dan bola stainless steel kembali menggunakan larutan asam dengan cara memulas larutan asam dengan kuas pada permukaannya dan selanjutnya dibilas menggunakan air mengalir.
5. Mengeringkan *chamber* dan bola stainless steel menggunakan tissue kering.
6. Mensterilisasi *chamber* dan bola stainless steel menggunakan alkohol 70%.
7. Membersihkan ayakan 560 μm , 140 μm , 112 μm , 60 μm , 40 μm dengan cara mengalirkannya pada air bersih.
8. Mengeringkan ayakan 560 μm , 140 μm , 112 μm , 60 μm , 40 μm menggunakan *air compressor machine*.
9. Mensterilisasi ayakan 560 μm , 140 μm , 112 μm , 60 μm , 40 μm dengan menyemprotkan alkohol 70% pada seluruh permukaannya.
10. Mensteriliasi peralatan lainnya menggunakan alkohol 70%.

3.7.3 Sterilisasi Gigi Hasil Pencabutan

Prosedur sterilisasi gigi hasil pencabutan dilakukan sebagai berikut (Rutala, dkk., 2019; Ozkuz, 2018; Laurence, 2000):

1. Memilih dan memilah gigi hasil pencabutan sesuai kriteria yang ditentukan yaitu seluruh jenis elemen gigi permanen (insisive, caninus, premolar, dan molar), gigi bebas dari karies dan kalkulus, gigi dalam keadaan utuh.
2. Merendam gigi hasil pencabutan ke dalam alkohol 70% selama 20 menit.
3. Membilas seluruh gigi di bawah air bersih mengalir.
4. Merendam seluruh gigi ke dalam larutan hidrogen peroksida 3% selama 12 menit.

5. Membilas seluruh gigi di bawah air bersih mengalir.
6. Merendam seluruh gigi dalam larutan natrium hipoklorit (NaOCl) 5,25% selama 10 menit.
7. Membilas seluruh gigi di bawah air bersih mengalir.
8. Mengeringkan seluruh gigi.

3.7.4 Pembuatan Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan

1. Menghancurkan seluruh gigi yang telah disterilisasi menggunakan mesin kompaksi. Pada bagian permukaan mesin kompaksi yang berkontak langsung dengan gigi dibungkus menggunakan plastik vakum untuk menghindari kontaminasi.
2. Menghancurkan kembali gigi yang telah dikompaksi menggunakan blender untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil dan homogen (Lu, 1998; Zulkarnain, 2016).
3. Melakukan pengayakan menggunakan ayakan $560\ \mu\text{m}$ di atas *chieving machine* Fritsch analysette 3 selama 30 menit.
4. Menimbang berat serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang lolos dan tidak lolos ayakan $560\ \mu\text{m}$. Berat serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang lolos ayakan sebesar 481, 8875gr dan berat serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang tidak lolos ayakan sebesar 106,0436gr.
5. Mempersiapkan *chamber*, bola, dan serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang telah lolos ayakan $560\ \mu\text{m}$ untuk di *milling*.
6. Menggunakan rasio 1:8 (berat serbuk:berat bola (gr)) dengan ketentuan total berat serbuk dan bola tidak lebih dari $2/3$ volume *chamber*. Berat bola yang digunakan adalah 264,76gr tiap *chamber* yang terdiri atas 66 bola kecil berukuran 0,7cm. Berat serbuk adalah 33,1gr untuk setiap *chamber*. Total berat keseluruhan bola dan serbuk adalah 297,86gr.
7. Melakukan proses *ball milling* menggunakan *planetary ball mill* Retsch PM 400 selama 2 jam dengan rasio kecepatan 1:-3 atau 200rpm:600rpm. Rasio kecepatan memiliki arti bahwa setiap 1 kali bagian *sun wheel planetary ball mill* berputar maka *chamber* atau

grinding jar akan berputar 3 kali (Lucy, 2011; Rasyidin dkk., 2018; Lamonova dkk., 2015).

8. Melakukan pengayakan menggunakan ayakan $140\ \mu\text{m}$, $112\ \mu\text{m}$, $80\ \mu\text{m}$, $40\ \mu\text{m}$ yang disusun bertingkat di atas *chieving machine* Fritsch analysette 3 selama 30 menit untuk hasil *ball milling* selama 2 jam tadi.
9. Menimbang berat serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang lolos ayakan $40\ \mu\text{m}$ ($\leq 40\ \mu\text{m}$) dan tidak lolos ayakan $40\ \mu\text{m}$ ($40\ \mu\text{m} < X < 80\ \mu\text{m}$). Berat serbuk $< 40\ \mu\text{m}$ adalah 80,2gr. Berat serbuk $40\ \mu\text{m} < X < 80\ \mu\text{m}$ adalah 140,3965gr. Total keseluruhan serbuk akhir adalah 220,5965gr.
10. Menyiapkan serbuk limbah gigi hasil pencabutan hasil *ball milling* selama 2 jam untuk di lakukan *ball milling* selama 6 jam. Menimbang serbuk dan bola menggunakan rasio 1:8 (berat serbuk:berat bola (gr)) dengan ketentuan total berat serbuk dan bola tidak lebih dari $\frac{2}{3}$ volume *chamber*. Berat bola yang digunakan untuk:
 - a. Serbuk $\leq 40\ \mu\text{m}$ adalah 280gr setiap *chamber*. Berat serbuk yang digunakan adalah 35gr setiap *chamber*. Jadi, proses ini membutuhkan 2 *chamber*. Total berat serbuk dan bola adalah 315gr.
 - b. Serbuk $40\ \mu\text{m} < X < 80\ \mu\text{m}$ adalah 280gr setiap *chamber*. Berat serbuk yang digunakan adalah 35gr setiap *chamber*. Jadi, sisa 2 *chamber* digunakan untuk serbuk ukuran ini. Total berat serbuk dan bola adalah 315gr.
11. Melakukan proses *ball milling* menggunakan *planetary ball mill* Retsch PM 400 selama 6 jam dengan rasio kecepatan 1: -3 atau 200rpm:600rpm. Mesin diistirahatkan setiap 2 jam untuk mencegah *overheating*.
12. Menimbang hasil serbuk akhir untuk setiap ukuran.
13. Mengambil serbuk $\leq 40\ \mu\text{m}$ sebagai kelompok akhir sampel perlakuan yang akan dilakukan proses kalsinasi dan dianalisis.

3.7.5 Proses kalsinasi

Melakukan kalsinasi serbuk limbah gigi hasil pencabutan berukuran $\leq 40 \mu\text{m}$ menggunakan *muffle furnace* dengan suhu 850°C selama 2 jam (Ozkuz, 2018).

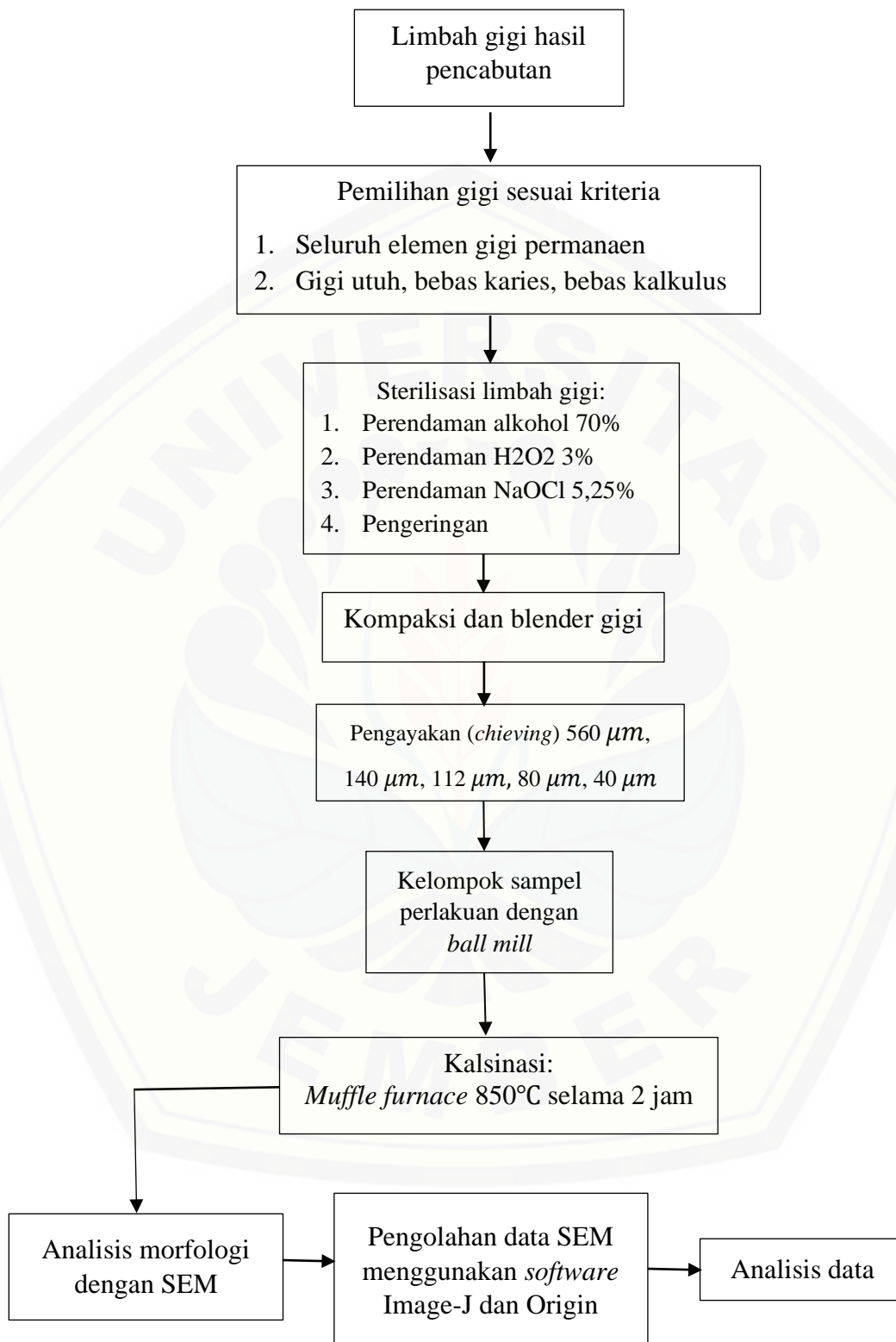
3.7.6 Analisis morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan menggunakan SEM dan *software* Image-J serta Origin

1. Menyiapkan setiap sampel dari kelompok perlakuan.
2. Menempatkan sampel pada *sample holder* dan merekatkan menggunakan *carbon tape*.
3. Mengambil data digital gambar permukaan setiap sampel serbuk dengan pembesaran 50x, 1000x, 1500x, 3000x, 5000x, 7000x, 9000x.
4. Mengamati dan mencatat bentuk partikel dari gambar.
5. Data digital gambaran morfologi serbuk diolah lebih lanjut menggunakan *software* Image-J untuk mengetahui distribusi ukuran partikel.

3.8 Analisis Data

Analisis data kuantitatif secara deskriptif hasil penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mendeskripsikan morfologi partikel sampel yang dihasilkan. Analisis morfologi sebelumnya dilakukan dengan menggunakan *software* Image-J dan Origin. *Software* Image-J digunakan untuk menghasilkan data distribusi ukuran partikel. *Software* Origin digunakan untuk menghasilkan histogram frekuensi dan ukuran rata-rata partikel. Seluruh data yang diperoleh akan dianalisis secara deskriptif untuk menjelaskan morfologi serbuk limbah gigi hasil pencabutan.

3.9 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang diproduksi menggunakan *planetary ball mill* selama 8 jam disertai dengan proses kalsinasi pada suhu 850°C selama 2 jam memiliki morfologi bentuk partikel yang homogen dan ukuran rata-rata partikel berskala mikrometer.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

- 5.2.1 Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai komponen unsur atau kandungan serbuk limbah gigi hasil pencabutan
- 5.2.2 Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat fisik dan mekanik serbuk limbah gigi hasil pencabutan
- 5.2.3 Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai biokompatibilitas serbuk limbah gigi hasil pencabutan

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. dan Khairurrijal. 2009. Review: karakterisasi nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 2(1).
- Agbabiaka, O. G., I. O. Oladele, A. D Akinwekomi, dkk. 2020. Effect of calcination temperature on hydroxyapatite developed from waste poultry eggshell. *Journal Scientific African*. 8: e00452.
- Agusetian, L, Pardoyo, A. Subagio. 2013. Pembuatan nanozeolit dari zeolit alam secara top down menggunakan high energy milling dan aplikasinya untuk penyerapan ion Fe^{3+} . Universitas Diponegoro.
- Akhtar, K., S. A. Khan, S. B. Khan, A. M. Asiri. 2019. Chapter 4 Scanning Electron Microscopy: Principle and Applications in Nanomaterials Characterization. Springer International Publishing AG.
- Alparslan, Y., T. Baygar, T Baygar. 2017. Extraction, characterization and antimicrobial activity of hydroxyapatite from seabass and seabream scale. *Journal of Food and Helath Science*. 3(3): 90-96.
- Arnoff, M. dan K. Fudeman. 2011. What is morphology? Volume 8. John Wiley & Sons.
- Aydin, I. dan M. Kirman. 2018. Investigation of fracturing and adhesion behavior of hydroxapatite coating formed by aminoacetic acid-sodium aminoacetate buffer systems. *Metals* 8: 151.
- Boudemagh, D., P. Venturini, S. Fleutot, F. Cleymand. 2018. Elaboration of hydroxyapatite nanoparticles and chitosan/ hydroxyapatite composites: a present status. Springer Nature.
- Burmeister, C. F. Dan A. Kwade. 2012. Process engineering with *planetary ball mills*. *The Royal Society of Chemistry*.
- Charlena, B. Sugeng, P. Astuti. 2015. Sintesis Hidroksiapatit Dari Cangkang Keong Sawah (*Bellamya Javanica*) Dengan Metode Simultan Presipitasi Pengadukan Berganda. Prosiding SEMIRATA 2015. 284-293.
- Charlena, I. H. Suparto, D. K. Putri. 2015. Synthesis of hydroxyapatite from rice fields snail shell (*bellamya javanica*) through wet method and pore modification using chitosan. *Procedia Chemistry* 17: 27 – 35.
- Chen, H. dan Y. Liu, 2014. Teeth. *Advanced Ceramics for Dentistry* 5–21.

- Costescu, A, I. Pasuk, F. Ungureanu, A. Dinischiotu, M. Costache, S. Galaup, P. Coustumer, D. Predoi. 2010. Physico-chemical properties of nano-sized hexagonal hydroxyapatite powder synthesized by sol-gel. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 5(4):989-1000.
- Dardouri, M., J. P. Borges, A. D. Omrani. 2016. Tailoring the morphology of hydroxyapatite particles using a simple solvothermal route. *Ceramics International*.
- Desiati, R. D., E. Sugiarti, S. Ramandhany. 2018. Analisa ukuran partikel serbuk komposit NiCrAl dengan penambahan reaktif elemen untuk aplikasi lapisan tahan panas. *Metalurgi*. 33(1).
- Depkes RI. 2006. Pedoman Penatalaksanaan Pengelolaan Limbah Padar dan Cair di Rumah Sakit. Bakti Husada. Jakarta.
- Ding, T., Y. Xue, H. Lu, Z. Huang, J. Sun. 2012. Effect of particle size of hydroxyapatite nanoparticles on its biocompatibility. *IEEE Transactions on Nanobioscience* 11(4).
- Dorey, R. 2012. Routes to thick films. *Ceramic Thick Films for MEMS and Microdevices*. United Kingdom: Elsevier 35-61.
- Fadli, D. F., Y. Azis, Yusnimar. 2019. Pengaruh suhu dan ph terhadap bentuk partikel hidroksiapatit dari precipitated calcium carbonate (pcc) kulit telur itik melalui metode presipitasi. *JOM FTEKNIK*. 6(1).
- Fidya. *Anatomi gigi dan mulut*. UB Press. 2018. ISBN: 978-602-432-542-8.
- Ghiasi, B., Y. Sefidbakht, M. Rezaei. 2019. Hydroxyapatite for biomedicine and drug delivery. *Nanomaterials for advanced biological applications, advanced structured materials* 104. Springer Nature.
- Ghosh, S. B. 2008. Bone as a collagen-hydroxyapatite composite and its repair. *Trends Biomater Artif Organs* 22(2):116-124.
- Goldberg, M., A. B. Kulkarni, M. Young, A. Boskey. 2012. Dentin: structure, composition and mineralization: the role of dentin ecm in dentin formation and mineralization. *Front Biosci (Elite Ed)* 3: 711–735.
- Hastjarjo, T. D. 2019. Rancangan Eksperimen-Kuasi. *Buletin Psikologi*. 27(2):187-203.
- Hench, L. L. 2013. *An Introduction to Bioceramics: Second Edition*. World Scientific Publishing Company. ISBN: 9781908977175.

- Karabulut, A., F. E. Bastan, G. Erdogan, F. Ustel. 2015. Heat treatment's effects on hydroxyapatite powders in water vapor and air atmosphere. AIP Publishing LLC.
- Karteva, E., N. Manchorova-Veleva, Z. Damyanov, T. Karteva. 2019. Morphology and structural characterization of human enamel and dentin by optical and scanning electron microscopy. *Journal of IMAB*. 25(4):2744-2750.
- Khaira, K. 2011. Pengaruh temperatur dan waktu kalsinasi kapur terhadap karakteristik precipitated calcium carbonate (PCC). *Jurnal Saintek*. 3(1): 33-43.
- Khoa, H. X., S. Bae, S. Bae, B. Kim, J. S. Kim. 2014. *Planetary ball mill process in aspect of milling energy*. *J. Kor. Powd. Met. Inst.* 21(2).
- Lamonova S. A., E. N. Lysenko, A. V. Malyshev. 2015. Influence of mechanical milling conditions on the dispersity of lithium ferrite. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 93.
- Lebre, F., R. Sridharan, M. J. Sawkins, D. J. Kelly, F. O'Brien, E. Lavelle. 2017. The shape and size of hydroxyapatite particles dictate inflammatory responses following implantation. *Nature: Scientific Reports*. 7:2922.
- Lei, X., J. Gao, F. Xing, Y. Zhang, Y. Ma, G. Zhang. 2019. Comparative evaluation of the physicochemical properties of nano-hydroxyapatite/collagen and natural bone ceramic/collagen scaffolds and their osteogenesis-promoting effect on MC3T3-E1 cells. *Regenerative Biomaterials* 361–371.
- Leukers, B., H. Gulkan, S. H. Irsen, S. Milz, C. Tille, M. Schieker, H. Seitz. 2005. Hydroxyapatite scaffolds for bone tissue engineering made by 3d printing. *Journal Mater Sci Mater Mes*. 16(12): 1121-4.
- Limbah (Def. 1) (n.d). Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Online. Diakses melalui <https://kbbi.web.id/limbah>, 20 Maret 2019
- Lu, L. dan M. O. Lai. 1998. Mechanical alloying. New York: Springer Science.
- Lucy, J. M. 2011. Structural and magnetic ordering in bulk Sr₂FeMoO₆ Synthesized by *Planetary ball mill: The Effects of Grinding*. The Ohio State University.
- Lynnerup, N. dan H. D. Klaus. 2019. Chapter 4 - Fundamentals of Human Bone and Dental Biology: Structure, Function, and Development Ortner's Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains (Third Edition).

- Masturoh I. dan N. Anggita. 2018. Metodologi penelitian kesehatan. Kementerian kesehatan republik indonesia.
- Materials Advisory Board of The National Research Council in the United States Medina, S., S. Liliana, M. Carlos, M. Freddy. 2016. *In vitro* behavior of the dentin and enamel calcium hydroxyapatite in human premolars subjected to high temperatures. *DYNA* 83 (195): 34-41.
- Menkes RI. 2004. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.
- Mikli, V., H. Kaerdi, P. Kulu, M. Besterci. 2001. Characterization of powder particle morphology. *Proc. Estonian Acad. Sci. Eng.* 7(1): 22–34.
- Mohammed, A. dan A. Abdullah. 2018. Scanning electron microscopy (SEM): a review. *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics (HERVEX)*.
- Pu'ad, M., N. A. S., Koshy, P., Abdullah, H. Z., Idris, M. I., & Lee, T. C. 2019. Syntheses of hydroxyapatite from natural sources. *Heliyon*. 5(5): 01588.
- Mozartha, M. 2015. Hidroksiapatit dan aplikasinya di bidang kedokteran gigi. *Cakradonya Dent J* 7(2):807-868.
- Mustafa, S. dan S. B. Widjarnarko. 2015. Pengecilan ukuran metode *ball mill* dan pemurnian kimia terhadap kemurnian tepung porang (*amorphophallus muelleri blume*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(2).
- Muttaqin, J. dan M. Sirait. 2015. Pembuatan nanozeolit alam paha menggunakan alat *planetary ball milling*. *Jurnal Einstein*. 3(2):45-50.
- Novita, C. F., P. Andriany, R. D. Helmi. 2017. Gambaran kepatuhan mahasiswa klinik fakultas kedokteran gigi universitas syiah kuala dalam hal pemisahan limbah medis dan non-medis. *Syiah Kuala Dent Soc* 2(1):26-32.
- Ohta, K, H. Kawamata, Ishizaki T, Hayman R. Occlusion of dentinal tubules by nano-hydroxyapatite. *Jurnal Dent Res*. 86: 1759.
- Oliviera, M. A. H. D. M., Torres C. P., Gomes-Silvia J. M., Chinelatti M. A., Menezes F. C. H. D., Palma-Dibb R. G., Borsatto M. C. 2009. Microstructure and mineral composition of dental enamel of permanent and deciduous teeth. Wiley InterScience.
- Origin Lab. 2002. Chapter 16: Curve Fitting. Origin user manual: Version 4.0.

- Ou, S. F., Chiou, S. Y., & Ou, K. L. 2013. Phase transformation on hydroxyapatite decomposition. *Ceramics International* 39(4): 3809–3816.
- ÖKSÜZ, K. E. 2018. Properties of nano hydroxyapatite powder derived from human teeth. *Chemistry Research* 3(6):76-81.
- Putri, D. A, F. R. Pertiwi, M. S. Nopiyani. 2018. Manajemen pengelolaan limbah medis di praktik dokter gigi Kabupaten Tabanan. *BDJ*. 2(1): 9-16.
- Rasyidin, R., A. Fadli, S. R. Renti. 2018. *Ball milling* process of hydroxyapatite from sea shells by synthesis method with low temperature and hydrothermal. *Jom FTEKNIK*. 5(2).
- Raya, I., E. Mayasari, A. Yahya, M. Syahrul, I. Latunra. 2015. Synthesis and characterizations of calcium hydroxyapatite derived from crabs shells (*portunus pelagicus*) and its potency in safeguard against to dental demineralizations. *International Journal of Biomaterials*.
- Roohani-Esfahani S., S. Nouri-Khorasani, Z. Lu, R. Appleyard, H. Zreiqat. 2010. The influence hydroxyapatite nanoparticle shape and size on the properties of biphasic calcium phosphate scaffolds coated with hydroxyapatite-PCL composites. *Journal Biomaterials*. 31: 5498-5509.
- Rutala, W. A., D. J. Weber, Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2019. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities. Unites States of America: CDC.
- Sa, Y, S. Liang, X. Ma, S. Lu, Z. Wang, T. Jiang, Y. Wang. 2014. Compositional, structural and mechanical comparisons of normal enamel and hypomaturation enamel. *Acta Biomater* 10: 5169–77.
- Scalera, F. 2013. Influence of the calcination temperature on morphological and mechanical properties of highly porous hydroxyapatite scaffolds. *Ceramics International*. 39: 4839–4846.
- Setiabudi, A., R. Hardian, A. Muzakir. 2012. Karakterisasi material: prinsip dan aplikasinya dalam penelitian kimia. Bandung: UPI PRESS.
- Setiawan, D. dan M. Basit. 2012. Sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit untuk aplikasi sinovektomi radiasi. *JFN*. 6(2):120-126.
- Setiawan, Y, F. W. Mahatmanti, Harjono. 2018. Preparasi dan karakterisasi nanozeolit dari zeolit alam gunungkidul dengan metode top-down. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(1).

- Simmer, J.P., P. Papagerakis, C. E. Smith, D.C. Fischer, A.N. Rountrey, L. Zheng. 2010. Regulation of dental enamel shape and hardness. *J. Dent. Res.* 89(10): 1024-1038.
- Smith, T. M. 2008. Incremental dental development: Methods and applications in hominoid evolutionary studies. *Journal of Human Evolution.* 54: 205-224.
- Sossa, P. A. F., B. S. Giraldo, B. C. G. Gracia, E. R. Parra, P. J. A. Arango. 2015. Comparative study between natural and synthetic Hydroxyapatite: structural, morphological and bioactivity properties. *Revista Matéria* 23(4).
- Steel, R. G. D. dan J. H. Torrie. 1995. Prinsip dan Prosedur Statistika. Edisi ke-4. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Stolle, A., T. Szuppa, S. E. S. Leonhardt, B. Ondruschka. 2011. *Ball milling in organic synthesis: solutions and challenges.* *Chemical Society Reviews* 40: 2317-2329.
- Sukmana, I., A. Hendriyanto, S. Savetlana, Tarkono. 2018. The effect of sintering parameter on the properties of hydroxyapatite from local limestone for bone implant application. *American Institute of Physics Publishing.*
- Swain, S. K. dan D. Sarkar. 2011. A comparative study: Hydroxyapatite spherical nanopowders and elongated nanorods. *Ceramics International* 37: 2927-2930.
- Tanaka, J. L. O., E.M. Filho, J. A. P. Salgado, M. A. C. Salgado, L. C. Moraes, M. E. L. Moraes, L. Moraes, J. C. M. Castilho. 2008. Comparative analysis of human and bovine teeth: radiographic density. *Braz Oral Res* 22(4):346-51.
- Tham, W. L., W. S. Chow, Z. A. M. Ishak. 2010. Flexural and morphological properties of poly (methyl methacrylate)/ hydroxyapatite composites: effects of *planetary ball mill* grinding time. *Journal of Reinforced Plastics and Composites.* 29:2065.
- Turon, P., L. Valle, C. Aleman, J. Puiggali. 2017. Biodegradable and biocompatible systems based on hydroxyapatite nanoparticles. *Journal of Applied Science.* 7(60).
- Walsh, L. J. 2000. Safety issue relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry. *Australian Dental Journal.* 45(4): 257-269.
- West, N. X., dan A. Joiner. 2014. Enamel mineral loss. *Journal of Dentistry.* 42: S2-S11.

- Widjarnoko, S. B. dan T. S. Suwasito. 2014. Pengaruh Lama Penggilingan Dengan Metode *Ball mill* Terhadap Rendemen Dan Kemampuan Hidrasi Tepung Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(1).
- Wu, S., H. Hsu, S. Hsu, Y. Chang, W. Ho. 2016. Synthesis of hydroxyapatite from eggshell powders through *ball milling* and heat treatment. *Journal of Asian Ceramic Societies*. 4:85-90.
- Yamamoto, T., T. Hasegawa, T. Yamamoto, H. Hongo, A. Norio. 2016. Histology of human cementum: Its structure, function, and development. *Japanese Dental Science Review* 52:63-74.
- Yuliana, R., E. A. Rahim., J. Hardi. 2017. Sintesis hidroksiapatit dari tulang sapi dengan metode basah pada berbagai waktu pengadukan dan suhu sintering. *Jurnal Riset Kimia KOVALEN*. 3(3):201-210.
- Zenóbio, M. A. F., M. S. Nogueira, E. G. Zenóbio. 2008. Chemical composition of human enamel and dentin. Preliminary results to determination of the effective atomic number.
- Zou, Z., X. Liu, L. Chen, K. Lin, J. Chang. 2012. Dental enamel-like hydroxyapatite transformed directly from monetite. *J. Mater. Chem.* 22:22637
- Zulkarnain, Gunawarman, J. Affi. 2016. Pengolahan dan Karakterisasi Serbuk Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Sapi untuk Bahan Gigi Pengganti. *Menara Ilmu* X(72):153-158.

LAMPIRAN

**Lampiran 3.1 Surat Ijin Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian FTP
Universitas Jember**

 KEMENTERIAN PENDIDIKAN, DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
Jalan Kalimantan 37, Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121
Telepon (0331) 333536, 331743 Faksimili (0331) 331991
Laman : fk.unej.ac.id

Nomor : 2023 /UN25.8/SP/2020
Perihal : Ijin Penelitian 24 AUG 2020

Kepada Yth
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember
Di
Jember

Dalam rangka penelitian maka, dengan hormat kami mohon bantuan dan kesediaannya untuk memberikan Ijin Penelitian bagi Mahasiswa kami :

1	Nama	:	Amanda Elizabeth
2	NIM	:	171610101046
3	Semester/Tahun Akademik	:	Gasal 2020/2021
4	Fakultas	:	Kedokteran Gigi Universitas Jember
5	Alamat	:	Jl Kalimantan 51-52
6	Judul Penelitian	:	Analisis Morfologi Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan Menggunakan SEM
7	Lokasi Penelitian	:	Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian FTP Universitas Jember
8	Data/ alat yang dipinjam	:	Furnace
9	Waktu	:	Agustus- Oktober 2020
10	Tujuan Penelitian	:	Kalsinasi Serbuk Gigi
11	Dosen Pembimbing	:	1. Drg. Agus Sumono, M.Kes 2. Drg. Leliana Sandra Deviate Putri, Sp. Ortho

Demikian atas perkenan dan kerja sama yang baik disampaikan terimakasih

a.n.Dekan
Wakil Dekan I,

Dr. drg. Masniari Novita, M.Kes., Sp.OF(K)
NIP. 19681125199932001

Tembusan Kepada Yth:

1. Ketua Jurusan TEP FTP UNEJ
2. Kalab. Enjiniring Hasil Pertanian FTP UNEJ

Lampiran 3.2 Surat Ijin Laboratorium Farmasetika



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

Jalan Kalimantan 37, Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121
Telpon (0331) 333536, 331743 Faksimili: (0331) 331991

Laman: fkg.unej.ac.id

Nomor : 2073 /UN25.8/SP/2020
Perihal : Ijin Penelitian

28 AUG 2020

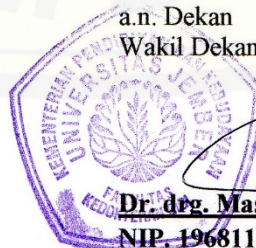
Kepada Yth
Dekan Fakultas Farmasi
Universitas Jember
Di
Jember

Dalam rangka penelitian maka, dengan hormat kami mohon bantuan dan kesediaannya untuk memberikan Ijin Penelitian bagi Mahasiswa kami:

1. Nama : Amanda Elizabeth
2. NIM : 171610101046
3. Semester/Tahun Akademik : Gasal 2020/2021
4. Fakultas : Kedokteran Gigi Universitas Jember
5. Alamat : Jl. Kalimantan nomor 51-52
6. Judul Penelitian : Analisis Morfologi Serbuk Limbah Gigi Hasil Pencabutan Menggunakan SEM
7. Lokasi Penelitian : Laboratorium Farmasetika Universitas Jember
8. Data/ alat yang dipinjam : SEM
9. Waktu : September 2020 - selesai
10. Tujuan Penelitian : Identifikasi SEM Serbuk Gigi
11. Dosen Pembimbing : 1. drg. Agus Sumono, M.Kes.
2. drg. Leliana Sandra Deviate Putri, Sp. Ortho

Demikian atas perkenan dan kerja sama yang baik disampaikan terima kasih

a.n. Dekan
Wakil Dekan I,



Dr. drg. Masniari Novita, M.Kes., Sp.OF(K)
NIP. 19681125199932001

Tembusan Kepada Yth:

1. Kabag. Farmasetika Fakultas Farmasi UNEJ

Lampiran 3.3 Proses *Planetary ball mill*

a. Sterilisasi alat dan gigi hasil pencabutan.



b. Menimbang seluruh gigi hasil pencabutan.



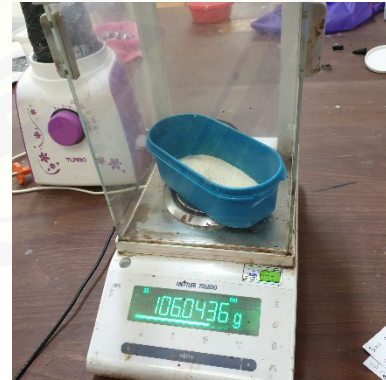
c. Menghancurkan gigi dengan mesin kompaksi.



d. Menghancurkan gigi kembali dengan blender.



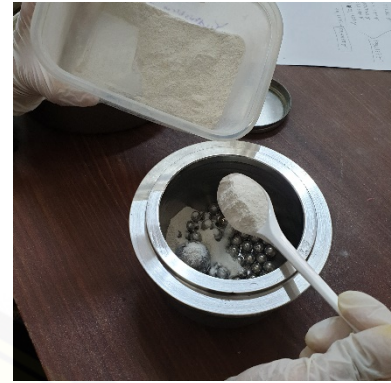
e. Mengayak serbuk limbah gigi hasil pencabutan menggunakan ayakan dan *chieving machine Fritsch analysette 3* selama 30 menit.



f. Menimbang serbuk limbah gigi hasil pencabutan yang akan diproses *milling* sesuai dengan ketentuan yang dipilih.



- g. Menimbang bola stainless steel sesuai dengan perbandingan serbuk dan bola (tidak boleh lebih dari $\frac{2}{3}$ *chamber*).



- h. Memasukkan serbuk ke dalam *chamber* yang telah berisi bola.



- i. Menutup dan mengunci seluruh *chamber*.



- j. Memasangkan *chamber* pada *planetary ball mill*.



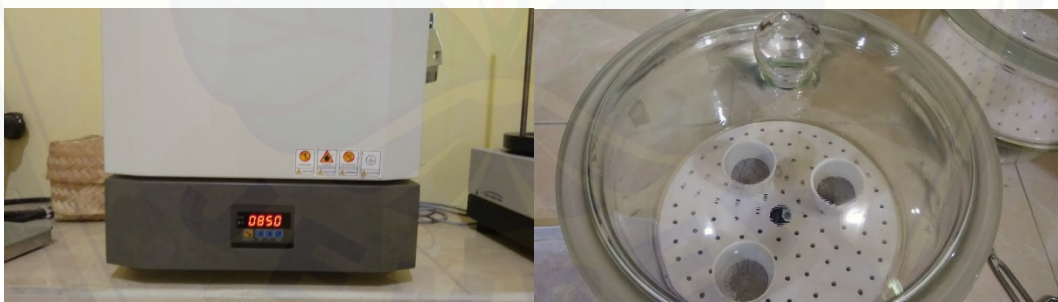
- k. Proses *milling* secara keseluruhan adalah 8 jam.

Lampiran 3.4 Proses Kalsinasi

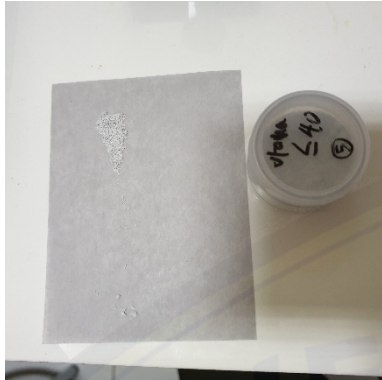
- a. Memanaskan cawan porcelain dalam oven selama 15 menit.
- b. Menetralkan suhu cawan dalam desikator selama 15 menit.



- c. Memasukkan sampel 1, 2, 3, 4 masing-masing ke dalam cawan.
- d. Memasukkan cawan berisi sampel ke dalam *muffle furnace*.



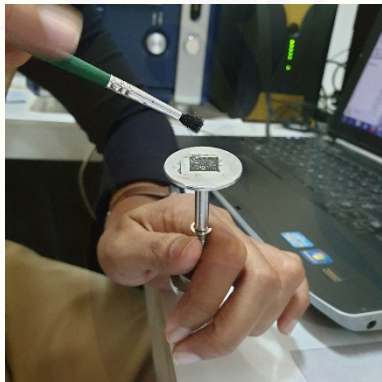
- e. Mengatur waktu kalsinasi selama 2 jam dan suhu sebesar 850°C .
- f. Menetralkan suhu hasil akhir dalam desikator.

Lampiran 3.5 Analisis Serbuk Menggunakan SEM

a. Menyiapkan sampel 1, 2, 3, 4 yang akan dianalisis SEM secara bergantian.



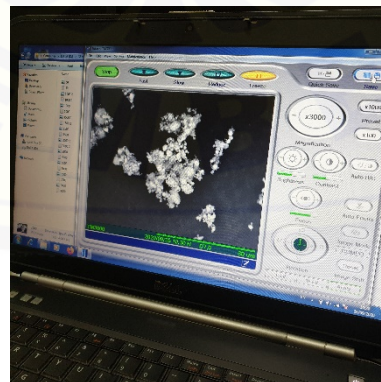
b. Melekatkan *conductive tape* pada *specimen stub*.



c. Menaburkan sampel pada *conductive tape*.

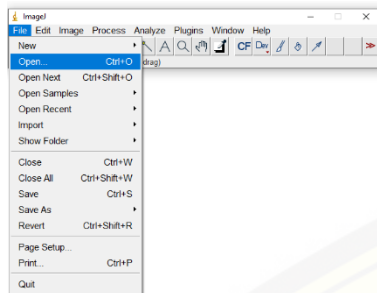


d. Meletakkan sampel pada alat SEM.

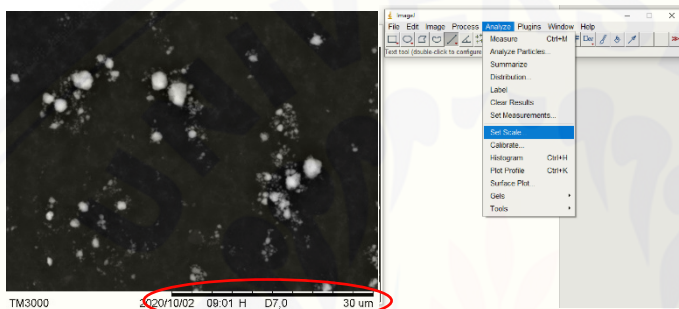


e. Menganalisis sampel dengan menggunakan software TM3000 yang terhubung dengan SEM untuk selanjutnya dapat diambil data digital gambar SEM perbesaran 100x, 1000x, 1500x, 3000x, 5000x, 7000x, dan 9000x.

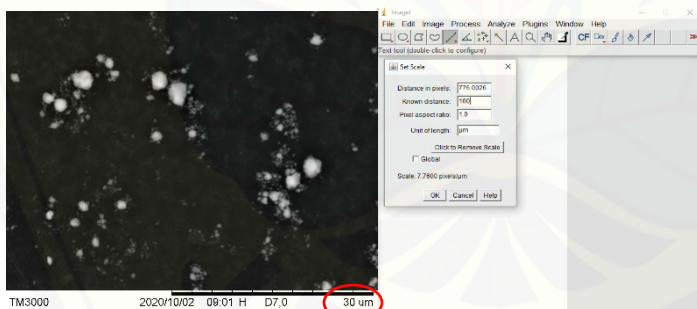
Lampiran 4.1 Analisis SEM Menggunakan Software Image-J



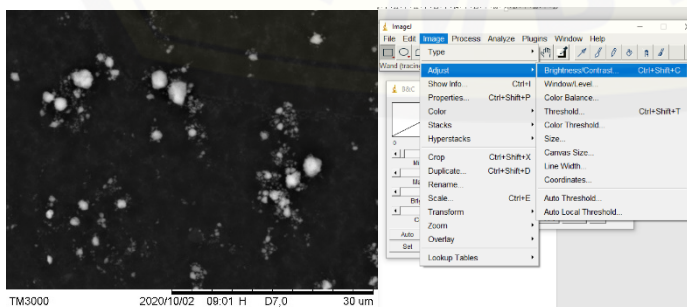
- a. Membuka software Image-J. Pilih *file* pada *toolbar* kemudian *open* untuk memilih data gambaran SEM yang akan dianalisis,



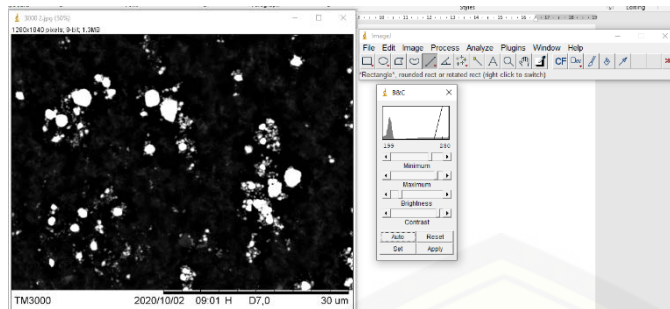
- b. Menarik garis lurus pada skala yang ada di gambar SEM untuk menyamakan ukuran pixel SEM dan ukuran acuan. Lalu klik *analyze* dan *set scale* pada *toolbar*.



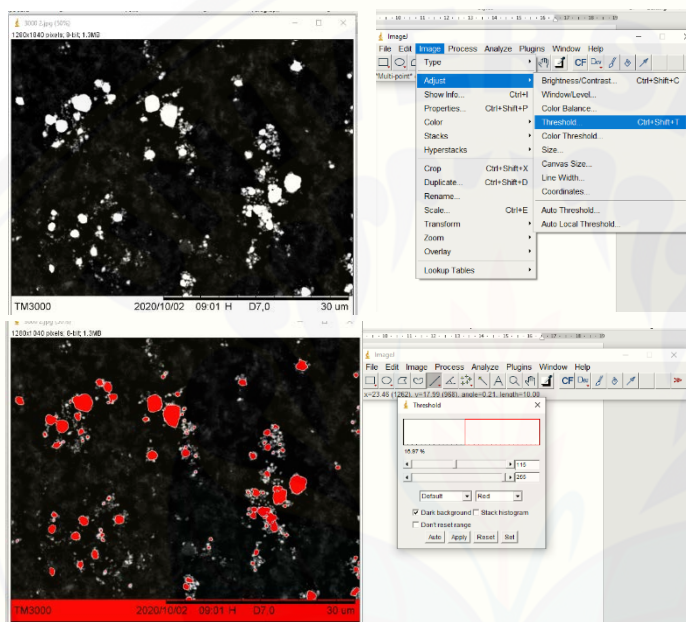
- c. Mengatur *known distance* pada *set scale* sesuai dengan skala yang tertera pada gambar SEM.



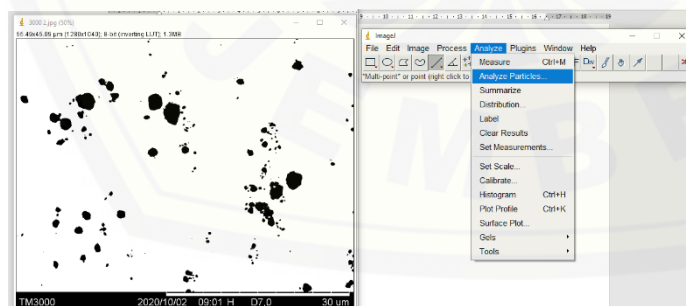
- d. Mengatur kecerahan dan kontras gambar agar meningkatkan ketelitian analisis ukuran dengan cara klik *image* → *adjust* → *brightness/contrast*



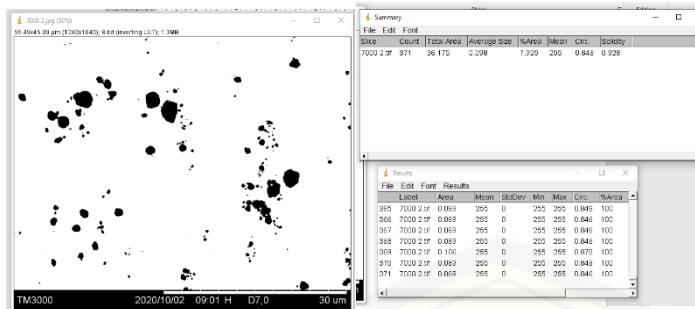
e. Mengatur kecerahan dan kontras gambar hingga tampak batas-batas jelas antar partikel.



f. Mengatur *threshold* untuk mendapatkan nilai mean dari hasil keseluruhan ukuran partikel dengan cara klik *image* → *adjust* → *threshold*

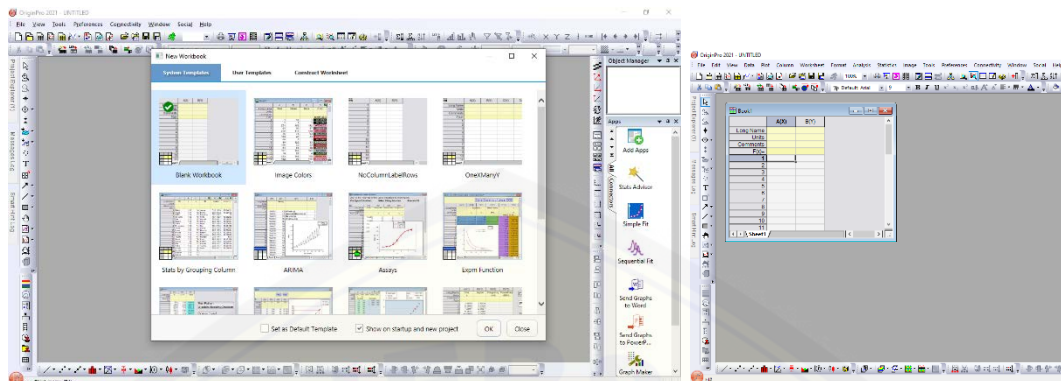


g. Melakukan analisis ukuran partikel dengan cara klik *analyze* kemudian pilih *analyze particles* pada *toolbar*.

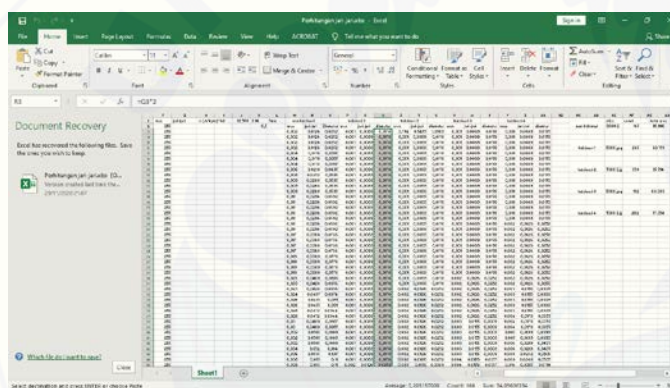


- h. Hasilnya akan didapatkan data rangkuman ukuran rata-rata partikel dan luas area tiap-tiap partikel dalam bentuk tabel. Data ini dapat diolah lebih lanjut dengan *software Microsoft excel* untuk mendapatkan ukuran panjang dari data luas area tiap-tiap partikel.

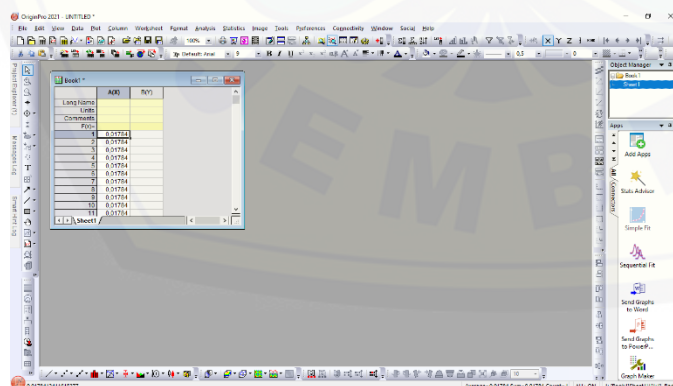
Lampiran 4.2 Analisis data Menggunakan *Software Origin*



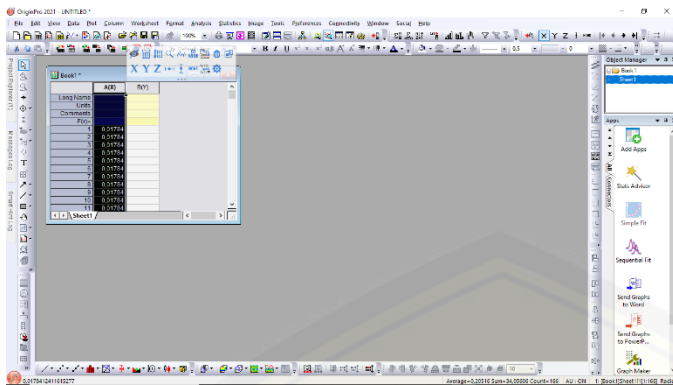
- a. Membuka *software Origin* dan memilih *blank workbook*. Hasilnya akan muncul lembar kerja *book1* yang berisi table untuk memproses data.



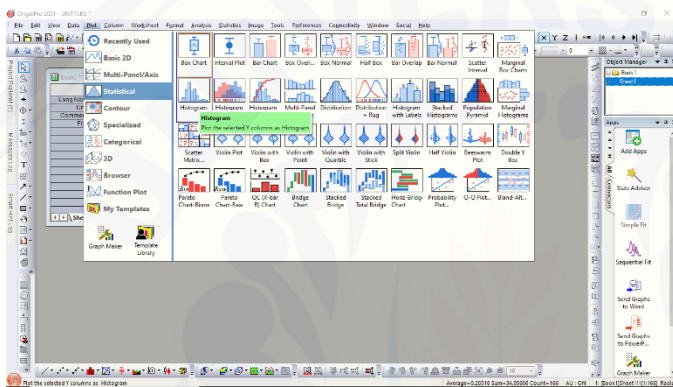
- b. Mengcopy data panjang partikel hasil pengolahan data yang didapatkan dari analisis ukuran partikel menggunakan *software Image-J*.



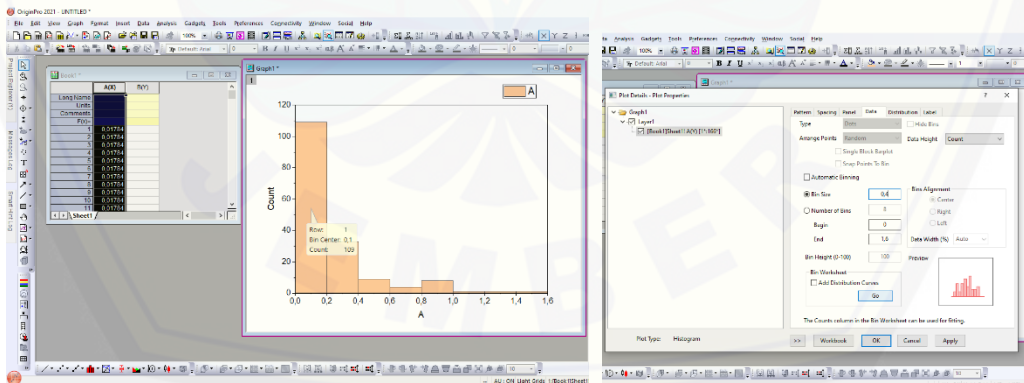
- c. Paste data tadi pada kolom A(x) nomor 1. Artinya data panjang partikel akan berada pada sumbu X.



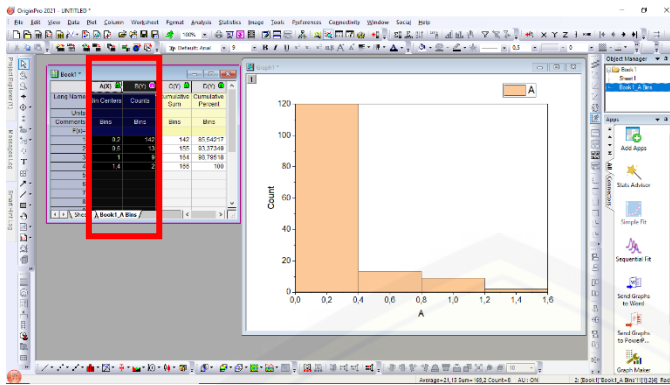
d. Memilih seluruh data pada A(x) tadi.



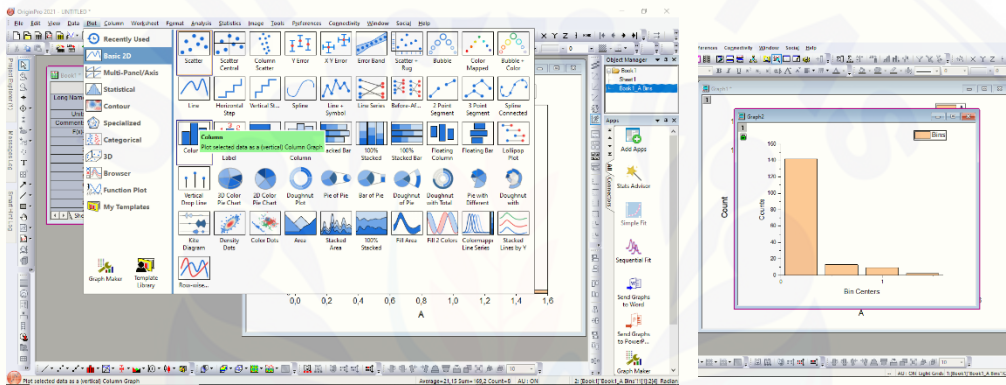
e. Membuat histogram dengan cara klik *plot* kemudian pilih *statistical* dan *histogram*. Tujuannya yaitu untuk mengetahui distribusi frekuensi ukuran partikel.



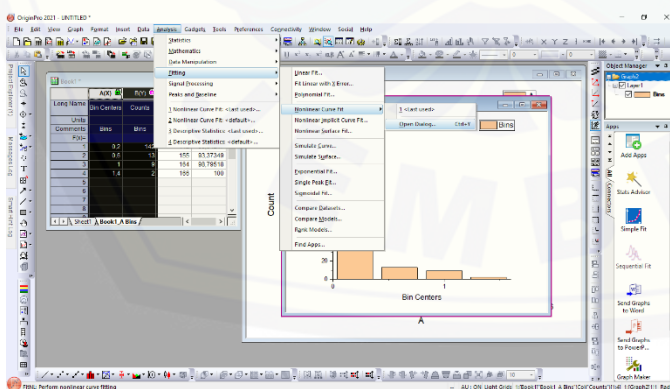
f. Klik dua kali pada histogram untuk menyesuaikan range nilai pada sumbu X. Mengatur *bin size* menjadi range 0,4 untuk mempermudah menentukan arah kurva. Klik *apply* dan *go*.



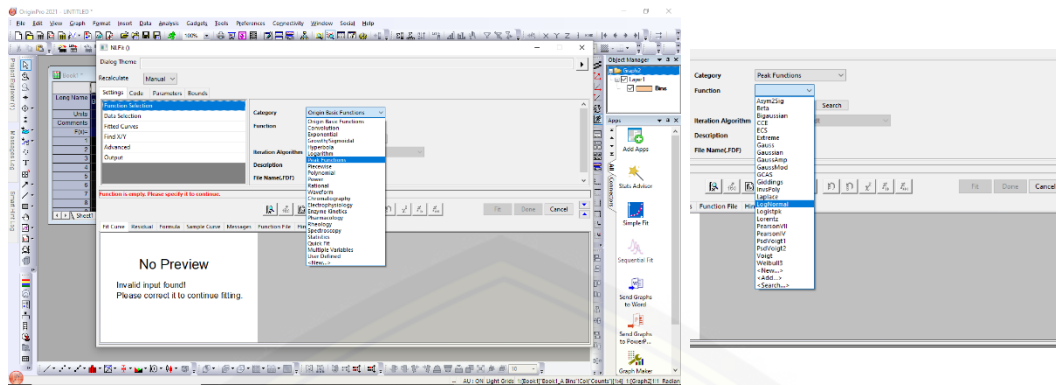
- g. Setelah itu akan diperoleh data distribusi frekuensi ukuran partikel sesuai range yang telah ditentukan. Pilih seluruh data pada kotak merah yaitu $A(x)$ /ukuran partikel dan $B(y)$ /frekuensi.



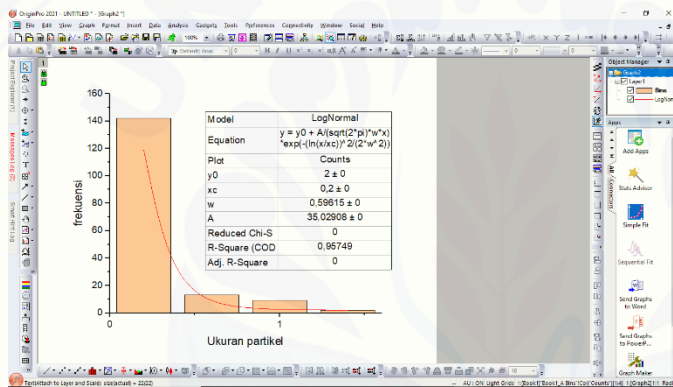
- h. Klik *plot* lalu *basic 2D* dan *column*. Tujuannya adalah mengubah tampilan histogram agar lebih mudah untuk dibaca karena batang-batang yang menyatu akan terpisah.



- i. Membuat kurva pada histogram untuk mengamati pola hubungan ukuran partikel dan frekuensinya dengan cara klik *analysis* lalu *fitting* dan pilih *nonlinear curve fit*.



- j. Pada kolom *category* pilih *peak function* dan pada kolom *function* pilih *lognormal*. Fungsinya adalah untuk mendapatkan $\text{mean}(x_c)$ dan R-Square (COD) yang dapat digunakan sebagai analisis data. Setelah selesai klik *fit*.



- k. Hasilnya akan diperoleh gambaran histogram disertai kurva hubungan ukuran partikel dan frekuensi, serta data mean dan R-Square (COD).