

TESIS

**Karakterisasi Serbuk Tongkol Jagung Hasil Proses
Penggilingan Dengan Metode Ball Mill**

Oleh

Ahmad Nurul Muttaqin
D022191001



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021

TESIS

**Karakterisasi Serbuk Tongkol Jagung Hasil Proses
Penggilingan Dengan Metode Ball Mill**

Disusun dan diajukan oleh :

Ahmad Nurul Muttaqin
D022191001

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

KARAKTERISASI SERBUK TONGKOL JAGUNG HASIL PROSES PENGGILINGAN DENGAN METODE BALL MILL

Disusun dan diajukan oleh

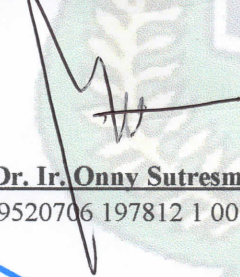
Ahmad Nurul Muttaqin

D022191001

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin pada tanggal 9 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui

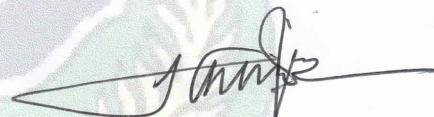
Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman, M.T

NIP. 19520706 197812 1 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Hairul Arsyad, ST., M

NIP. 19750322 200212 1 001



Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin,

Dr. Hairul Arsyad, ST., MT

NIP. 19750322 200212 1 001



Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT.

NIP. 19601231 1986091 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Nurul Muttaqin
Nomor mahasiswa : D022191001
Program studi : Teknik Mesin / Material
Jenjang : Program Magister (S2)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulisan saya yang berjudul :

KARAKTERISASI SERBUK TONGKOL JAGUNG HASIL PROSES PENGGILINGAN DENGAN METODE BALL MILL

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan pengambilan alihan tulisan orang lain, tesis yang saya tulis benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 09 Juli 2021



Yang menyatakan

Ahmad Nurul Muttaqin

Nim : D022191001

ABSTRAK

Pemanfaatan serbuk tongkol jagung sangat luas diberbagai bidang industri yaitu sebagai sumber serat makanan, bahan dasar pembuatan bio plastic, bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton, bahan kimia fungsional, media budidaya tanam jamur tiram. Metode yang paling efisien dalam menghasilkan serbuk tongkol jagung ialah proses Ball Mill. Tujuan dari penelitian ini mengevaluasi pengaruh volume kerja dan waktu penggilingan terhadap karakteristik serbuk tongkol jagung. Prosedur penelitian ini meliputi preparasi spesimen (termasuk proses pemotongan dan pengeringan) dan proses penggilingan. Hasil yang didapatkan kemudian dikarakterisasi menggunakan mikroskop laser scanning (LSM) untuk menganalisis morfologi dan ukuran produk, ditemukan bahwa Fourier mengubah infra merah (FTIR) untuk menganalisis struktur elemen produk), sinar-X difraksi (XRD) untuk menganalisis fasa kristal dan amorf dalam material. Presentasi kristalin tertinggi yaitu pada proses penggilingan dengan variasi volume kerja 20% dengan waktu penggilingan 60 menit yaitu 35.2% dan presentasi amorf 64.79% dengan nilai intensitas tertinggi yaitu 3000 (a,u), volume kerja yang lebih rendah menghasilkan produksi serbuk yang lebih kecil dengan morfologi tepi tajam seperti jarum dan volume kerja yang lebih tinggi juga menghasilkan serbuk yang memiliki morfologi tepi tumpul. Meskipun volume kerja berpotensi dapat digunakan untuk mengontrol ukuran partikel, parameter ini memiliki efek langsung pada hasil bubuk. Sedangkan untuk waktu milling yang lama menghasilkan ukuran

serbuk yang lebih kecil dibandingkan dengan waktu milling yang lebih cepat.

ABSTRACT

The use of corncob powder is very wide in various industrial fields, namely as a source of dietary fiber, the basic material for making bioplastics, partial replacement of cement in the manufacture of concrete, functional chemicals, oyster mushroom cultivation media. The most efficient method in producing corncob powder is the Ball Mill Process. The purpose of this study was to evaluate the effect of working volume and milling time on the characteristics of corn cob powder. The research procedures include specimen preparation (including cutting and drying processes) and milling processes. The results obtained were then characterized using a scanning laser microscope (LSM) to analyze the morphology and size of the product, it was found that Fourier transforms infrared (FTIR) to analyze the structure of the product elements, X-ray diffraction (XRD) to analyze the crystalline and amorphous phases in the material. The highest crystalline presentation was in the milling process with a working volume variation of 20% with a milling time of 60 minutes, namely 35.2%, and amorphous presentation 64.79% with the highest intensity value was 3000 (a,u), lower working volume results in a smaller powder production with a needle-like sharp edge morphology and a higher work volume also results in a powder that has a blunt edge morphology. Although working volume can potentially be used to control particle size, this parameter has a direct effect on powder yield. As for the long milling time, it produces a smaller powder size than the faster milling time.

KATA PENGANTAR


Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat nikmat kesempatan dan kesehatan yang diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini dengan tepat waktu. Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah banyak memberikan bantuan moril maupun materil serta dukungan dan motivasi.
2. Prof.Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A. selaku rektor Universitas Hasanuddin.
3. Dr.Eng. Jalaluddin, S.T., M.T selaku Ketua Departemen Teknik Mesin.
4. Dr. Hairul Arsyad, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi S-2 Teknik Mesin.
5. Prof.Dr.Ir. Onny Sutresman, M.T. selaku pembimbing I yang memberikan arahan dan bimbingan dalam penyelesaian tesis ini.
6. Dr. Hairul Arsyad, S.T., M.T selaku pembimbing II yang memberikan arahan, dan bimbingan dalam penyelesaian tesis ini.
7. Dosen dan Tenaga Kependidikan yang memberikan arahan, dan bimbingan dalam penyelesaian tesis ini.
8. Teman-teman S2 Teknik Mesin atas dukungan moril dan doanya dalam pembuatan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi

meningkatkan ilmu pengetahuan dan perbaikan pada masa mendatang
untuk tesis ini lebih bermanfaat lagi bagi pembacanya.

Gowa, Juli 2021



Ahmad Nurul Muttaqin

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Metode Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Pengertian <i>Ball Mill</i>	6
2.2. Kegunaan dan Fungsi Mesin <i>Ball Mill</i>	6
2.3. Jenis Mesin <i>Ball Mill</i>	7
2.4. Prinsip Kerja Mesin <i>Ball Mill</i>	8
2.5. Bola <i>Stainless Steel</i>	9
2.6. <i>Corncob</i> (Tongkol jagung)	10

2.7. Selulosa.....	11
2.8. <i>3D Laser Scanning Microscope</i> (LSM).....	13
2.9. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	14
2.10. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	16
2.11. Dasar-dasar perancangan mesin <i>Ball Mill</i>	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1. Alat dan Bahan.....	21
3.1.1 Alat.....	21
3.1.2 Bahan.....	22
3.2. Prosedur Penelitian.....	27
3.2.1 Pembuatan Mesin <i>Ball Mill</i>	27
3.2.2 Persiapan Sampel.....	32
3.2.3 Uji Coba Kinerja Mesin.....	34
3.2.4 Proses Penggilingan.....	35
3.3. Tempat Dan Waktu.....	37
3.3.1 Tempat Penelitian.....	37
3.3.2 Waktu Penelitian.....	37
3.4. Alur Penelitian.....	39
3.5. Desain Mesin <i>Ball Mill</i>	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1. Perhitungan Kontruksi Mesin <i>Ball Mill</i>	41
4.1. Hasil Pengujian Mesin <i>Ball Mill</i>	46
4.2. Hasil Analisa FTIR.....	67

4.3. Hasil Analisa XRD	76
4.4. Hasil Analisa LSM	87
BAB V PENUTUP	97
5.1. Kesimpulan.....	97
5.2. Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA.....	102
LAMPIRAN.....	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Tongkol Jagung	10
Tabel 3.1 Jadwal Waktu Kegiatan Penelitian	38
Tabel 4.1 Data Awal Perhitungan Daya Motor	42
Tabel 4.2 Data pengujian volume kerja 20% dengan waktu penggilingan 60 menit.....	78
Tabel 4.3 Data pengujian volume kerja 70% dengan waktu penggilingan 60 menit.....	80
Tabel 4.4 Data pengujian volume kerja 70% dengan waktu penggilingan 30 menit.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mesin <i>Ball Mill</i>	6
Gambar 2.2. <i>Overflow Mill</i>	7
Gambar 2.3. <i>Grate Discharge Mill</i>	7
Gambar 2.4. Cara kerja mesin <i>Ball Mill</i>	8
Gambar 2.5. Bola <i>Stainless Steel</i>	10
Gambar 2.6. <i>Corncob</i> (Tongkol jagung).....	11
Gambar 2.7. <i>3D Laser Scanning Microscope</i>	14
Gambar 2.8. <i>Fourier Transform-Infrared Spectroscopy</i>	15
Gambar 2.9. <i>X-Ray Diffraction</i>	18
Gambar 2.10. Panjang Sabuk.....	20
Gambar 3.1. Mesin <i>Ball Mill</i>	21
Gambar 3.2. Timbangan digital.....	21
Gambar 3.3. Baskom	22
Gambar 3.4. Pisau	22
Gambar 3.5. Alat uji FTIR	23
Gambar 3.6. Alat uji XRD.....	23
Gambar 3.7. Tampilan <i>Software Autodesk Inventor Professional</i> <i>2018</i>	24
Gambar 3.8. Alat Uji LSM	24
Gambar 3.9. Tachometer	25
Gambar 3.10. Tongkol jagung.....	25
Gambar 3.11. Bola <i>Stainless Steel</i>	26

Gambar 3.12. Plastik <i>OPP Seal</i>	26
Gambar 3.13. Mesin <i>Ball Mill</i> dalam jurnal <i>Ugwuegbu</i>	27
Gambar 3.14. Mesin <i>Ball Mill</i> hasil pembaharuan.....	27
Gambar 3.15. Proses pembuatan rangka mesin <i>Ball Mill</i>	28
Gambar 3.16. Rangka mesin <i>Ball Mill</i>	28
Gambar 3.17. Proses pembuatan tabung penggiling mesin <i>Ball Mill</i>	29
Gambar 3.18. Tabung penggiling Mesin <i>Ball Mill</i>	29
Gambar 3.19. Motor listrik <i>WIPRO</i> 1 phasa	30
Gambar 3.20. <i>Gear Box Reducer</i> <i>WPA 50</i>	30
Gambar 3.21. <i>Bearing UCF 206 FYH</i>	31
Gambar 3.22. <i>Pully cor type B</i>	31
Gambar 3.23. <i>V-belt type B</i>	31
Gambar 3.24. Mesin <i>Ball Mill</i>	32
Gambar 3.25. Proses pengambilan tongkol jagung	32
Gambar 3.26. Proses pemilihan tongkol jagung	33
Gambar 3.27. Proses penjemuran tongkol jagung.....	33
Gambar 3.28. Proses pemotongan tongkol jagung.....	34
Gambar 3.29. Pengujian mesin tanpa sampel	34
Gambar 3.30. Pengujian mesin menggunakan sampel	35
Gambar 3.31. Persiapan sampel	35
Gambar 3.32. Pengukuran berat sampel	36
Gambar 3.33. Pengujian mesin <i>Ball Mill</i>	36

Gambar 3.34. Diagram Alir	39
Gambar 3.35. Desain mesin <i>Ball Mill</i>	40
Gambar 4.1. Grafik pengujian volume kerja 20% untuk waktu penggilingan 30 menit.	47
Gambar 4.2. Grafik pengujian volume kerja 20% untuk waktu penggilingan 40 menit.	47
Gambar 4.3. Grafik pengujian volume kerja 20% untuk waktu penggilingan 60 menit.	48
Gambar 4.4. Grafik pengujian volume kerja 30% untuk waktu penggilingan 30 menit.	50
Gambar 4.5. Grafik pengujian volume kerja 30% untuk waktu penggilingan 40 menit.	51
Gambar 4.6. Grafik pengujian volume kerja 30% untuk waktu penggilingan 60 menit.	51
Gambar 4.7. Grafik pengujian volume kerja 50% untuk waktu penggilingan 30 menit.	54
Gambar 4.8. Grafik pengujian volume kerja 50% untuk waktu penggilingan 40 menit.	54
Gambar 4.9. Grafik pengujian volume kerja 50% untuk waktu penggilingan 60 menit.	55
Gambar 4.10. Grafik pengujian volume kerja 70% untuk waktu penggilingan 30 menit.	57

Gambar 4.11. Grafik pengujian volume kerja 70% untuk waktu penggilingan 40 menit.	58
Gambar 4.12. Grafik pengujian volume kerja 70% untuk waktu penggilingan 60 menit.	58
Gambar 4.13. Grafik ukuran mesh 14, 18, 70, dan 140 untuk waktu penggilingan 60 menit.....	61
Gambar 4.14. Grafik ukuran mesh 14, 18, 70, dan 140 untuk waktu penggilingan 30 menit.....	61
Gambar 4.15. Gambaran ilustrasi jarak tumbukan untuk volume kerja 50 dan 70%.....	65
Gambar 4.16. Grafik ukuran mesh 14,18,70, dan 140 untuk waktu penggilingan 60 menit menggunakan bola ukuran 20 mm.....	66
Gambar 4.17. Grafik ukuran mesh 14,18,70, dan 140 untuk waktu penggilingan 60 menit menggunakan bola ukuran 10 mm.....	67
Gambar 4.18. Grafik FTIR untuk volume kerja 20% dengan waktu penggilingan 60 menit.	68
Gambar 4.19. Grafik FTIR untuk volume kerja 30% dengan waktu penggilingan 60 menit.	70
Gambar 4.20. Grafik FTIR untuk volume kerja 50% dengan waktu penggilingan 60 menit.	73

Gambar 4.21. Grafik FTIR untuk volume kerja 70% dengan waktu penggilingan 60 menit.	73
Gambar 4.22. Grafik nilai intensitas untuk gugus fungsi (O-H), (C-H), (C=O), (C-O), dan (C-I) pada variasi volume kerja 20, 30, 50, dan 70%.	75
Gambar 4.23. Hasil XRD untuk volume kerja 70% dengan waktu penggilingan 60 menit.	77
Gambar 4.24. Hasil XRD untuk volume kerja 70% dengan waktu penggilingan 30 menit.	79
Gambar 4.25. Hasil LSM untuk ukuran mesh 14 dengan pembesaran 50X.	81
Gambar 4.26. Specrum kristalin pada volume kerja 20% dengan waktu penggilingan 60 menit dan volume kerja 70% dengan waktu penggilingan 30 dan 60 menit..	81
Gambar 4.27. Hasil LSM untuk ukuran mesh 18 dengan pembesaran 50X.	88
Gambar 4.28. Hasil LSM untuk ukuran mesh 18 dengan pembesaran 100X.	88
Gambar 4.29. Hasil LSM untuk ukuran mesh 70 dengan pembesaran 50X.	89
Gambar 4.30. Hasil LSM untuk ukuran mesh 70 dengan pembesaran 100X.	89

Gambar 4.31. Hasil LSM untuk ukuran mesh 70 dengan pembesaran 200X.	90
Gambar 4.32. Hasil LSM untuk ukuran mesh 140 dengan pembesaran 100X.	90
Gambar 4.33. Hasil LSM untuk ukuran mesh 140 dengan pembesaran 200X.	91
Gambar 4.34. Hasil LSM untuk ukuran mesh 14 dengan pembesaran 50X.	91
Gambar 4.35. Hasil LSM untuk ukuran mesh 18 dengan pembesaran 50X.	92
Gambar 4.36. Hasil LSM untuk ukuran mesh 18 dengan pembesaran 100X.	93
Gambar 4.37. Hasil LSM untuk ukuran mesh 70 dengan pembesaran 50X.	93
Gambar 4.38. Hasil LSM untuk ukuran mesh 70 dengan pembesaran 100X.	94
Gambar 4.29. Hasil LSM untuk ukuran mesh 70 dengan pembesaran 200X.	94
Gambar 4.40. Hasil LSM untuk ukuran mesh 140 dengan pembesaran 100X.	95
Gambar 4.41. Hasil LSM untuk ukuran mesh 140 dengan pembesaran 200X.	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Desain Mesin <i>Ball Mill</i>	107
Lampiran 2. Proses Pengambilan Sampel.....	111
Lampiran 3. Proses Persiapan Sampel.....	112
Lampiran 4. Proses Pemotongan Sampel	113
Lampiran 5. Proses Pembuatan Mesin <i>Ball Mill</i>	114
Lampiran 6. Proses Pengambilan Data	115
Lampiran 7. Hasil Proses <i>Ball Mill</i>	116
Lampiran 8. Data Hasil Proses <i>XRD</i>	117
Lampiran 9. Data Hasil Proses <i>FTIR</i>	120
Lampiran 10. Data Hasil Proses <i>Ball Mill</i>	124

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu hasil pertanian unggulan Indonesia adalah jagung. Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik) produktivitas jagung di tahun 2011 mencapai 17,92 juta ton sedangkan di tahun 2013 meningkat menjadi 18,51 juta ton dan selalu meningkat setiap tahunnya. Hasil panen jagung terdiri dari 60-70% berupa jagung pipilan dan 30% berupa limbah tongkol jagung (Irawadi, 2016). Adapun data BPS khususnya daerah Sulawesi Selatan, produksi jagung pada tahun 2015 sebesar 1,5 juta ton, meningkat sebanyak 278,211 ribu ton dibandingkan tahun 2013 yaitu 1,2 juta ton. Peningkatan produksi tersebut terjadi di kabupaten gowa, jenepono, dan bone.

Dalam beberapa penelitian, serbuk tongkol jagung dapat dimanfaatkan diberbagai bidang contohnya, sebagai sumber serat makanan (Aniola dkk, 2009), bahan dasar pembuatan bio plastic (Onuoha dkk, 2017), bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton (Desai, 2018), bahan kimia fungsional (Ashour dkk, 2013), media budidaya tanam jamur tiram (Area ,2017) dan masih banyak lagi fungsi dari serbuk tongkol jagung.

Saat ini masalah yang dihadapi dalam pengembangan serbuk tongkol jagung sebagai salah satu alternatif sumber selulosa bagi

industri di Indonesia adalah belum ditemukannya metode penggilingan tongkol jagung yang tepat untuk menghasilkan serbuk yang berkualitas baik. Masih banyak kendala atau kekurangan yang muncul dari metode yang sedang dikembangkan saat ini, contohnya adalah stamp mill. Kendala tersebut salah satunya adalah proses penggilingan kurang efisien, karena memerlukan waktu penggilingan yang lama. Selain itu, penggilingan masih menghasilkan ukuran serbuk yang relatif besar, semua kendala tersebut perlu diatasi dengan adanya pengembangan metode penggilingan lain yang mampu menutupi semua kekurangannya. Salah satunya adalah penggilingan dengan metode "*Ball Mill*".

Metode *Ball Mill* ini berprinsip pada penghancuran bahan menggunakan sejumlah bola penumbuk dalam sebuah tabung horizontal yang berputar sehingga bola-bola akan terangkat pada sisi tabung kemudian jatuh ke bahan yang ditumbuk dan menyebabkan fragmentasi pada struktur bahan menjadi ukuran yang sangat halus. Keunggulan metode *Ball Mill* adalah waktu penggilingan lebih cepat dan serbuk yang dihasilkan relatif lebih halus sehingga mampu meningkatkan hidrasi serbuk terhadap air.

Untuk mendapatkan kondisi optimal dalam mengurangi ukuran partikel akhir, banyak parameter harus dipertimbangkan (*Stolle dkk, 2011*), seperti waktu penggilingan (*Li dkk, 2018; Lv dkk, 2014; Wang dkk, 2018*), kecepatan penggilingan (*Li dkk, 2018; Mio dkk, 2002;*

Zhang dkk,2008), beban bola dan material (Li dkk, 2018; Zhang dkk, 2008), ukuran bola dan bahan (*Zhang dkk., 2008*), diameter botol penggilingan, volume kerja (Nandiyanto dkk, 2017). Di antara parameter yang disebutkan di atas, volume kerja adalah salah satu parameter yang paling menarik karena memiliki korelasi langsung dengan jumlah input / output dalam proses penggilingan bola (*Nandiyanto dkk, 2017*)

Mempertimbangkan alasannya, tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh volume kerja dan waktu penggilingan pada karakteristik tongkol jagung dari proses *Ball Mill* dengan target ukuran yang ingin dicapai adalah mesh 14, 18, 70 dan 140.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini dibuat perumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana perancangan mesin *Ball Mill Horizontal* dengan skala laboratorium.
- b. Bagaimana pengaruh volume kerja dan waktu penggilingan terhadap karakteristik (ukuran, bentuk, dan distribusi) serbuk tongkol jagung.
- c. Bagaimana pengaruh volume kerja terhadap gugus fungsi, presentasi kristalin, dan morfologi serbuk tongkol jagung.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- a. Merancang mesin *Ball Mill Horizontal* dengan skala laboratorium.

- b. Menganalisis pengaruh volume kerja dan waktu penggilingan terhadap karakteristik (ukuran, bentuk, dan distribusi) serbuk tongkol jagung.
- c. Menganalisis pengaruh volume kerja terhadap gugus fungsi, presentasi kristalin, dan morfologi serbuk tongkol jagung.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

- a. Material yang digunakan sebagai *ball* adalah *stainless steel* dengan ukuran 25 mm dan 10 mm (Ugwuegbu *dkk*, 2017).
- b. Kecepatan putaran yang digunakan adalah 100 rpm (Nandiyanto *dkk*, 2018).
- c. Durasi waktu penggilingan adalah 30 menit, 40 menit, dan 60 menit (Nandiyanto *dkk.*, 2018).
- d. Volume kerja yang digunakan adalah 20, 30, 50, dan 70% (Nandiyanto *dkk*, 2018).
- e. Temperatur proses adalah temperatur tabung.
- f. Karakteristik serbuk akan ditentukan dengan alat *Fourier Transformed Infrared* (FTIR), *X-ray diffraction* (XRD), dan *3D Laser Scanning Microscope* (LSM).
- g. Rancangan mesin *Ball Mill* mengacu pada beberapa referensi jurnal dengan beberapa modifikasi untuk skala laboratorium (Ugwuegbu *dkk*, 2017).

h. Desain dan perancangan mesin *Ball Mill* menggunakan *software inventor 2018*.

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari penelitian ini dapat mengetahui pengaruh terhadap karakteristik (ukuran, bentuk dan distribusi) dari hasil proses penggilingan tongkol jagung dengan berbagai variasi waktu penggilingan dan volume kerja.

1.6 Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penyusunan penulisan ini yaitu:

- a. Metode eksperimen yaitu merupakan metode yang digunakan pada saat proses penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan guna melengkapi penulisan. Proses ini meliputi perancangan mesin, pengujian mesin, struktur mikro, perbandingan hasil antara beberapa hasil pengujian dengan variasi kecepatan dan waktu permesinan dengan variasi ukuran bola penghancur.
- b. Kajian pustaka yaitu dengan mengumpulkan referensi yang berhubungan dengan masalah yang akan dianalisa melalui perpustakaan, jurnal dan internet.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Ball Mill*

Ball Mill merupakan suatu mesin penggiling berbentuk silinder yang digunakan untuk menggiling atau mencampurkan material seperti kaca, keramik, dan semen. *Ball Mill* berputar melalui sumbu horisontal yang dipenuhi dengan material yang ingin digiling beserta dengan medium penggiling. Berbagai material dapat digunakan sebagai media seperti bola keramik, batu api, dan bola yang terbuat dari *stainless steel*.



Gambar 2.1: Mesin *Ball Mill* (www.alibaba.com)

2.2 Kegunaan dan Fungsi Mesin *Ball Mill*

Membahas mengenai fungsi mesin *Ball Mill*, banyak sekali kegunaan yang bisa kita manfaatkan dari mesin penghancur partikel ini. Pada umumnya mesin ini digunakan oleh industri besar yang memproduksi bahan bangunan atau material bangunan seperti semen, besi, galangan batu, kaca, pupuk, porselen, bahan tahan api

dan bahan kimia yang bisa di hancurkan oleh *Ball Mill*. Ataupun benda lainnya yang keras dan cocok dihancurkan dengan cara di putar atau di gelinding oleh bola.

2.3 Jenis Mesin *Ball Mill*

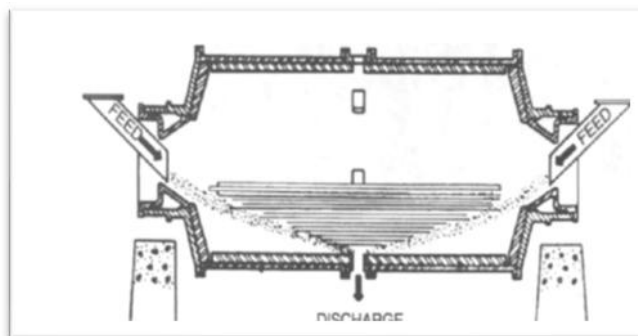
Berdasarkan cara pengeluaran produknya, atau *discharge*, *Ball Mill* dibedakan menjadi *overflow mill* dan *grate discharge mill* :

- a. *Overflow mill*, produk hasil penggerusan keluar dengan sendirinya pada ujung satunya, ujung pengeluaran.



Gambar 2.2: *Overflow Mill* (thesimpleacre, 2013)

- b. *Grate discharge mill*, produk keluar melalui saringan yang dipasang pada ujung pengeluaran. Produk dapat keluar dengan bebas, permukaan dalam mill rendah, lebih rendah dari *overflow*. Hal ini dapat menghindari terjadinya *overgrinding*.

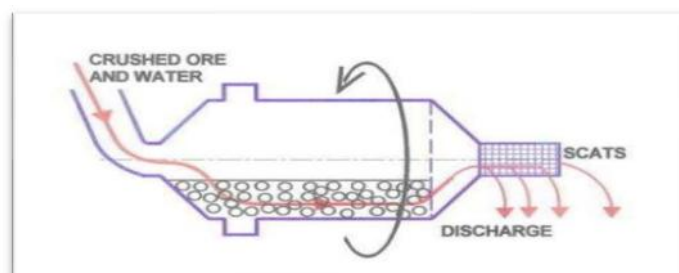


Gambar 2.3: *Grate discharge mill* (thesimpleacre, 2013)

Air yang digunakan pada *Ball Mill* akan membentuk kekentalan tertentu, sehingga *pulp* dapat melekat dan meyelimuti bola dan liner. *Pulp* harus relative encer agar pulp dapat bergerak dengan leluasa di dalam mill. *Ball Mill* biasanya beroperasi dengan 70 – 80 persen solid, padatan.

2.4 Prinsip Kerja Mesin *Ball Mill*

Mesin *Ball Mill* ini mempunyai bentuk tabung dengan 2 bagian tempat menyimpan material yaitu bentuk *horizontal*. Untuk dalamnya, mesin bekerja pada 2 roda yang ada di kedua sisinya. Bahan keras yang akan dihancurkan secara spiral disimpan pada wadah penyimpanan pertama. Pada wadah tersebut sudah terpasang *ripple scaleboard* serta *steel ball* yang terdapat beragam jenis di pasaran. Ketika mesin *Ball Mill* ini berjalan, bagian badan barel akan berputar. Dengan terputarnya badan barel ini maka steel ball ikut bergerak disebabkan gaya *sentrifugal* yang terus terjatuh dan mengakibatkan bahan keras yang ada di dalam mesin ini tergiling dan hancur perlahan setelah berkali-kali mengalami tumbukan (thesimpleacre, 2013).



Gambar 2.4: Cara Kerja Mesin *Ball Mill* (thesimpleacre, 2013)

Selanjutnya material mengalami proses penghancuran maka bahan hasil gilingan masuk lagi pada wadah penampungan kedua. Maka, di wadah penampungan yang kedua ini, bahan-bahan tadi mengalami proses penghancuran kembali dengan scaleboard serta *steel ball*. Dengan selesainya sistem kerja yang kedua ini maka selesai sudah prosesnya, tinggal diambil dan simpan di wadah penyimpanan lainnya agar material yang belum tergiling bisa menjalani proses yang sama seperti awal kerja di atas hingga selesai (thesimpleacre, 2013).

2.5 Bola *Stainless Steel*

Biasanya bola *stainless steel* terbuat dari baja yang mengandung lebih dari 12% kromium dan tahan terhadap serangan kimia dan bahkan tidak mudah untuk korosi. Prinsip pencegahan karat adalah dengan penambahan kromium, lapisan padat kromium oksida padat terbentuk di permukaan baja, yang secara efektif dapat menghalangi kontak kembali antara baja dan udara, sehingga oksigen di udara tidak bisa masuk ke baja dan mencapai efek mencegah karat baja.

Untuk menghindari korosi sumuran bola baja tahan karat, beberapa tindakan pencegahan dapat dilakukan misalnya, di lingkungan di mana korosi sumuran diketahui tepat, material *stainless steel* yang sesuai dipilih.



Gambar 2.5 : Bola *Stainless Steel*

2.6 *Corncob* (Tongkol jagung)

Jagung merupakan komoditas utama pertanian di Indonesia. Produksi jagung Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Menurut survei Badan Pusat Statistik (BPS), produktivitas jagung Indonesia pada tahun 2011 mencapai 17,92 juta ton, sedangkan pada tahun 2013 meningkat menjadi 18,51 juta ton. Produk jagung yang dijual dipasaran menyisakan limbah tongkol jagung yang pemanfaatannya masih sangat kurang, yaitu untuk pakan ternak, dibakar, dan dibuang. Produksi jagung terdiri dari 40-50% limbah yang berupa tongkol jagung (Richana, 2007). Komposisi kimia tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Tongkol Jagung (Shofianto, 2008)

No	Kandungan	Jumlah (%)
1	Air	9
2	Selulosa	41
3	Hemiselulosa	26
4	Xilan	18
5	Lignin	6

Tongkol Jagung merupakan limbah berlignoselulosa, yang memiliki komponen lignin, hemiselulosa, dan selulosa yang dominan. Lignoselulosa terdiri dari tiga komponen utama yaitu lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Menurut Richana (2007) tongkol jagung merupakan bahan berlignoselulosa (kadar serat 38,99%), sedangkan menurut Shofianto (2008) kandungan selulosa tongkol jagung adalah yang terbesar yaitu 41%. Sehingga besarnya kandungan lignoselulosa terutama selulosa dalam tongkol jagung, menyebabkan tongkol jagung berpotensi untuk dimanfaatkan dibidang industri.



Gambar 2.6 : *Corncob* (Tongkol jagung)

2.7 Selulosa

Selulosa adalah bahan awal yang serbaguna untuk konversi kimia, yang bertujuan untuk memproduksi turunan selulosa buatan

yang digunakan di banyak bidang industri dan kehidupan rumah tangga (D.lemm, 2005)

Selulosa tidak larut dalam air dan pelarut yang paling umum (Bochek A. M, 2003). Terlepas dari karakteristik kelarutannya yang buruk, selulosa digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk komposit, pelindung, pelapis, pengepakan, kertas, dll. Modifikasi kimia selulosa dilakukan untuk meningkatkan kemampuan proses dan untuk menghasilkan turunan selulosa yang dapat disesuaikan untuk aplikasi industri tertentu (Akira I, 2001).

Jumlah selulosa dalam serat bervariasi menurut sumbernya dan biasanya berkaitan dengan bahan-bahan seperti air, pektin, protein, lignin dan substansi-substansi mineral. Selulosa yang diperoleh dari kayu memerlukan proses yang panjang untuk menghilangkan hemiselulosa dan lignin. Selulosa juga dapat dihasilkan dari serat tanaman seperti tongkol jagung, rambut biji dari *Cochlospermum planchonii* (Ohwoavworhua dan Adalakun, 2005), dan ampas tebu (Sun dkk, 2004).

Selulosa banyak ditemukan pada limbah hasil pertanian, antara lain sekam padi sekitar 58%, kulit batang sagu 56,86%, tongkol jagung 44,9%, kayu keras 40 – 45%, kayu lunak 38 – 49%, tandan kosong kelapa sawit 36 – 42%, rumput esparto 33 – 38%, ampas tebu 32 – 44%, jerami gandum 29 – 37%, jerami padi 28 – 36% dan bambu sekitar 26 – 43% (Akgul and Kirici, 2009).

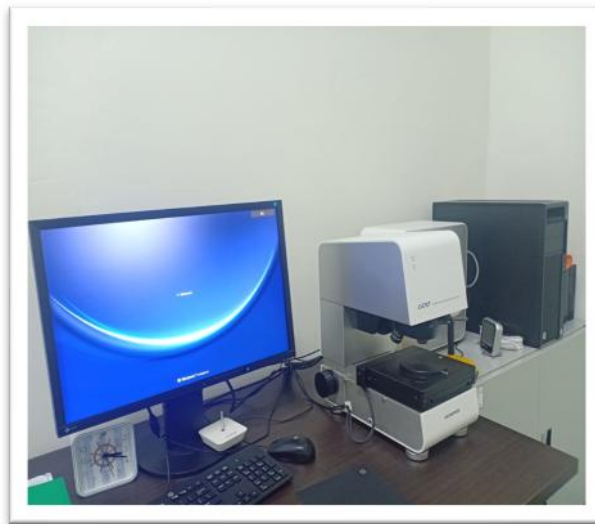
Sebagai bahan baku kimia, selulosa telah digunakan dalam bentuk serat atau turunannya selama sekitar 150 tahun (Habibi, 2010). Untuk mendapatkan sifat fisik dan kimia yang lebih baik dan memperluas aplikasinya, selulosa dibuat dalam berbagai turunannya diantaranya turunan ester dan eter. Ester selulosa banyak digunakan sebagai serat dan plastik, sedangkan eter selulosa sebagai pengikat dan bahan tambahan untuk mortir khusus atau kimia khusus untuk bangunan dan konstruksi juga stabilisator viskositas pada cat, makanan, produk farmasetik, dan lain-lain. Selulosa juga merupakan 15 bahan dasar dalam pembuatan kertas.

2.8 3D Laser Scanning Microscope (LSM)

Mikroskop pemindaian laser 3D adalah peralatan observasi / pengukuran yang memungkinkan pengukuran 3D dan observasi kedalaman fokus yang dalam pada saat yang bersamaan. Ini tidak memiliki batasan pada ukuran atau bahan sampel dan memungkinkan pengamatan dalam kondisi lingkungan normal. Selain itu, mikroskop pemindaian laser 3D memiliki fitur pengoperasian yang mudah digunakan, serupa dengan mikroskop optic, sampel tidak perlu pretreatment sebelum pengukuran. Pengamatan dapat dilakukan dalam objek berwarna, yang membantu analisis kondisi objek target secara akurat.

Mikroskop pemindaian laser 3D juga dapat digunakan untuk mengukur ketebalan film, serta untuk mengamati permukaan, bagian

dalam, dan bagian belakang objek tembus cahaya. Meskipun mikroskop pemindaian laser 3D lebih baik daripada mikroskop elektron pemindaian atau mikroskop gaya atom dalam hal operabilitas, mikroskop ini lebih rendah dalam perbesaran observasi dan resolusi pengukuran. Bagian bawah dengan rasio aspek tinggi dan lereng dengan sudut besar tidak dapat diukur atau diamati karena tidak memantulkan sinar laser.



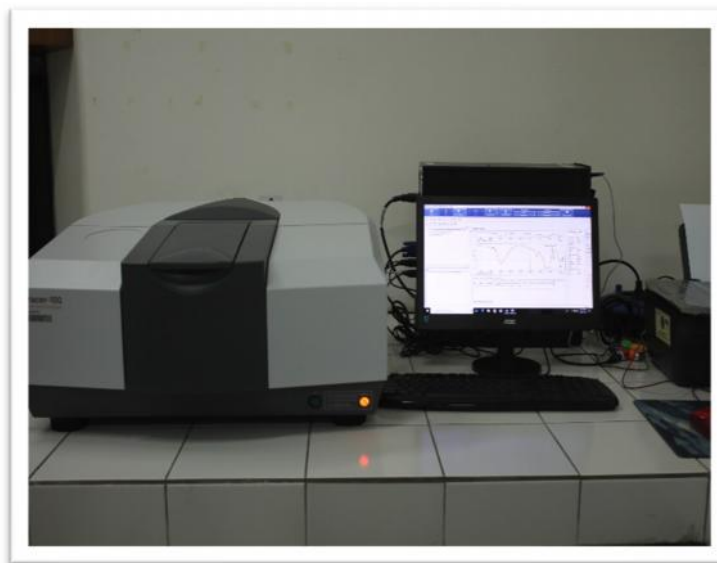
Gambar 2.7: 3D Laser Scanning Microscope

2.9 ***Fourier Transform Infrared (FTIR)***

Fourier Transform-Infrared Spectroscopy (FTIR) adalah teknik analitik yang digunakan untuk mengidentifikasi bahan organik (dan dalam beberapa kasus anorganik). Teknik ini mengukur penyerapan radiasi inframerah oleh bahan sampel versus panjang gelombang. Pita serapan inframerah mengidentifikasi komponen dan struktur molekul (Griffiths, 2007).

Ketika suatu bahan diiradiasi dengan radiasi infra merah, radiasi IR yang terserap biasanya menggairahkan molekul-molekul ke dalam keadaan getaran yang lebih tinggi. Panjang gelombang cahaya yang diserap oleh molekul tertentu adalah fungsi dari perbedaan energi antara keadaan getaran diam dan diam. Panjang gelombang yang diserap oleh sampel adalah karakteristik dari struktur molekulnya (Griffiths, 2007).

Spektrometer FTIR menggunakan interferometer untuk memodulasi panjang gelombang dari sumber inframerah broadband. Detektor mengukur intensitas cahaya yang dipancarkan atau dipantulkan sebagai fungsi dari panjang gelombangnya. Sinyal yang diperoleh dari detektor adalah interferogram, yang harus dianalisis dengan komputer menggunakan transformasi Fourier untuk mendapatkan spektrum inframerah sinar tunggal (Griffiths, 2007).



Gambar 2.8: *Fourier Transform-Infrared Spectroscopy*

2.10 *X-Ray Diffraction (XRD)*

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan suatu teknik pengujian yang digunakan untuk menentukan unsur dan senyawa kimia, struktur kristal, parameter kisi, volume kisi dan lain-lain. Teknik pengujian ini tidak akan merusak material yang akan diuji (Smallman Bishop, 2000).

Bila seberkas sinar x mengenai suatu bahan kristalin, berkas ini akan didifraksi oleh bidang atom dalam kristal tersebut. Berkas sudut difraksi tergantung pada panjang gelombang berkas sinar x dan jarak d antar bidang. Untuk mendapatkan hukum bragg kita mulai dengan mengasumsikan bahwa tiap-tiap bidang dari atom secara parsial merefleksikan gelombang datang. Sinar x tidak benar-benar direfleksikan, tetapi dihamburkan. Pada bidang ini kita menyebutnya "bidang refleksi" dan gelombang pantulan disebut dengan "gelombang refleksi", puncak-puncak yang terlihat dalam pola difraksi sinar x disebut refleksi.

Metode yang sering digunakan untuk menganalisa struktur kristal adalah metode Scherrer. Ukuran kristalin ditentukan berdasarkan pelebaran puncak difraksi sinar X yang muncul. Metode ini sebenarnya memprediksi ukuran kristalin dalam material, bukan ukuran partikel. Jika satu partikel mengandung sejumlah kritallites yang kecil-kecil maka informasi yang diberikan metode Scherrer adalah ukuran kristalin tersebut, bukan ukuran partikel.

Scherrer Formula :
$$D = \frac{k}{\beta}$$

Dimana :

) D = Crystallite size (satuan: nm)

) B = FWHM (Line broadening at half the maximum intensity) Nilai yang dipakai adalah nilai FWHM setelah dikurangi oleh "the instrumental line broadening" (satuan: radian)

) = Bragg's Angle

) = X-Ray wave length

) K = Nilai konstanta "Shape Factor", K adalah konstanta yang besarnya tergantung pada faktor bentuk kristal, bidang (hkl) difraksi, dan definisi besaran β yang digunakan, apakah sebagai Full Width at Half Maximum (FWHM) atau Integral Breadth dari puncak. Nilai K sebenarnya bervariasi dari 0,62 sampai 2,08. Nilai yang umumnya digunakan untuk K adalah 0,94 jika β adalah FWHM dan 0,89 untuk Integral Breadth (Sumadiasa M, 2018)(Langford J dkk, 1977).

Dari hasil XRD juga dapat digunakan untuk menentukan indeks kristalinitas dari serbuk tongkol jagung. Indeks kristalinitas dapat dihitung berdasarkan metode Segal seperti persamaan berikut :

$$V \% = \frac{I_0 - I_a}{I_0} \times 100\%$$

Dimana :

-) VK% = Volume Kerja
-) I_0 = Intensitas puncak terbesar pada sudut 2θ yang mewakili bahan kristal.
-) I_a = Intensitas minimum difraksi pada sudut 2θ yang mewakili bahan amorf



Gambar 2.9: X-Ray Diffraction

2.11 Dasar-dasar perancangan mesin *Ball Mill*

Pada perancangan mesin *Ball Mill* terdapat beberapa komponen yang harus dianalisis dan dipilih sesuai dengan kebutuhan yang di perlukan seperti berikut:

a. Daya Motor

Dalam perhitungan daya motor menurut Khurmi Ghupta mengungkapkan bahwa dalam perhitungan daya motor kita menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{2\pi d}{4.n} \quad (\text{Taufiq:2011}) \quad T = F.d. \dots\dots$$

dimana 1 HP = 745 watt

Keterangan:

P = daya Motor (Watt)

F = gaya yang bekerja (N)

d = diameter poros (m)

n = Putaran (rpm)

T = Torsi (N.m).

b. Perencanaan poros

Poros merupakan salah satu bagian paling penting dari setiap mesin yang umumnya digunakan daya bersama-sama dengan putaran. Putaran utama dalam transmisi seperti ini dipegang oleh poros. Poros yang digunakan dalam perencanaan mesin *Ball Mill* adalah poros transmisi.

Adapun rumus yang digunakan dalam menentukan poros adalah sebagai berikut:

) Momen puntir poros

$$M_p = \frac{6 \times P \times 1}{2 \times n} \quad (\text{Atika, 2019})$$

Dimana: M_p = Momen Puntir Poros (N.mm)

P = Daya (Kw)

n = Jumlah putaran motor (rpm)

) Tegangan geser ijin

$$\tau_g = \frac{1 \times M}{w} \times 5n \quad (\text{Atika, 2019})$$

Dimana : g = tegangan geser ijin

M_p = Momen Puntir (N.mm)

p = Momen Tahanan Puntir

c. Pemilihan Sabuk

Sebagian besar transmisi sabuk menggunakan sabuk V karena mudah pemasangan dan harga relatif murah. Dalam perancangan ini sabuk yang digunakan adalah sabuk yang sesuai dengan puli. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan panjang sabuk adalah sebagai berikut :

1. Panjang sabuk (L)

$$L = \left[\pi(r_1 + r_2) + (x) + \frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right] \quad (\text{Kiyokatsu Suga, 2011})$$

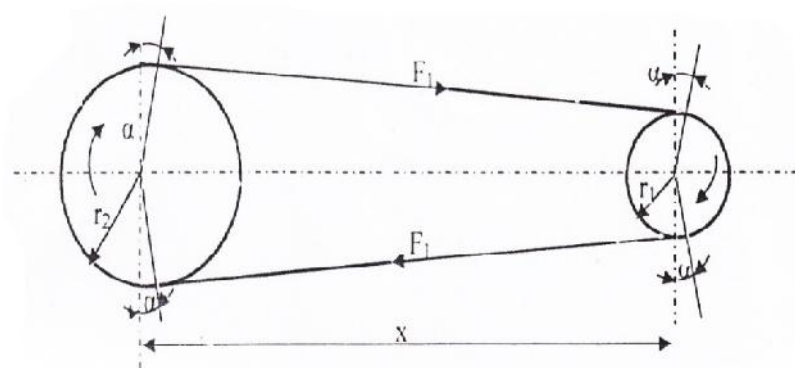
Keterangan : L = Panjang sabuk (mm)

r_1 = Jari-Jari puli motor (mm)

r_2 = jari-jari mesin (mm)

x = Jarak titik sumbu kedua motor (mm)

Adapun gambar penentuan panjang sabuk, seperti di bawah ini:



Gambar 2.10: Panjang Sabuk

2. Kecepatan linier sabuk (v)

$$v = \frac{\pi D_p x}{1 x6} \quad (\text{Kiyokatsu Suga, 2011})$$

Keterangan: v = Kecepatan linier sabuk (m/s)
 D_p = Diameter puli (mm)
 N = Putaran motor (rpm)