

**OPTIMASI PARAMETER MESIN *HAMMER-DISC MILL* UNTUK
PRODUKSI TEPUNG GLUKOMANAN MENGGUNAKAN METODE
TAGUCHI**

(Skripsi)

Oleh

MUHAMMAD PANDU WIBOWO

1915021014



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**OPTIMASI PARAMETER MESIN *HAMMER-DISC MILL* UNTUK
PRODUKSI TEPUNG GLUKOMANAN MENGGUNAKAN METODE
TAGUCHI**

Oleh

MUHAMMAD PANDU WIBOWO

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

OPTIMASI PARAMETER MESIN *HAMMER-DISC MILL* UNTUK PRODUKSI TEPUNG GLUKOMANAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Oleh:

MUHAMMAD PANDU WIBOWO

Tanaman umbi porang mengandung zat glukomanan yang memiliki manfaat kesehatan bagi tubuh manusia. Namun, dalam zat glukomanan juga terdapat kalsium oksalat yang bersifat beracun. Untuk memisahkan glukomanan dan kalsium oksalat, digunakan teknologi proses penepungan dengan mesin *Hammer-Disc Mill*. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter mesin *Hammer-Disc Mill* (HDM) untuk produksi tepung glukomanan menggunakan Metode Taguchi. Parameter yang diuji meliputi massa input *chip* porang, kecepatan putaran motor, dan jarak mata *hammer*. Metode Taguchi digunakan untuk merancang percobaan dengan menggunakan *Orthogonal Array L9* (3 faktor, 3 level). Pada penelitian ini, dilakukan analisis statistik menggunakan Analisis Variansi (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh masing-masing parameter terhadap rendemen glukomanan yang dihasilkan. Granula glukomanan yang diambil berukuran 60-80 mesh. Kesimpulan hasil analisis menunjukkan bahwa parameter massa input *chip* porang memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil rendemen glukomanan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F yang melebihi F-Tabel 5.41, yaitu 10.91 dan persentase kontribusi sebesar 85,36%. Berdasarkan hasil respon terbaik, kondisi optimal untuk produksi tepung glukomanan adalah dengan menggunakan massa input *chip* porang sebanyak 1 kg (level 3), kecepatan putaran motor 3000 rpm (level 3), dan jarak mata *hammer* 1 cm (level 3). Dengan mengoptimalkan parameter ini, diharapkan dapat meningkatkan rendemen glukomanan yang dihasilkan oleh mesin *Hammer-Disc Mill*.

Kata Kunci: Optimasi, Mesin HDM, Glukomanan, Taguchi.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF HAMMER-DISC MILL MACHINE PARAMETERS FOR GLUCOMANAN FLOUR PRODUCTION USING THE TAGUCHI METHOD

By:

MUHAMMAD PANDU WIBOWO

Porang tubers contain glucomannan which has health benefits for the human body. However, glucomannan also contains calcium oxalate which is toxic. To separate glucomannan and calcium oxalate, a Hammer-Disc mill (HDM) machine used flouring process technology. This study aims to optimize the parameters of the Hammer-Disc Mill machine for the production of glucomannan flour using the Taguchi method. The parameters tested included the mass of the input porang chip, the motor rotation speed, and the distance of the hammer blades. The Taguchi Method was used to design an experiment using the Orthogonal Array L9 (3 factors, 3 levels). In this study, statistical analysis was carried out using Analysis of Variance (ANOVA) to determine the effect of each parameter on the yield of glucomannan produced. The glucomannan granules taken are 60-80 mesh in size. The conclusion of the analysis shows that the input mass parameter of porang chips has a significant effect on the yield of glucomannan. This is indicated by the F value which exceeds F -Table 5.41, which is 10.91 and the contribution percentage is 85.36%. Based on the results of the best response, the optimal condition for the production of glucomannan flour is to use a mass of 1 kg of porang chip input (level 3), motor rotation speed of 3000 rpm (level 3), and hammer spacing of 1 cm (level 3). By optimizing this parameter, it is expected to increase the yield of glucomannan produced by the Hammer-Disc Mill machine.

Keywords: Optimization, HDM Machine, Glucomannan, Taguchi.

Judul Skripsi : **OPTIMASI PARAMETER MESIN *HAMMER-DISC MILL* UNTUK PRODUKSI TEPUNG GLUKOMANAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI**

Nama Mahasiswa : **Muhammad Pandu Wibowo**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915021014

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

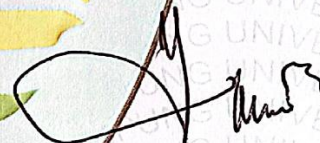
Komisi Pembimbing 1

Komisi Pembimbing 2



Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, Ph.D.

NIP 19710817 199802 1 003



Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.

NIP 19640506 200003 1 001

Ketua Jurusan
Teknik Mesin

Ketua Program Studi
S1 Teknik Mesin



Dr. Amrul, S.T., M.T.

NIP 19710331 199903 1 003



Novri Tanti, S.T., M.T.

NIP 19701104 199703 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, Ph.D.**



Sekretaris

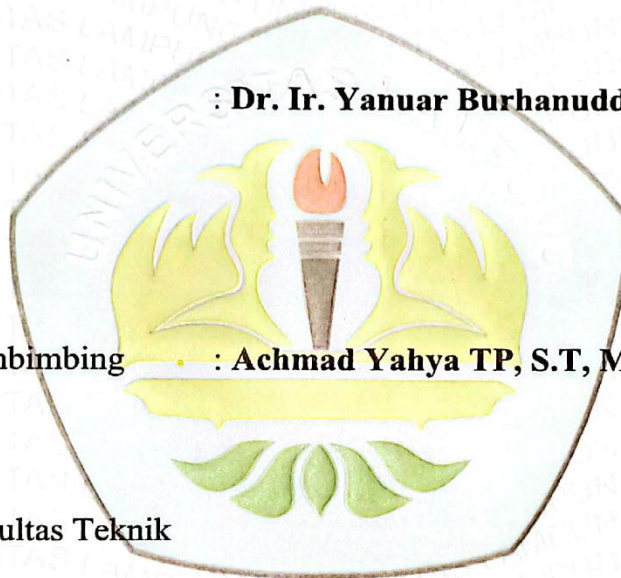
: **Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Achmad Yahya TP, S.T, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP.19750928 200112 1 002

A

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 28 Juli 2023

PERNYATAAN PENULIS

Skripsi dengan judul “OPTIMASI PARAMETER MESIN *HAMMER-DISC MILL* UNTUK PRODUKSI TEPUNG GLUKOMANAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI” dibuat sendiri oleh penulis dan bukan merupakan hasil plagiat siapa pun sebagaimana diatur dalam Pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan surat Keputusan Rektor Nomor 3187/H26/DT/2010.

Bandar Lampung, 28 Juli 2023

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Pandu Wibowo
NPM 1915021014

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pringsewu pada tanggal 14 Juni 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Ari Wibowo dan Ibu Nur Roniah. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 2 Pringsewu Utara pada tahun 2013, pendidikan menengah pertama di Mts Negeri 1 Pringsewu pada tahun 2016, dan pendidikan menengah atas di SMKS KH.GHALIB Pringsewu pada program studi Teknik dan Bisnis Sepeda Motor (TBSM) diselesaikan pada tahun 2019. Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung Jurusan Teknik Mesin pada tahun 2019 melalui jalur (SBMPTN) dengan status sebagai penerima beasiswa BIDIKMISI. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di berbagai kegiatan dan organisasi kemahasiswaan antara lain:

1. Menjadi anggota bidang (Minat dan Bakat) Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung (HIMATEM UNILA) periode tahun 2020/2021.
2. Menjadi anggota bidang (Danus) Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung (HIMATEM UNILA) periode tahun 2021/2022.
3. Menjadi Staff anggota bidang (Media Informasi) Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik Universitas Lampung (FOSSI FT UNILA) periode tahun 2020/2021.
4. Peserta peraih program pendanaan Kompetisi Berwirausaha Mahasiswa Indonesia (KBMI) dengan judul bisnis "**RotpeNyes Madu**" pada tahun 2021.
5. Mengikuti kegiatan Kewirausahaan Mahasiswa Indonesia (KMI) Kategori **KBMI KMI EXPO XII** pada tahun 2021 di Universitas Brawijaya Malang.
6. Melaksanakan Kerja Praktik di PT. PLN (Persero) PLTP Ulubelu Unit 1 dan 2 dengan judul laporan "**Menghitung Nilai Efisiensi Turbin dan Mencari Pengaruh Banyaknya Jumlah *Fan Cooling Tower* Terhadap Besar Nilai Efektivitas *Cooling Tower***" pada tahun 2022.
7. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 di Desa Pandansari, Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. Pada tahun 2022.

MOTTO

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap." (QS. Al-Insyirah: 5-8)

"Jangan menunda pekerjaan sampai besok, jika hari ini dapat diselesaikan maka tuntaskanlah."

"Saat kau sedang bermalas malasan, ingatlah puluhan bahkan ribuan pesaingmu sedang berusaha keras mengalahkanmu"

"Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebajikan) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya." (QS. Al-Baqarah 286)

"Jalani, nikmati, syukuri, biarkan Allah yang menetapkan keputusan terbaik untuk hamba-Nya"

"Barang siapa keluar untuk mencari sebuah ilmu maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali." (HR. Tirmidzi)

"Tidak mustahil bagi orang biasa untuk memutuskan menjadi luar biasa."
(Elon Musk)

Persembahan



Segala Puji Bagi Allah SWT, Tuhan Semesta Alam
Sholawat Serta Salam Selalu Tercurah Kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karyaku ini sebagai tanda cinta & kasih sayang kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Yang senantiasa selalu memberikan yang terbaik dalam segala hal demi kesuksesan sibuah hati tercinta. Kuucapkan pula terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkanku dengan cara yang dipenuhi kasih sayang, dukungan dan pengorbanan yang belum bisa terbalaskan.

Seluruh Keluarga Besar Teknik Mesin 2019

Yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta motivasi yang sangat berarti

Serta Seluruh Dosen Teknik Mesin

Yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran dengan penuh rasa sayang danksabaran, semoga menjadi amal jariyah yang terus mengalir.

Almamater tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Teknik Mesin

Tempat bernaung melahap semua ilmu untuk menjadi bekal kehidupan.

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa perubahan luar biasa, menjadi uswatun khasanah di muka bumi ini.

Skripsi ini berjudul “Optimasi Parameter Mesin *Hammer-Disc Mill* untuk Produksi Tepung Glukomanan Menggunakan Metode Taguchi” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan adik tercinta yang selalu memberi dukungan, doa, semangat, motivasi, dan kasih sayang yang luar biasa tak terhingga. Semua yang telah kalian berikan tidak akan pernah mampu untukku balas. Semoga Allah SWT selalu memberikan kebahagiaan dan keberkahan dalam kehidupan kalian di dunia dan akhirat
2. Bapak Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, Ph.D. selaku dosen pembimbing utama yang sangat baik yang selalu sabar memberikan arahan, ide, motivasi serta saran terbaik kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. selaku dosen pembimbing utama yang sangat baik yang selalu sabar memberikan arahan, ide, motivasi serta saran terbaik kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Achmad Yahya Teguh Panuju S.T., M.T. selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritik dan saran yang bermanfaat dalam perbaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

6. Ibu Ir. Arinal Hamni, M.T. selaku pembimbing akademik penulis yang selalu mendukung peningkatan akademik penulis.
7. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah memberikan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi S1-Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah memberikan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah memberikan ilmunya dengan penuh kesabaran dan dedikasi yang tinggi untuk bekal penulis dalam meraih kesuksesan.
10. Bapak Marta, Bapak Salam dan Bapak David yang sangat baik membantu penulis dalam hal urusan administrasi penulis di Jurusan Teknik Mesin.
11. Keluarga Besar CV. Alshintan Muara Kota Metro yang telah membantu dan membimbing penulis dalam melakukan pengambilan data penelitian.
12. Tito Valiandra, Akmal Satria Permana, Muhammad Dayu Juniarto, M. Taqwa Wijaya, Acep Rama Sanjaya selaku teman seperjuangan terbaik selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi penulis.
13. Andre Firmansyah, Fandy Irawan yang selalu memberikan informasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
14. Terkhusus untuk Annisa Aulia Muqita yang terus memberikan semangat, doa, dan dukungan yang tulus kepada penulis agar bisa terus berjuang menyelesaikan skripsi ini hingga tuntas.
15. Keluarga besar Teknik Mesin 2019 yang tidak bisa penulis sebut satu persatu. Keluarga kedua penulis, rekan kelompok, rekan diskusi, rekan berkeluh kesah yang telah memberikan arti dan warna serta pengalaman tak ternilai semasa duduk di bangku kuliah.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, semoga skripsi ini mampu membawa manfaat dan keberkahan bagi semua civitas Teknik Mesin Universitas Lampung *aamiin ya rabbal aalamin*.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Hipotesis Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Batasan Masalah	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umbi Porang (<i>Amorphophallus Oncophyllus</i>).....	7
2.2 Glukomanan	8
2.3 Penepungan	10
2.4 Jenis-jenis Mesin Penepungan	11
2.5 Mesin <i>Hammer-Disc Mill</i>	16
2.6 Proses Pengolahan Glukomanan Mesin <i>Hammer-Disc Mill</i>	21
2.7 Parameter Penepungan	23
2.8 Metode Taguchi	26
2.9 <i>Analisis Varian Taguchi</i>	29
2.10 <i>P-Value</i>	31

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu Dan Tempat Penelitian	33
3.2	Alur Pelaksanaan Penelitian	34
3.3	Bahan dan Alat	35
3.4	Prosedur Penelitian	43
3.4.1	Persiapan Bahan	43
3.4.2	Persiapan Mesin <i>Hammer Mill – Disc Mill</i>	43
3.4.3	Pemilihan Parameter Pengujian	44
3.4.4	Proses Penepungan	46
3.4.5	Mengukur Lama Waktu Penepungan	48
3.4.6	Melakukan Pengayakan Pada Tepung	48
3.4.7	Mengukur Kadar Air Hasil Penggilingan Tepung Porang	48
3.4.8	Mengukur Kapasitas Aktual Penepungan	48
3.4.9	Mengukur Rendemen Glukomanan Penepungan	49
3.4.10	Pengambilan Data	49
3.4.11	Optimasi Data Metode Taguchi	50
3.4.12	Analisa Hasil	50

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Pengujian	54
4.2	Analisis Taguchi Desain	57
4.3	<i>Analysis of Variant</i> (ANOVA) untuk <i>S/N Ratio</i> Glukomanan	59
4.4	Analisis Respon <i>S/N Rasio</i> Glukomanan pada Nilai Tabel dan Grafik ..	62
4.5	<i>Analysis of Variant</i> (ANOVA) untuk <i>Means</i> Rendemen Glukomanan	65
4.6	Analisis Respon <i>Means</i> untuk Rendemen Glukomanan pada Nilai Tabel dan Grafik	66
4.7	Pembahasan <i>Analysis of Variant</i> (ANOVA) for <i>S/N Ratio</i> dan <i>Analysis of Variant</i> (ANOVA) for <i>Means</i> pada Rendemen Glukomanan	68
4.8	Kondisi Tepung Glukomanan Hasil Ayakan 40, 60, dan 80 Mesh	70

V. PENUTUP

5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	75

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	33
Tabel 3.2 Spesifikasi Motor Penggerak	37
Tabel 3.3 Spesifikasi Inverter <i>Ac Motor Single Phase</i>	39
Tabel 3.4 Parameter Pengujian	46
Tabel 3.5 Simbol Urutan Percobaan	47
Tabel 3.6 Pengukuran Tingkat Glukomanan dan Waktu Penggilingan	50
Tabel 4.1 Data <i>Run Order</i> Penelitian	54
Tabel 4.2 Data Simbol Urutan Percobaan	55
Tabel 4.3 Data Nilai Masing-masing Parameter Percobaan	55
Tabel 4.4 Data Hasil Rendemen Glukomanan dan Waktu Setiap Pengujian	56
Tabel 4.5 Data Efisiensi Penepungan Mesin <i>Hammer-Disc Mill</i>	56
Tabel 4.6 Data Hasil Perhitungan S/N Rasio	59
Tabel 4.7 Data <i>Analysis of Variant</i> untuk S/N Rasio.....	60
Tabel 4.8 Data <i>Ranking</i> Parameter untuk S/N Rasio.....	62
Tabel 4.9 Data Respon Parameter Terbaik untuk S/N Rasio	64
Tabel 4.10 Data <i>Analysis of Variant</i> untuk <i>Means</i> Rendemen Glukomanan	65
Tabel 4.11 Data Respon Parameter Terbaik untuk <i>Means</i> Rendemen Glukomanan	67
Tabel 4.12 Data respon parameter terbaik untuk <i>means</i> rendemen glukomanan	68

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanaman Umbi Porang	8
Gambar 2.2 Struktur Glukomanan	9
Gambar 2.3 Granula Glukomanan Utuh	10
Gambar 2.4 Mesin <i>Hammer Mill</i>	12
Gambar 2.5 Skema Kerja <i>Hammer Mill</i>	13
Gambar 2.6 Mesin <i>Disc Mill</i>	14
Gambar 2.7 Prinsip Kerja <i>Disc Mill</i>	15
Gambar 2.8 Mesin <i>Hammer-Disc Mill</i>	17
Gambar 2.9 Mata <i>Hammer-Disc Mill</i>	18
Gambar 2.10 Plat <i>Screening</i>	19
Gambar 2.11 Alur Proses Pengolahan Glukomanan Mesin <i>Hammer-Disc Mill</i> .	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3.2 <i>Chip</i> Umbi Porang	35
Gambar 3.3 Mesin <i>Hammer Mill – Disc Mill</i>	36
Gambar 3.4 Motor Penggerak	37
Gambar 3.5 Mata Pisau <i>Hammer-Disc Mill</i>	38
Gambar 3.6 <i>Inverter AC Motor Single Phase</i>	38
Gambar 3.7 Alat Ukur <i>Tachometer</i>	39
Gambar 3.8 Timbangan Digital	40
Gambar 3.9 <i>Moisture Meter</i>	41
Gambar 3.10 Ayakan	42
Gambar 3.11 <i>Stopwatch</i>	42
Gambar 3.12 Jarak Mata <i>Hammer</i> Menuju Dinding <i>Hammer</i>	45
Gambar 3.13 Tahapan Mendesain Metode Taguchi	52
Gambar 3.14 <i>Pop Up Desain Orthogonal Array</i>	52

Gambar 3.15 Proses Analisis Respon Di Dalam <i>Software</i> Minitab 19	53
Gambar 4.1 <i>Grafik Main Effect Plot for S/N Ratios</i> Glukomanan	63
Gambar 4.2 <i>Grafik Effect Plot for Means</i> untuk Rendemen Glukomanan	67
Gambar 4.3 Kondisi Tepung Glukomanan Ayakan (A) 40 Mesh (B) 60 Mesh ..	70
Gambar 4.4 Kondisi Tepung Glukomanan Lolos Ayakan 80 Mesh	71
Gambar 4.5 Kondisi Tepung Glukomanan Ukuran 60 s.d 80 Mesh	71
Gambar 4.6 Uji Fisik Glukomanan Dengan Rendaman Air Hangat	72

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alam, hal ini menjadi faktor penting yang menjadikan negara ini memiliki keragaman makhluk hidup yang melimpah di dalamnya. Meskipun begitu, kekayaan sumber daya alam tersebut belum sepenuhnya dimanfaatkan secara maksimal sehingga masih banyak sumber daya alam yang belum mendapat perhatian yang layak. Salah satu contohnya adalah tanaman umbi porang, meskipun Indonesia memiliki komoditas ini, tetapi perhatian terhadap tanaman ini justru lebih banyak dari negara lain daripada di negara sendiri. Tanaman umbi porang (*amorphophallus oncophyllus*) adalah salah satu spesies *famili araceae* yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat Indonesia diantaranya sebagai bahan makanan, obat-obatan ataupun tanaman hias (Setiawati dkk., 2017).

Tanaman umbi porang memiliki kandungan zat mannan (glukomanan) yang sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia. Karena khasiatnya tersebut, zat mannan banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi dan industri lainnya. Selain itu, umbi porang juga sering digunakan dalam industri makanan, terutama sebagai bahan campuran pembuatan mie, tahu jepang, daging vega, dan juga sebagai bahan pengikat rasa pada bumbu penyedap serta berbagai jenis makanan lainnya. Glukomanan dapat juga dipakai sebagai bahan penguat kertas, bahan lem, bahan *edible film*, dan masih banyak lagi kegunaannya (Widari dan Rasmito, 2018). Umbi porang kaya akan kandungan gizi yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia. Setiap 100 gram umbi porang mengandung 1 grams protein, 0,1 gram

lemak, 15,7 gram karbohidrat, 4,2 mg besi, 0,07 mg thiamine, 5 mg asam askorbat, 0,19 gram kalsium oksalat, 3,58 gram glukomanan, dan 18,44 gram pati. (Novita dan Indriyani, 2013). Menurut Faridah dkk, (2012) Masalah utama yang menjadi penyebab kurang optimalnya pengembangan tepung umbi porang adalah masih kurangnya teknologi proses penepungan yang tepat sehingga menyebabkan rendahnya besar kadar glukomanan pada tepung porang dan tingginya kandungan oksalat yang bisa mengakibatkan rasa gatal dan iritasi apabila dikonsumsi oleh manusia.

Rangkuti dkk (2012) menuturkan bahwa mesin penepung yang paling sering digunakan untuk mengolah bahan dasar umbi menjadi tepung ialah mesin penepung tipe bergigi (*disc mill*). Penelitian yang dilakukan oleh Sitompul dkk (2018) mendapatkan kesimpulan bahwa menggunakan mesin *disc mill* dapat menghasilkan besar nilai kadar rendemen tepung sebesar 86,11%. Penelitian yang telah dilakukan oleh Kuntjoro (2015) menjelaskan bahwa menggunakan mesin penepung berjenis *disc mill* bila menggunakan parameter kecepatan motor sebesar 2900 RPM memiliki efisiensi yang paling baik yaitu diatas 50% dan mendapatkan hasil penepungan yang tertinggi sebesar 99,08%. Kelebihan menggunakan mesin bertipe *disc mill* yaitu hasil tepung lebih halus dan ukuran partikelnya merata, biaya produksi relatif lebih murah, tidak memerlukan energi yang besar pada awal penggilingannya, serta memiliki efisiensi yang tinggi (Raswinda dkk., 2021). Mesin *disc mill* memiliki kekurangan yaitu bahan yang akan dihancurkan harus dalam keadaan kering. Hal ini untuk menghindari kemacetan karena kapasitas kerja dan daya mesin *disc mill* yang terbatas.

Salah satu metode penepungan lain yang sering digunakan untuk menghancurkan bahan bertekstur keras adalah mesin *hammer mill*. Mesin tipe ini mampu menghasilkan tepung yang berkualitas serta vibrasi yang rendah (Gustina dkk., 2022). Mesin *hammer mill* menggunakan prinsip benturan di antara bahan dan mata *hammer*. Gustina dkk (2022) telah melakukan penelitian dengan menggunakan parameter panjang mata *hammer* sebesar 85 mm dan mendapatkan kesimpulan bahwa mesin

hammer mill memiliki kapasitas kerja mesin yang besar yaitu sebesar 9.97 kg/jam. Kelebihan mesin *hammer mill* yaitu memiliki konstruksi yang sederhana, bahan yang akan di proses tidak harus dalam keadaan kering, dan memiliki kapasitas kerja mesin yang besar bila dibandingkan dengan mesin *disc mill*. Kekurangan mesin *hammer mill* yaitu hasil ukuran partikel penggilingan yang tidak merata, dan energi yang besar pada awal penggilingannya karena harus mencacah material untuk pertama kalinya. Hal itu memaksa mesin menggunakan energi lebih pada awal penggilingan.

Menurut Gustina dkk (2022) parameter yang memiliki pengaruh pada mesin *hammer mill* adalah jarak mata *hammer* ke dinding *hammer* (jarak *clearance*). Semakin panjang mata *hammer mill* maka dapat menghasilkan kapasitas kerja yang lebih besar serta residu yang dihasilkan akan semakin sedikit. Jarak *clearance* juga memiliki pengaruh terhadap besar gaya benturan mata *hammer mill* terhadap bahan. Jarak tersebut dapat mengakibatkan perbedaan derajat kehalusan bahan. Sedangkan pada mesin *disc mill*, parameter kecepatan motor dan jumlah massa bahan yang dimasukkan pada ruang penggilingan memiliki pengaruh terhadap kapasitas kerja mesin *disc mil*. Semakin cepat putaran motor penggerak maka kapasitas kerjanya juga akan meningkat serta daya hantam *hammer* ke bahan akan semakin besar (Kuntjoro, 2015).

Berdasarkan uraian tentang mesin *hammer mill* dan *disc mill* di atas maka, dirancanglah sebuah mesin kombinasi *hammer-disc mill* agar dapat saling menutupi kekurangan dari kedua mesin tersebut. Penelitian ini membahas tentang optimasi parameter yang ada pada mesin *hammer-disc mill*. Optimasi parameter bertujuan agar bisa mendapatkan kondisi parameter yang paling optimal pada mesin *hammer-disc mill* untuk produksi tepung glukomanan dengan menggunakan Metode Taguchi L9. Parameter yang akan di optimasi adalah massa *chip* porang, kecepatan motor penggerak, dan jarak mata *hammer*. Pemilihan parameter tersebut, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Gustina dkk (2022) dan Kuntjoro (2015). Perhitungan yang dilakukan menggunakan menggunakan data yang optimal

adalah kapasitas aktual penepungan, rendemen glukomanan, dan lama waktu penepungan.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam melakukan optimasi parameter mesin *hammer-disc mill* ada beberapa rumusan masalah antara lain :

1. Bagaimana proses produksi tepung glukomanan dengan menggunakan mesin *hammer disc-mill*?
2. Bagaimana besar tingkat presentase rendemen glukomanan yang dihasilkan dari proses penepungan menggunakan mesin *hammer disc-mill*?
3. Bagaimana besar pengaruh parameter yang tersedia terhadap rendemen glukomanan yang dihasilkan?
4. Bagaimana *settingan* parameter mesin *hammer-disc mill* yang paling optimal dalam memproduksi glukomanan?

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis atau praduga sementara penelitian ini antara lain :

1. H_0 : Faktor jarak mata *hammer* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon yang telah ditentukan.
2. H_1 : Faktor jarak mata *hammer* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon yang telah ditentukan.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam melakukan optimasi mesin *hammer-disc mill* dapat dikemukakan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisa parameter yang memiliki pengaruh terhadap kemampuan mesin *hammer-disc mill* dalam menghasilkan rendemen tepung glukomanan.
2. Mengoptimasi parameter mesin *hammer-disc mill* agar mendapatkan rendemen glukomanan yang paling optimal dengan menggunakan Metode Taguchi OA L9.
3. Menganalisa ukuran granula tepung glukomanan yang mengandung kadar glukomanan tinggi melalui uji fisik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini antara lain :

1. Untuk menambah wawasan pengembangan produk pangan dari bahan pangan lokal khususnya pada cara pengolahan umbi porang menjadi tepung glukomanan.
2. Memberikan informasi bagaimana variasi parameter yang paling optimal dari mesin *hammer-disc mill* dalam upaya pemisahan glukomanan untuk tepung umbi porang.
3. Memberikan nilai tambah pada tanaman umbi porang atau iles-iles.
4. Memberikan solusi proses pengolahan tepung umbi porang yang alternatif bagi masyarakat umum.

1.6 Batasan Masalah

Dalam menjaga arah tujuan dari penelitian ini maka dibatasi pembahasan masalah antara lain sebagai berikut :

1. Mesin yang dioptimasi dalam penelitian kali ini adalah mesin *hammer-disc mill*.
2. Parameter penelitian meliputi massa *chip*, kecepatan putaran mesin, jarak mata *hammer mill*.

3. Variasi parameter massa *chip* yang digunakan sebesar 500, 750, dan 1000 gram.
4. Variasi parameter kecepatan putaran mesin yang digunakan adalah 2500, 2750, dan 3000 rpm
5. Variasi parameter jarak mata *hammer mill* yang digunakan adalah sebesar 0,6, 0,8, dan 1 cm.
6. Metode yang digunakan merupakan Metode Taguchi L9.
7. Optimasi parameter yang dicari adalah besar pengaruh parameter terhadap tingkat rendemen glukomanan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umbi Porang (*Amorphophallus Oncophyllus*)

Amorphophallus oncophyllus, sering dikenal dengan umbi porang, merupakan salah satu spesies tumbuhan umbi. Umbi tersebut merupakan anggota keluarga *Araceae* (talas-talasan) dan genus *Amorphophallus*. *A. campanulatus*, *A. oncophyllus*, *A. variabilis*, *A. spectabilis*, *A. decussilvae*, *A. muellleri*, dan masih banyak spesies lainnya yang ditemukan di Indonesia. Umbi porang pertama kali ditemukan di daerah tropis di Afrika dan Kepulauan Pasifik, kemudian berpindah ke negara-negara dengan suhu sedang seperti China dan Jepang. Kepulauan Andaman (India) adalah tempat spesies *A. onchophyllus* pertama kali ditemukan. Kemudian menyebar ke Myanmar, Thailand, dan Indonesia (Sari dan Suhartati, 2015).

Tanaman umbi porang (*Amorphophallus oncophyllus*) digolongkan dalam kelompok (Padusung dkk., 2020):

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)
Subkingdom : *Tracheobionta* (berpembuluh)
Superdivisio : *Spermatophyta* (menghasilkan biji)
Divisio : *Magnoliophyta* (berbunga)
Kelas : *Liliopsida* (berkeping satu/monokotil)
Sub-kelas : *Arecidae*
Ordo : *Arales*
Familia : *Araceae* (suku talas-talasan)
Genus : *Amorphophallus*
Spesies : *Amorphophallus oncophyllus*



Gambar 2.1 Tanaman umbi porang

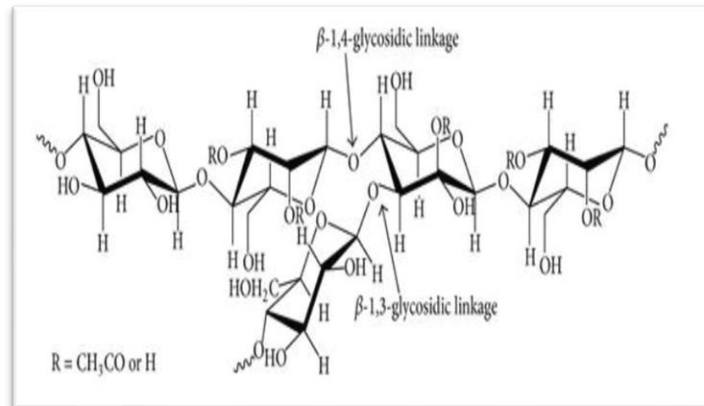
(Sumber : Padusung dkk., 2020)

Pada kondisi kering, kandungan glukomanan pada umbi porang kuning (*A. oncophyllus*) sebesar 55%, sedangkan pada umbi porang putih (*A. variabilis*) hanya 44% (Yasin dkk., 2021). Umbi porang juga digunakan pada dunia industri sebagai bahan perekat kertas, kain katun, wol, dan campuran cat. Umbi porang memiliki harga yang relatif murah (Endriyeni dan Harijati, 2010).

2.2 Glukomanan

Glukomanan adalah biomaterial serbaguna yang berbentuk gel dan memiliki kandungan glukosa dan manosa dengan perbandingan 5:8 yang dihubungkan oleh ikatan β 1-4. Selain itu, terdapat pula rantai samping yang terdiri atas monosakarida 11-16 yang terhubung pada interval 50 sampai 60 unit dari rantai utama melalui ikatan β 1-3, serta kelompok asetat pada rantai karbon 6 yang terjadi pada setiap 9-19 unit dari rantai utama. Hidrolisis kelompok asetat ini akan mengubah formasi ikatan hidrogen antar molekul sehingga terjadi *gelling action*. Menurut Wigoeno dkk, (2013) glukomanan mempunyai massa jenis yang relatif tinggi, yaitu 200.000 – 2.000.000 Dalton dengan ukuran antara 0,5 – 2 mm, 10 – 20 kali lebih besar dari sel pati. Massa jenis yang cukup relatif tinggi membuat glukomanan

mempunyai karakteristik antara selulosa dan galaktomanan, yaitu dapat mengkristal dan membentuk struktur menjadi serat-serat halus. Keadaan tersebut dapat menyebabkan glukomanan bisa dimanfaatkan lebih luas dibandingkan dengan selulosa dan galaktomanan. (Wigoeno dkk., 2013). Pada Gambar 2.2 terlihat bentuk struktur dari glukomanan.

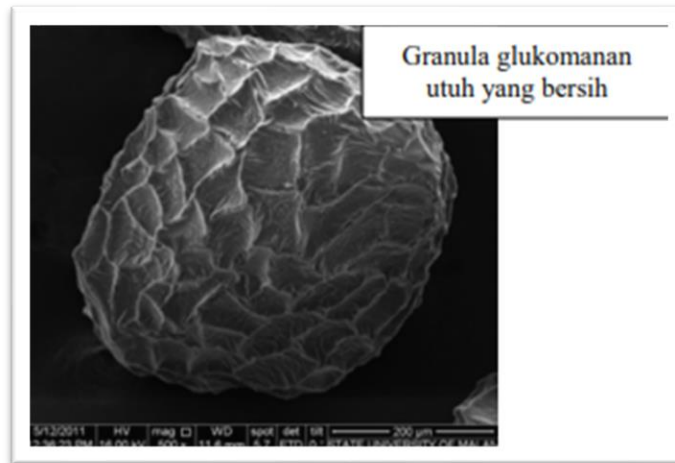


Gambar 2.2 Struktur glukomanan

(Sumber : Aryanti dkk., 2015)

Glukomanan memiliki beberapa karakteristik, antara lain kemampuan larut dalam air dan menghasilkan larutan yang sangat kental, kemampuan gel saat ditambahkan air kapur, kemampuan daya rekat yang kuat saat ditambahkan air, dan kemampuan memuai secara signifikan saat terkena air. Umbi porang memiliki kandungan glukomanan yang tinggi, berkisar antara 5 hingga 65%. Glukomanan memiliki sifat yang berbeda dengan pati dan selulosa. Zat glukomanan dapat larut baik dalam air dingin maupun panas, sehingga menghasilkan bahan yang cukup kental. Namun, jika massa yang kental ini dipanaskan hingga menjadi sebuah gel, glukomanan tidak bisa larut kembali dalam air. Larutan glukomanan di dalam air memiliki sifat yang merekat. Namun, jika ditambahkan asam asetat atau asam pada umumnya, maka sifat merekat tersebut akan hilang. (Fadilah dkk, 2012). Glukomanan dapat dipakai di dalam pembuatan tablet obat, sifat yang

dipunyai glukomanan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengikat, penghancur serta pengisinya (Septiawan dkk., 2021).



Gambar 2.3 Granula glukomanan utuh

(Sumber : Faridah dkk., 2012)

2.3 Penepungan

Penepungan merupakan suatu proses pengolahan yang bertujuan untuk menghasilkan produk setengah jadi yang lebih mudah diaplikasikan sebagai bahan pangan. Proses ini dilakukan dengan cara mentransformasi bahan dengan ukuran partikel yang lebih besar menjadi tepung dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan memiliki kehalusan tertentu. Dengan demikian, produk tepung hasil dari proses penepungan dapat digunakan untuk berbagai aplikasi pangan dengan lebih mudah dan praktis. (Rangkuti dkk., 2012). Proses penepungan melibatkan mekanisme pemecahan bahan yang dipengaruhi oleh adanya tekanan pada bahan pada titik kritis. Tekanan yang diberikan akan diserap oleh bahan sebagai energi penekan yang menyebabkan bahan pecah. Pecahnya bahan akan mengikuti bidang belahan sesuai dengan sifat bahan. Proses ini bertujuan untuk mengubah ukuran partikel bahan menjadi lebih kecil dan homogen, sehingga dapat diaplikasikan sebagai tepung yang memiliki konsistensi dan kehalusan

tertentu. Proses penepungan umumnya dilakukan pada berbagai bahan pangan, termasuk pada umbi porang untuk menghasilkan tepung porang. (Salman, 2014).

Penepungan dilakukan bertujuan untuk mengecilkan suatu bahan. Beberapa tujuan dari proses penepungan suatu bahan menurut Salman (2014), adalah:

1. Untuk mempermudah proses ekstraksi unsur tertentu dari struktur komposit.
2. Untuk penyesuaian dengan kebutuhan spesifikasi produk. Contohnya penyajian rempah–rempah
3. Untuk menambah luas permukaan padatan suatu bahan.
4. Untuk mempermudah proses pencampuran bahan secara lebih merata.

Mekanisme pengecilan ukuran suatu partikel dapat dibagi menjadi 3 (tiga) cara yaitu :

1. Pemotongan, pemotongan adalah cara pengecilan ukuran dengan menghantamkan ujung suatu benda tajam pada bahan yang dipotong. Struktur permukaan yang terbentuk oleh proses pemotongan relatif tidak menjadi rusak.
2. Penggerusan, penggerusan menggunakan daya yang relatif besar sehingga bahan terpecah dengan bentuk yang tidak teratur.
3. Pengguntingan, pengguntingan merupakan gabungan dari mekanisme pemotongan dan penggerusan.

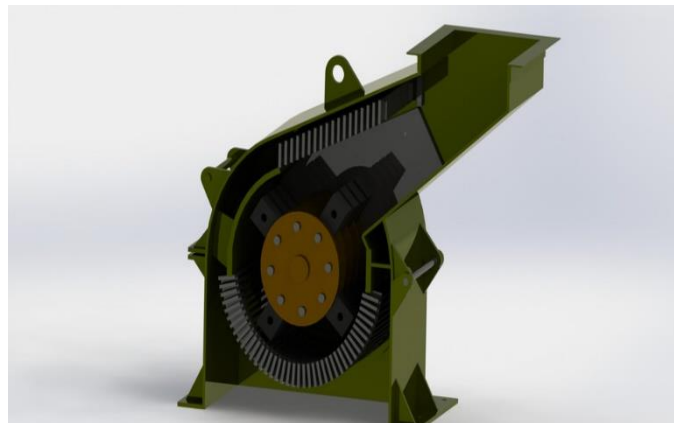
2.4 Jenis-jenis Mesin Penepung

Pada saat ini terdapat beberapa jenis mesin penepung yang digunakan dengan teknologi atau spesifikasi yang berbeda-beda, diantaranya yaitu *hammer mill* dan *disc mill*.

2.4.1 Mesin *Hammer Mill*

Hammer mill merupakan mesin penggiling yang menggunakan rotor yang dapat berputar dengan komponen pemecah berbentuk palu

yang tergantung pada sebuah piringan. Mesin ini bekerja dengan cara memberikan pukulan atau *impact* pada bahan yang akan digiling serta dengan gesekan. Berbagai jenis produk dapat dihasilkan dari mesin *hammer mill*, seperti gula, tepung tapioka, sayuran kering, ekstrak tulang, dan susu bubuk. Mesin *hammer mill* ini banyak digunakan dalam industri makanan, farmasi, dan kimia. (Purnomo, 2013). Untuk memaksimalkan kinerja mesin *hammer mill*, diperlukan juga komponen-komponen tambahan seperti *hopper* untuk memasukkan bahan, *feeder* untuk mengatur aliran bahan, dan magnet untuk mencegah bahan yang mengandung logam masuk ke dalam ruang penggilingan. Sehingga, secara keseluruhan mesin *hammer mill* terdiri dari palu-palu, rotor, saringan, *hopper*, *feeder*, dan magnet

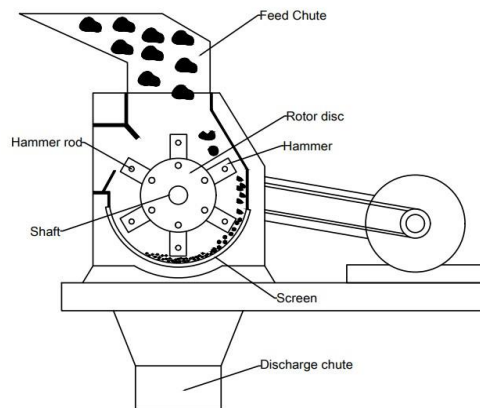


Gambar 2.4 Mesin *hammer mill*

(Sumber : Niazi, 2016)

Sebelum bahan dimasukkan ke dalam *hopper*, mesin *hammer mill* dihidupkan terlebih dahulu. Bahan kemudian dimasukkan ke dalam *hopper* dan diumpankan ke dalam ruang penggilingan melalui gravitasi atau dengan bantuan *screw feeder*. Ketika bahan terkena palu yang bergerak dengan kecepatan tinggi, terjadi tumbukan antara palu dan bahan yang mengakibatkan pecahnya bahan. Pecahan bahan kemudian melewati celah di antara palu dan

saringan, dan hanya partikel dengan ukuran yang lebih kecil dari lubang saringan yang akan keluar sebagai produk. Partikel yang lebih besar akan terus dihancurkan oleh palu dan saringan sampai mencapai ukuran yang sesuai dengan kebutuhan. (Kurniawan dan Kusnayat, 2017).



Gambar 2.5 Skema kerja *hammer mill*

(Sumber : Purnomo, 2013)

Menurut Purnomo, (2013). Adapun kelebihan menggunakan mesin *hammer mill* adalah sebagai berikut:

1. Memiliki konstruksi yang sederhana.
2. Bahan yang akan diolah tidak harus dalam keadaan kering.
3. Biaya operasi dan perawatan terbilang cukup murah
4. Jarang mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh benda asing yang ikut tercampur bersama bahan.
5. Memiliki kapasitas penepungan yang besar.

Sedangkan Kekurangan dalam menggunakan *hammer mill* adalah sebagai berikut:

1. Hasil penggilingan yang dihasilkan tidak memiliki ukuran partikel yang sama rata.

2. Biaya pemasangan masih terbilang cukup tinggi.
3. Membutuhkan tenaga yang besar untuk awal penggilingan.
4. Efisiensi energi masih cukup rendah.

2.4.2 Mesin *Disc Mill*

Mesin tepung jenis *disc mill* digunakan untuk menghasilkan tepung dengan kehalusan tertentu dari bahan baku kasar atau biji-bijian kering. Mesin *disc mill* mempunyai dua *disc* yang saling berputar secara bersama dan berlawanan arah sehingga akan menghaluskan bahan yang akan dihaluskan. (Efendi dan Suhartono, 2018). Pada Gambar 2.6 menunjukkan gambar dari mesin *disc mill*.



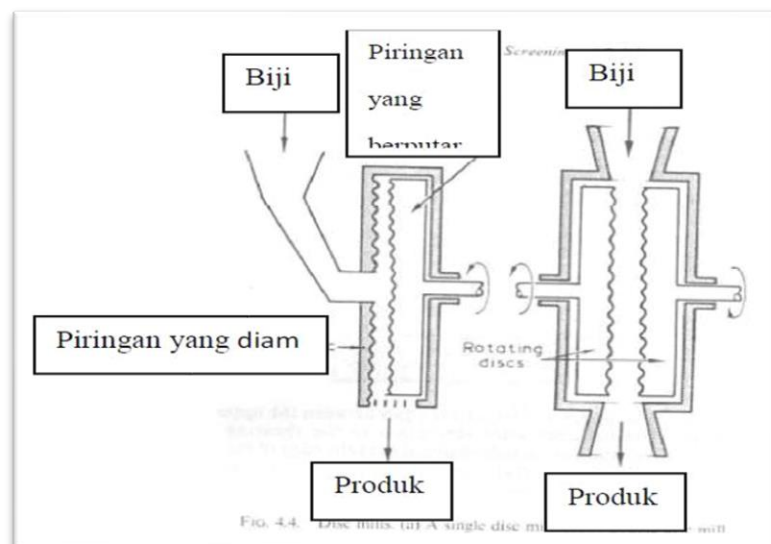
Gambar 2.6 Mesin *disc mill*

(Sumber : Marulloh, 2022)

Prinsip kerja *disc mill* didasarkan pada gaya sobek dan gaya pukul yang dihasilkan oleh pisau yang berputar pada cakram. Bahan yang dimasukkan ke dalam *hopper* akan ditumbuk dan dipotong oleh pisau balok dan pisau penepung statis, sehingga partikel-partikelnya menjadi lebih kecil. Gaya gesek yang dihasilkan oleh lekukan pada

cakram dan dinding *disc mill* juga membantu dalam menghancurkan bahan. Produk yang dihasilkan dari mesin *disc mill* dapat berupa tepung kasar atau halus, tergantung dari ukuran lubang saringan yang digunakan.

Dalam proses pengolahan menggunakan mesin *disc mill*, terdapat mata pisau yang berputar dengan kecepatan tinggi sehingga dapat menepung bahan hingga halus. Bahan yang sudah halus akan jatuh ke bawah melalui saringan dan disalurkan ke lubang pengeluaran tepung. Tenaga untuk memutar mesin didistribusikan oleh motor bensin yang menggerakkan *v-belt* sebagai penggerak pisau pemotong melalui poros tengah. Di dalam ruang penggilingan *disc mill* terapat ruang sirkulasi udara yang berfungsi guna mempermudah dalam pemasukan bahan dan pengeluaran bahan dari cakram penggilingnya (Marlisa dkk., 2020). Pada Gambar 2.7 menunjukkan bentuk mesin *disc mill*.



Gambar 2.7 Prinsip kerja *disc mill*

(Sumber : Siti Yulianti, 2016)

Menurut Raswinda dkk (2021). Kelebihan dari mesin *disc mill* ini antara lain sebagai berikut:

1. Hasil penggilingan memiliki ukuran partikel yang merata.
2. Biaya produksi relatif lebih murah.
3. Efisiensi waktu yang tinggi.
4. Memiliki efisiensi penepungan yang lebih baik.
5. Perawatannya yang mudah

Kekurangan dari mesin mesin *disc mill* ini antara lain sebagai berikut:

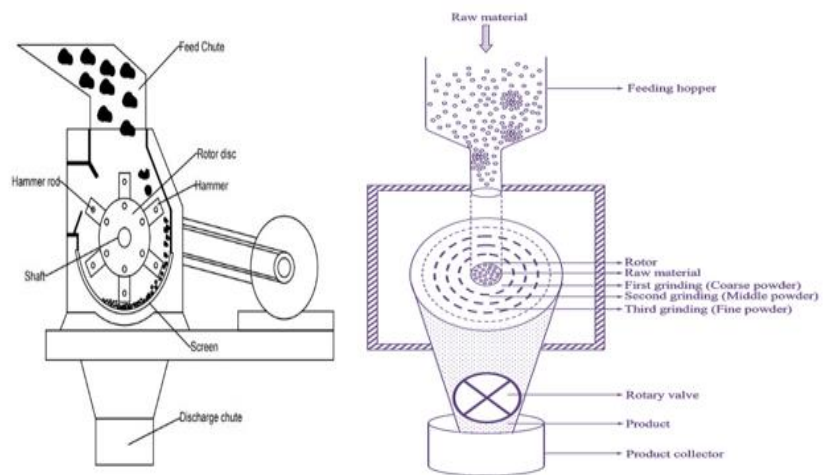
1. Kapasitas pada saat penepungan rendah.
2. Bahan yang akan diolah harus benar-benar dalam keadaan kering agar tidak mengalami kemacetan pada saat proses penepungan berlangsung.
3. Apabila ada benda asing yang ikut masuk ke dalam ruang penggilingan dapat menyebabkan kerusakan.
4. Apabila mesin beroperasi tanpa bahan yang digiling maka akan mempercepat kerusakan pada piringan.

2.5 Mesin Hammer-Disc Mill

Mesin *hammer-disc mill* adalah mesin gabungan atau kombinasi mesin *hammer-disc mill*, dimana *hammer mill* mempunyai prinsip kerja menggunakan pukulan atau *impact* serta gesekan. *Hammer mill* memiliki kelebihan yaitu memiliki konstruksi yang sederhana, biaya operasi dan perawatan terbilang murah, tidak mudah mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh benda asing yang ikut tercampur bersama bahan. Sedangkan mesin *disc mill* memiliki prinsip kerja gesekan antara mata *disc* nya dengan bahan yang akan digiling, sampai bahan tersebut menjadi halus. Menurut (Kuntjoro, 2015) Mesin *disc mill* memiliki kelebihan yaitu efisiensi penepungan dan kapasitas penepungan yang baik. Sedangkan mesin *hammer mill* menurut (Gustina dkk., 2022) mesin ini memiliki

kapasitas kerja yang baik untuk memproduksi tepung glukomanan serta konstruksinya yang sederhana, hasil atau *output* dari penggilingan bermacam-macam ukurannya, dan tidak mudah rusak oleh benda asing yang ikut bercampur bersama bahan.

Melakukan kombinasi antara kedua mesin tersebut diharapkan dapat menghasilkan produksi tepung glukomanan yang baik serta memiliki harga jual yang baik.



Gambar 2.8 Mesin *hammer-disc mill*

(Sumber : Purnomo, 2013)

Bagian-bagian mesin *hammer-disc mill* antara lain sebagai berikut:

1. *Hopper* atau *Corong Input*

Corong input atau *hopper* memiliki fungsi sebagai tempat menampung sementara *chip* umbi porang yang akan diproses pada ruang penggilingan.

2. Ruang Penggilingan

Ruang penggilingan merupakan tempat dimana bahan baku akan digiling menjadi tepung, pada ruang penggiling ini terdapat rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang berputar dan terhubung oleh poros sedangkan stator merupakan bagian yang diam pada ruang penggilingan. Di dalamnya terdapat pisau *hammer* dan *disc* sebagai media penghancur porang yang nanti akan digiling menjadi tepung umbi porang.

3. Mata *Hammer-Disc Mill*

Mata *hammer* dan *disc* berfungsi sebagai komponen yang mencacah dan menghaluskan *chip* umbi porang agar menjadi partikel halus atau tepung. Pada penelitian ini parameter jarak mata *hammer swing* ke dinding *hammer* (jarak *clearance*) yang digunakan adalah sebesar 0.6, 0.8, dan 1 mm sedangkan untuk mata *disc* nya memiliki jumlah yang tetap. Ukuran mata *hammer swing* yang dipakai pada penelitian ini memiliki ukuran panjang 62,80 mm dan lebar 39,10 mm serta tebal 10 mm. Adapun pada Gambar 2.9 dapat dilihat bentuk dari mata *hammer-disc mill*.

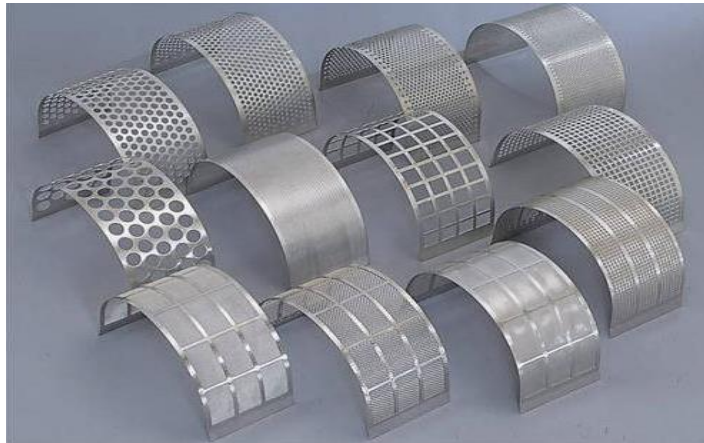


Gambar 2.9 Mata *hammer-disc mill*

(Sumber : Nugroho dkk, 2015)

4. Plat *Screening*

Plat *screening* memiliki fungsi sebagai komponen yang menyaring tepung umbi porang hasil penggilingan. Pada penelitian ini, plat *screening* yang digunakan memiliki ukuran 1,0 mm. Adapun pada Gambar 2.10 dapat dilihat bentuk dari plat *screening*.



Gambar 2.10 Plat *screening*

(Sumber : Nugroho dkk, 2015)

5. Motor Penggerak

Mesin pembakaran dalam yang dikenal sebagai motor bensin dibuat untuk berjalan dengan bensin atau bahan bakar yang sebanding dan menggunakan busi selama proses pembakaran. Motor penggerak ini berfungsi sebagai penggerak utama untuk putaran komponen lainnya. Poros dan rotor keduanya akan berputar secara bersamaan karena putaran yang dihasilkan oleh mesin bensin yang terpasang pada *V-belt*.

6. *Blower* Hisap

Blower hisap merupakan salah satu komponen yang berfungsi untuk meningkatkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan ke dalam ruangan tertentu, serta sebagai pengisap atau pemvakuman udara. *Blower* hisap sering digunakan pada industri

makanan, industri farmasi, dan industri kimia untuk mengatur dan mengalirkan udara atau gas dalam proses produksi. *Blower* hisap dapat beroperasi secara terus-menerus dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses produksi yang berbeda. Pada penelitian ini *blower* digunakan sebagai media pengisapan bahan yang keluar dari corong *output* ruang penggilingan dan di sirkulasi ke *cyclone separator* untuk dipisahkan antara glukomanan, sel pati serta kalsium oksalat dan zat-zat lainnya.

7. *Cyclone Separator*

Cyclone separator berfungsi sebagai komponen pemisah partikel antara partikel yang berat dan ringan. Prinsip kerja dari alat ini ialah memisahkan partikel padat dengan cara memanfaatkan gaya sentrifugal dan gaya gravitasi bumi yang ada di dalam *cyclone separator*. Di dalam *cyclone* ini terjadi *vortex*, yang menyebabkan partikular terpisah, dimana partikular yang memiliki massa jenis besar akan jatuh kebawah dan udara yang bermassa jenis kecil akan naik ke atas (Husairy dan Benny, 2014).

Glukomanan pada umbi porang mempunyai besar massa jenis yang lebih berat dibandingkan dengan kalsium oksalat dan sel pati sehingga dengan memakai metode *cyclone separator* ini dapat dengan mudah memisahkan glukomanan tersebut.

8. *Inverter AC Motor Single Phase*

Inverter AC Motor Single Phase merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik AC dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang dipasok ke motor. Perangkat ini semakin populer karena kemampuannya untuk mengontrol kecepatan motor induksi atau motor penggerak dengan efektif. *Inverter AC Motor Single Phase* memiliki dua fungsi utama, yaitu mengkonversi listrik dari satu frekuensi ke frekuensi lain dan mengontrol frekuensi keluaran,

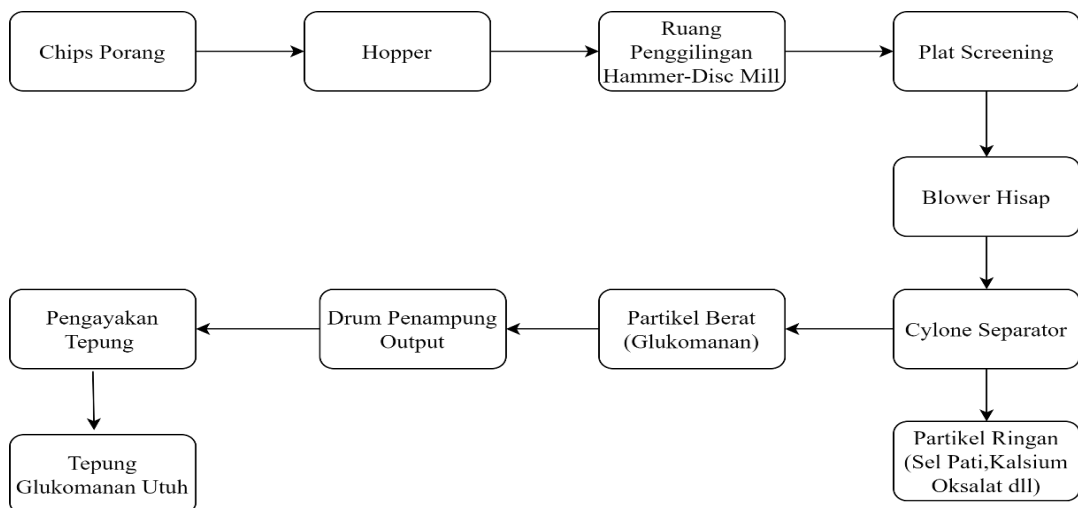
sehingga memungkinkan pengguna untuk mengatur kecepatan motor sesuai kebutuhan. Pada penelitian ini *Inverter AC Motor Single Phase* mampu merubah frekuensi daya listriknya sampai maksimal 400 hz.

9. Drum Penampung Hasil *Output*

Drum penampung memiliki fungsi sebagai tempat penampung Tepung umbi porang hasil penggilingan di ruang penggiling dan pemisahan tepung yang ada di *cylone separator*.

2.6 Proses Pengolahan Tepung Glukomanan Menggunakan Mesin *Hammer-Disc Mill*

Mesin *hammer-disc mill* menggunakan prinsip kerja gabungan dari *hammer mill* dan *disc mill* yaitu melalui benturan atau *impact* dan gesekan antara mata *hammer-disc mill* dengan bahan sehingga menjadi partikel-partikel halus. Adapun alur proses pengolahan dari tepung glukomanan menggunakan mesin *hammer-disc mill* yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 berikut ini.



Gambar 2.11 Alur proses pengolahan glukomanan mesin *hammer-disc mill*

(Sumber : Wibowo, 2023)

Pada Gambar 2.11 dapat dilihat alur proses pengolahan tepung glukomanan menggunakan mesin *hammer-disc mill*. Langkah awal dari proses pengolahan glukomanan yaitu dengan menyiapkan umbi porang yang telah dirajang atau dipotong tipis-tipis kemudian di keringkan sampai menjadi sebuah *chip* porang kering. Selanjutnya bahan ditumbuk hingga menjadi potongan-potongan kecil agar mudah dilakukan proses selanjutnya, setelah *chip* porang siap, langkah berikutnya adalah memasukan *chip* porang tersebut menuju ke *hopper* sesuai dengan massa *chip* yang telah ditentukan, kemudian *chip* akan masuk ke dalam ruang penggiling untuk dilakukan penggilingan menggunakan mata *hammer swing* dan mata *disc mill* agar menjadi partikel-partikel halus, setelah proses penggilingan maka *chip* porang akan berubah menjadi partikel halus atau tepung, selanjutnya tepung akan turun ke bawah corong *output* pada ruang penggiling dan kemudian akan disaring menggunakan plat *screening* dengan ukuran diameter sebesar 1,0 mm.

Langkah selanjutnya tepung akan dihisap oleh *blower* hisap menuju komponen *cylone separator* untuk dilakukan pemisahan antara partikel yang memiliki berat yang berbeda-beda dengan menggunakan prinsip angin puting beliung atau efek *vortex*, dimana partikel yang ringan yaitu sel pati atau kalsium oksalat akan tertiuap keatas menuju saluran pembuangan *output* dan partikel yang berat akan turun ke bawah menuju *drum* penampung hasil. Glukomanan pada umbi porang mempunyai besar massa jenis yang lebih berat dibandingkan dengan kalsium oksalat dan sel pati. (Wigoeno dkk., 2013) Menjelaskan bahwa glukomanan mempunyai massa jenis yang cukup tinggi, yaitu sebesar 200.000 – 2.000.000 Dalton dengan ukuran partikel antara 0,5 – 2 mm, 10 – 20 kali lebih besar dari sel pati. Kemudian proses selanjutnya adalah hasil tepung yang ada di dalam *drum* penampung akan dilakukan penagayakan menggunakan ayakan dengan ukuran diamter 40, 60, dan 80 mesh yang bertujuan agar tepung terpisah dari kotoran-kotoran yang ikut tercampur pada saat proses penepungan berlangsung, ketika sudah dilakukan proses pengayakan maka tepung tersebut akan menjadi tepung glukomanan yang utuh dan siap digunakan.

2.7 Parameter Penepungan

Ada beberapa parameter yang mempengaruhi suatu proses penepungan yaitu antara lain sebagai berikut:

2.7.1 Massa *Input* Bahan (*Chip*)

Massa input bahan (*chip*) akan memiliki pengaruh terhadap efektivitas penepungan. Efektivitas penepungan merupakan suatu keberhasilan kinerja mesin penepung di dalam proses penepungan, yang bisa diukur dengan menghitung %Rendemen, %lolos ayakan dan kapasitas penepungan.

1. Efisiensi penepungan.

Efisiensi penepungan dapat diperoleh dari persamaan berikut ini (Rangkuti dkk., 2012):

$$\eta_t = \frac{W_t}{W_{pk}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

η_t : Efisiensi mesin penepung (%)

W_t : Berat tepung hasil *output* yang telah diayak (kg)

W_{pk} : Berat bahan (*chip*) *input* yang ditepungkan (kg)

2. Kapasitas penepungan.

Kapasitas mesin penepungan merupakan jumlah *chip* yang dapat disalurkan selama 1 (satu) jam hingga menjadi tepung. Kapasitas mesin penepung adalah nilai kapasitas yang diperoleh sampai *chip* benar-benar menjadi tepung yang halus. Persamaan kapasitas penepungan adalah sebagai berikut ini (Rangkuti dkk., 2012):

$$K_{pa} = \frac{M}{t} \times 3600 \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

Kpa : Kapasitas penepungan (kg/jam)

M : Massa bahan (*chip*) input yang ditepungkan (kg)

t : Waktu penepungan (detik)

3. Tepung lolos ayakan.

Ayakan yang menjadi standar merupakan ayakan dengan ukuran 40, 60, dan 80 mesh. Ukuran ayakan 40 mesh memiliki artinya yaitu terdapat 100 lubang dalam setiap jalinan (jarang) sepanjang 1 inci. Demikian juga, ayakan dengan ukuran 60 dan 80 mesh memiliki arti yang sama. Menghitung tepung lolos ayakan adalah dengan cara mengayak hasil tepung yang keluar dari mesin penepung dengan tiga kali proses pengayakan menggunakan ayakan 40, 60, dan 80 mesh.

2.7.2 Kecepatan Motor Penggerak

Torsi dan daya motor merupakan dua parameter penting yang saling terkait dalam kinerja mesin. Kecepatan motor penggerak mempengaruhi besar kecilnya torsi dan daya motor yang dihasilkan. Torsi merupakan indikator kemampuan kerja suatu mesin, diartikan sebagai gaya kerja sepanjang momen, dan memiliki satuan N-m atau *lbf-ft*. Sementara itu, daya atau *power* adalah kecepatan putaran kerja suatu mesin, diukur dalam satuan watt. Semakin besar torsi dan daya suatu mesin, maka semakin efektif mesin tersebut dalam melakukan pekerjaannya (Zuhri dkk., 2020). Semakin besar beban yang diberikan pada motor maka torsi yang dihasilkan semakin besar. Semakin besar putaran mesin akan meningkatkan besar daya (*power*) motor penggerak (Fadly dan Pakan, 2021).

Daya yang didapat oleh motor dibedakan menjadi dua antara lain sebagai berikut:

1. Daya indikator

Dalam mesin pembakaran internal, terdapat istilah daya indikator yang mengacu pada daya yang dihasilkan di dalam ruang silinder. Untuk dapat menghitung daya indikator, diperlukan penentuan tekanan indikator yang dihasilkan dari pembakaran satu siklus kerja mesin tersebut.

2. Daya efektif

Daya efektif merupakan daya yang didapatkan dari hasil pengukuran torsi pada poros yang dikalikan kecepatan sudut putarannya. Dapat dituliskan menggunakan persamaan $P = T\omega$, di mana P adalah daya efektif dalam satuan watt, T adalah torsi dalam satuan Newton meter, dan ω adalah kecepatan sudut putaran dalam satuan radian per detik.

2.7.3 Jarak Mata *Hammer* (Jarak *Clearance*)

Semakin panjang palu *hammer mill* dapat menghasilkan tepung yang lebih banyak dikarenakan kapasitas penggilingan lebih besar dan residu yang dihasilkan semakin sedikit. Menurut Rahmawati (2010), Jarak *clearance* berpengaruh pada gaya tekan palu *hammer mill* terhadap bahan yang akan diproses menjadi tepung, dan berdampak pada derajat kehalusan tepung serta kapasitas penggilingan. Semakin panjang palu atau semakin kecil jarak *clearance hammer mill* maka waktu yang diperlukan untuk penepungan semakin sedikit.

Semakin panjang palu yang menyebabkan semakin kecilnya *clearance* maka semakin besar kapasitas kerjanya, hal ini terjadi dikarenakan jangkauan yang terjadi pada palu tersebut makin luas sehingga lebih mudah menjangkau *chip* umbi porang yang terdapat di area *clearance* (Gustina dkk., 2022).

2.8 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan sebuah metodologi di bidang teknik yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses sekaligus menekan biaya dan sumber daya yang diperlukan. Metode ini bertujuan membuat produk atau proses "tidak sensitif" terhadap faktor-faktor seperti bahan, peralatan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi yang dapat mengganggu. Dengan demikian, metode Taguchi dapat membantu menciptakan produk atau proses yang memiliki kekokohan atau *robustness* terhadap faktor-faktor tersebut. (Octariani dkk., 2021).

Metode Taguchi memiliki keunggulan dalam mengurangi jumlah percobaan atau pengujian yang diperlukan untuk menghasilkan hasil yang valid dan memiliki statistik yang baik. Dengan cara ini, waktu dan biaya yang diperlukan dalam pengujian dapat dikurangi secara signifikan, sambil tetap mempertahankan kualitas produk yang baik. Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan dalam bidang industri untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi. DOE (*Design of Experiment*) dengan Metode Taguchi memiliki beberapa langkah sebagai berikut (Ibrahim dkk., 2019) :

1. Pemilihan variabel / faktor independen
2. Pemilihan jumlah level disetiap variabel independen
3. Pemilihan *orthogonal array*
4. Pemilihan *performance* parameter

Di dalam S/N rasio, ada tiga jenis karakteristik kualitas yang nilainya lebih rendah lebih baik, yang nilainya lebih tinggi lebih baik, dan yang nilainya dekat lebih baik. Taguchi menggambarkan teknik umum untuk meningkatkan variabel proses. Sebuah metode komputer yang disebut analisis varian memberikan estimasi kuantitatif kontribusi setiap faktor untuk setiap ukuran respon. Dalam desain parameter, analisis varians digunakan untuk menemukan kontribusi komponen dan menilai ketepatan estimasi model.

2.8.1 S/N (*Rasio Signal-To-Noise*)

Metode Taguchi telah mengembangkan konsep rasio *signal-to-noise* (S/N) untuk melakukan eksperimen atau pengujian dengan melibatkan beberapa faktor. Konsep ini dirancang untuk memilih level faktor terbaik yang akan mengoptimalkan karakteristik kualitas dari pengujian. Perhitungan rasio S/N akan menghasilkan karakteristik kualitas yang menentukan apakah semakin kecil responnya semakin baik, semakin besar semakin baik, atau tertuju pada nilai tertentu. Dalam hal ini, rasio S/N memberikan pemahaman yang lebih baik dan informasi yang lebih lengkap tentang karakteristik kualitas dari pengujian. Penjelasan dari karakteristik kualitas dalam Metode Taguchi sebagai berikut :

1. *Smaller-the-better* (STB)

Smaller-the-better merupakan standar karakteristik kualitas yang menjelaskan bahwa semakin rendah nilainya maka kualitasnya akan semakin baik. Contohnya adalah kekasaran sebuah permukaan optimum proses pemesinan, dimana semakin kecil kekasaran permukaan benda tersebut maka semakin baik pula permukaannya. S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut ini.

$$S/N = -10 \log [X_{ijk}^2] \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : $X_i(j)$ = nilai eksperimen ke-i pada respon ke-j b.

2. *Larger-the-better* (LTB)

Larger-the-better merupakan karakteristik kualitas yang menjelaskan bahwa semakin besar nilainya maka kualitasnya akan semakin baik, contoh dari karakteristik ini yaitu kekuatan material, efisiensi bahan bakar dan sebagainya. Nilai S/N untuk jenis LTB dapat ditentukan oleh persamaan berikut ini.

$$\text{SNR LTB} = -10 \log \frac{1}{K_i(j)^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana : $X_i(j)$ = nilai eksperimen ke-i pada respon ke-j

3. *Nominal-the-better* (NTB)

Nominal-the-better merupakan suatu karakteristik kualitas yang menetapkan suatu nilai nominal tertentu, apabila nilainya semakin mendekati nilai nominal tertentu maka kualitasnya akan semakin baik juga. Contoh dari karakteristik ini yaitu *clearance*, viskositas dan sebagainya. Nilai S/N rasio untuk jenis karakteristik NTB dapat dinyatakan oleh persamaan berikut ini.

$$\text{SNR NTB} = \log [X_i(j) - m]^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : $X_i(j)$ = nilai eksperimen ke-i pada respon ke-j

m = nilai target spesifikasi

4. *Orthogonal Array*

Orthogonal array pada umumnya ditandai dengan notasi $L_n(f)$ dimana L merupakan simbol untuk *orthogonal array*, f adalah banyaknya faktor, n adalah banyaknya eksperimen, dan 1 menunjukkan jumlah level untuk setiap faktor input. Pada desain *orthogonal array*, setiap faktor input harus memiliki jumlah level yang sama untuk menghindari efek dari perbedaan jumlah level. Dalam proses perancangan *orthogonal array*, terlebih dahulu ditentukan faktor input yang ingin diuji dan jumlah level yang akan digunakan. Kemudian, dilakukan pemilihan *orthogonal array* yang sesuai dengan jumlah faktor dan level yang ditentukan. Selanjutnya, dilakukan uji coba dengan menggunakan kombinasi level yang telah ditentukan dalam *orthogonal array* tersebut. Dengan menggunakan *orthogonal*

array, jumlah uji coba dapat dikurangi secara signifikan dibandingkan dengan melakukan uji coba dengan menggunakan semua kombinasi level yang ada. Hal ini dapat menghemat waktu dan biaya yang diperlukan dalam proses perancangan dan pengujian produk atau proses. (Suwarno dkk., 2017).

2.9 Analisis Varian *Taguchi*

Analisis varian pada Metode *Taguchi* dipakai untuk menginterpretasikan data hasil percobaan secara *statistic*. Analisis varian merupakan sebuah teknik perhitungan yang mungkin dipakai untuk dapat melihat kontribusi setiap faktor secara kumulatif pada semua respon pengukuran yang telah ditentukan. Dengan memakai analisis varian ini kita dapat mengidentifikasi kontribusi faktor yang digunakan sehingga tingkat akurasi perkiraan model dapat ditentukan (Ibrahim dkk., 2019).

Analisis varian di dalam matriks dilakukan berdasarkan dari perhitungan jumlah kuadrat pada masing-masing kolom yang telah ditentukan. Analisis varian yang dilakukan dapat berupa satu arah maupun dua arah tergantung mana yang ingin digunakan. Analisa varian satu arah hanya dapat menentukan varian dari *error* rata-outrata, sedangkan pada varian dua arah dipakai untuk data eksperimen yang terdiri dari dua faktor ataupun lebih dan juga dua level atau lebih. Di bawah ini adalah persamaan untuk melakukan perhitungan analisis varian yang terdiri dari perhitungan derajat kebiasaan serta jumlah kuadrat.

a. Jumlah kuadrat (*Sum of Square*)

$$SS_A = \frac{A_1^2}{aA1} + \frac{A_2^2}{nA2} + \frac{A_3^2}{nA3} + \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (2.7)$$

b. Derajat kebebasan (*Degree of Freedom*)

$$VA = (\text{banyaknya vaktor}) \times (\text{jumlah level}) \dots\dots\dots (2.8)$$

c. N Rata-rata kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_A = \frac{SS_A}{VA} \dots\dots\dots (2.9)$$

d. Jumlah kuadrat total

$$SS_T = \sum Y^2 \dots\dots\dots (2.10)$$

e. Jumlah kuadrat rata-rata

$$S_m = n Y^{-2} \dots\dots\dots (2.11)$$

f. Persen kontribusi masing-masing faktor

$$MS_A = \frac{SS_A}{VA} \times 100\% \dots\dots\dots (2.12)$$

Persen kontribusi dihitung dengan kontribusi faktor ataupun interaksi faktor yang signifikan dan juga *error* nya. Jika persen kontribusi *error* $\leq 15\%$ maka tidak ada faktor yang berpengaruh terabaikan. Akan tetapi jika ada persen kontribusi *error* $\geq 50\%$ maka akan terdapat faktor yang berpengaruh dominan terabaikan.

g. F-Hitung

F-Hitung digunakan untuk melihat apakah ada perbedaan yang secara signifikan pada faktor dan interaksi antar faktor yang sudah dirancang.

$$F_{faktor} = \frac{MS_{faktor}}{MS_{error}} \dots\dots\dots (2.13)$$

h. *Pooling Up*

Pooling Up berfungsi untuk mengestimasi variansi error pada analisis varian. *Pooling Up* akan mengakumulasi beberapa variansi *error* dari beberapa faktor yang kurang signifikan di dalam desain rancangan.

$$SS (pooled e) = SSe + SS_c + SS_d \dots\dots\dots(2.14)$$

$$DF (pooled e) = DFe + DF_c + DF_d \dots\dots\dots(2.15)$$

$$MS (pooled e) = \frac{SS (pooled e)}{DF (pooled e)} \dots\dots\dots(2.16)$$

i. *Percent Contributions*

Untuk dapat mengetahui seberapa besar nilai kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi, terlebih dahulu dihitung *SS'*.

$$SS'_{faktor} = SS_{faktor} - (DF_{faktor} \times MS_{error}) \dots\dots\dots (2.17)$$

$$p_{faktor} = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.18)$$

2.10 P-value

P-value adalah tingkat signifikansi terkecil yang menunjukkan apakah nilai uji statistik yang diamati atau diuji dalam suatu percobaan masih signifikan atau tidak. Contohnya, jika *P-value* sebesar 0.021, maka ini berarti jika H_0 (hipotesis nol) dianggap benar, kejadian yang dijelaskan di dalam H_0 hanya akan terjadi sebanyak 21 kali dari 1000 kali percobaan yang sama. Jika peluang terjadinya kejadian yang dijelaskan di dalam H_0 tersebut begitu kecil, maka kita dapat menolak pernyataan H_0 dan menerima pernyataan

alternatif H1. *P-value* juga dapat diartikan sebagai probabilitas melakukan kesalahan jika kita memutuskan untuk menolak H0.

P-value biasanya dibandingkan dengan taraf nyata α tertentu, seperti 0,05 atau 5%, yang didefinisikan sebagai peluang melakukan kesalahan dengan menyimpulkan bahwa H0 salah, padahal sebenarnya benar. Kesalahan ini disebut dengan kesalahan jenis I (*type I error*), dan jika *p-value* lebih kecil dari α , maka H0 akan ditolak. Nilai P adalah nilai probabilitas (*P value*) yang merupakan peluang munculnya suatu kejadian. Adapun nilai P yang digunakan dalam penelitian kali ini sebesar 5% atau 0,05 dengan tingkat kepercayaan 95% yang artinya apabila besar nilai $P < 0,05$ maka faktor tersebut dinyatakan memberikan pengaruh yang besar atau signifikan dan kolom F berfungsi untuk melihat besar pengaruh dari masing-masing faktor yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai F Tabel.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

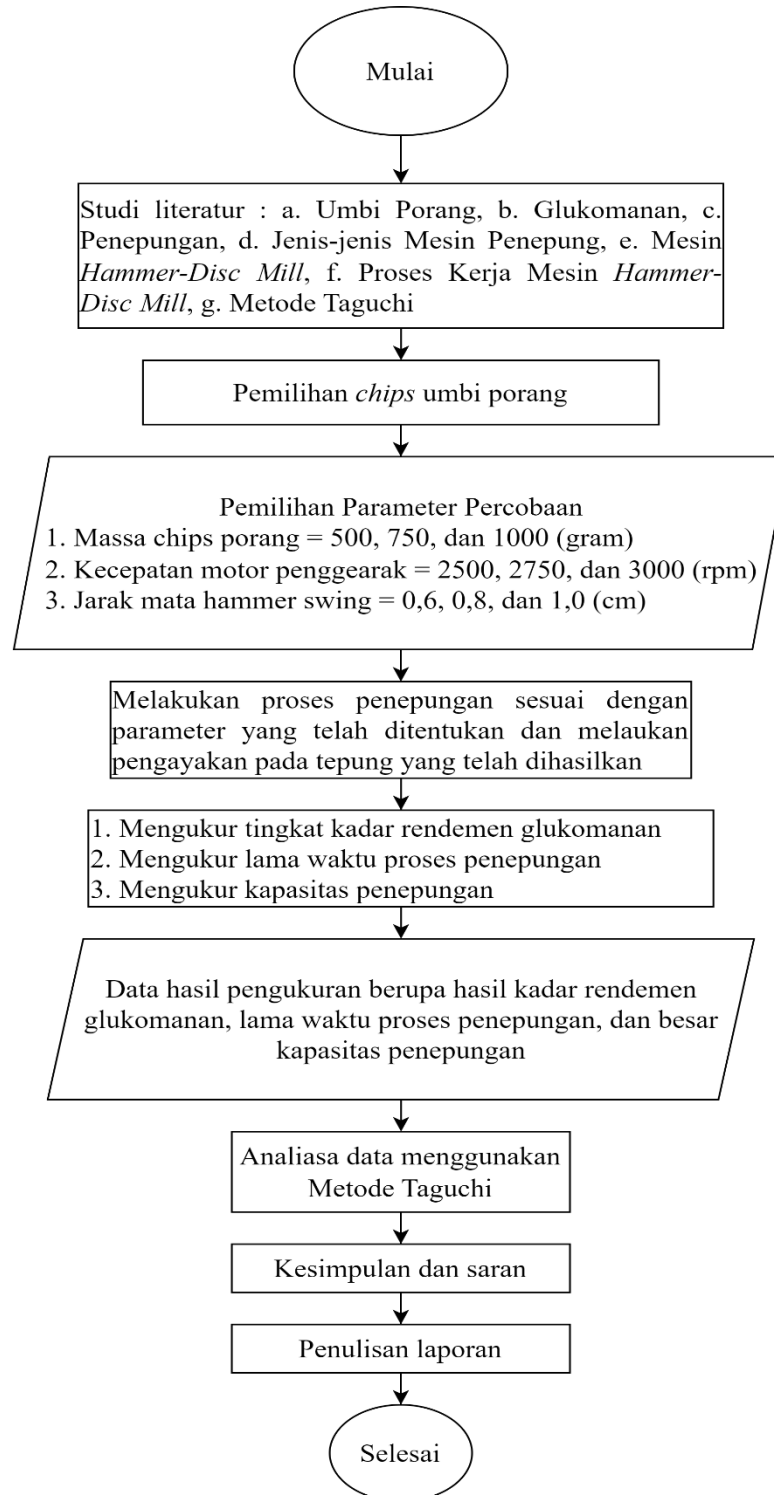
Penelitian ini dilaksanakan di CV. Alsintan Muara Kota Metro Provinsi Lampung dalam kurun waktu selama 4 bulan, dimulai dari bulan Februari hingga Mei 2023.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

Kegiatan		Februari				Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■	■	■												
2	Persiapan Alat dan Bahan Pengujian					■	■	■	■								
3	Percobaan dan Pengambilan Data Sampel									■	■	■	■				
4	Pengolahan Data Sampel												■	■	■	■	
5	Penyusunan Laporan Akhir														■	■	■

3.2 Alur Pelaksanaan Penelitian

Alur pelaksanaan penelitian diperlihatkan pada *flow chart* berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3 Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam mengoptimasi parameter mesin *hammer-disc mill* antara lain:

3.3.1 *Chip* Umbi Porang Kering

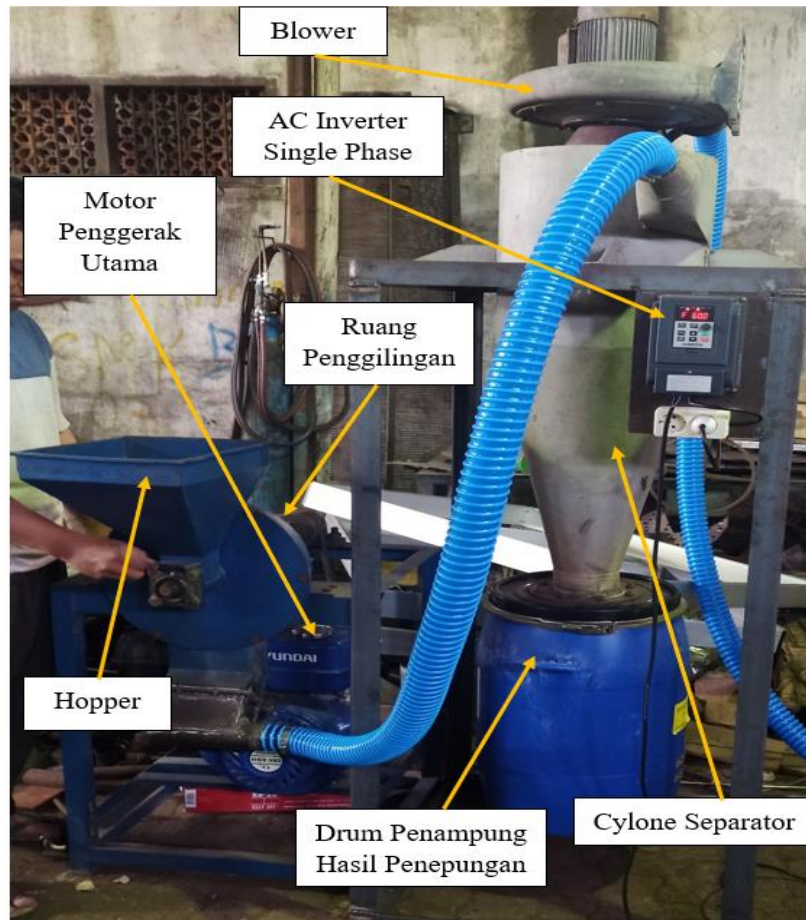
Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah umbi porang varietas lokal yang telah melalui proses pengeringan dan berbentuk sebuah *chip* dengan kadar air sebesar 11-12%. Umbi porang pada penelitian ini diperoleh dari Dusun Sinar Baru, Desa Sinar Harapan, Kecamatan Waylima, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.



Gambar 3.2 *Chip* umbi porang kering

3.3.2 Mesin *Hammer Mill – Disk Mill*

Mesin *hammer mill – disk mill* pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini. Mesin tersebut terdiri dari beberapa komponen sebagai berikut.



Gambar 3.3 Mesin *hammer mill – disc mill*

3.3.3 Spesifikasi Motor Penggerak

Motor penggerak ini memiliki fungsi sebagai penggerak utama untuk memutar komponen-komponen lain. Motor penggerak yang dipakai pada penelitian kali ini menggunakan tipe mesin Honda GX490T2 QN.



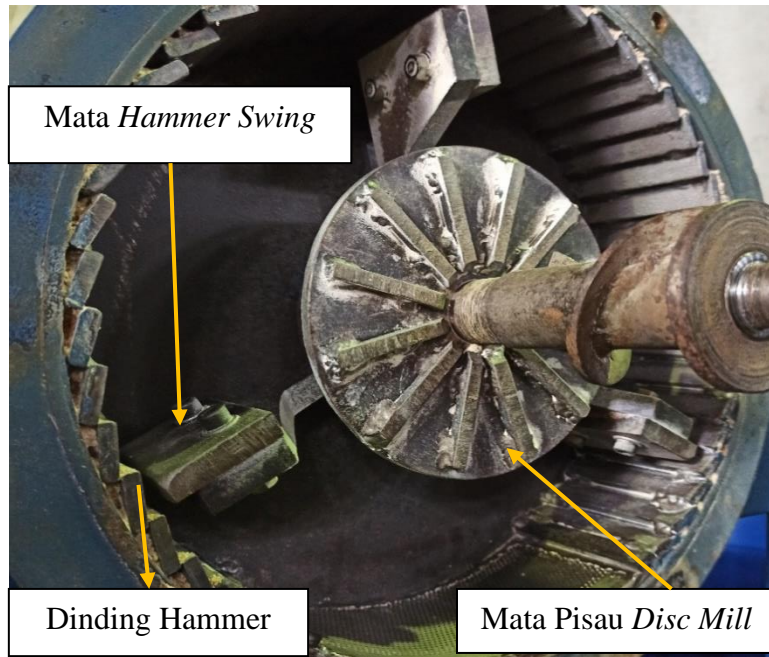
Gambar 3.4 Motor Penggerak

Tabel 3.2 Spesifikasi Motor Penggerak.

Tipe Mesin	<i>4-stroke, overhead valve single cylinder, inclined by 25°</i>
Rasio kompresi	8.2: 1
Kapasitas bahan bakar	6.1 liter
Kecepatan Rotasi	3600 min - 1 rpm
<i>Motor Power</i>	8.7kW (11.7 HP)
Dimensi	407 x 459 x 449 mm
Berat (berat tanpa kerangka)	31 kg
Torsi maksimum	26.5 Nm / 3000 rpm

3.3.4 Mata Pisau *Hammer – Disc Mill*

Mata pisau *hammer* dan *disc* berfungsi sebagai komponen yang mencacah dan menghaluskan *chip* umbi porang agar menjadi partikel halus atau tepung. Ukuran mata *hammer swing* yang dipakai pada penelitian ini memiliki ukuran panjang 62,80 mm dan lebar 39,10 mm serta tebal 10 mm Adapun pada Gambar 3.5 menunjukkan bentuk dari mata pisau *hammer* dan *disc*.



Gambar 3.5 Mata pisau *hammer-disc mill*

3.3.5 Spesifikasi *Inverter AC Motor Single Phase*

Inverter AC Motor Single Phase dipakai untuk mengontrol kecepatan motor listrik yang dipasang ke motor. Adapun Gambar 3.6 memperlihatkan bentuk dari *Inverter AC Motor Single Phase* serta pada Tabel 3.3 menjelaskan spesifikasinya.



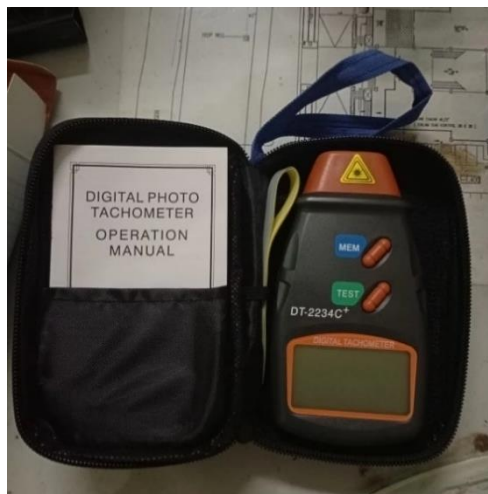
Gambar 3.6 *Inverter AC motor single phase*

Tabel 3.3 Spesifikasi *Inverter AC motor single phase*

Merk	<i>SHZK VFD Inverter</i>
<i>Input</i>	<i>220V Single Phase</i>
<i>Output</i>	<i>220V Single Phase</i>
<i>Output Power Capacity</i>	<i>2.2 kW / 3 HP</i>
<i>Output Frequency</i>	<i>0~400 Hz</i>

3.3.6 *Tachometer*

Tachometer adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran sebuah benda dalam satuan putaran per menit (RPM). Alat ini biasanya berbentuk genggam dan dapat digunakan untuk mengukur kecepatan putaran mesin, kipas angin, roda, dan berbagai jenis benda yang berputar. *Tachometer* pada penelitian ini digunakan sebagai alat ukur kecepatan dari motor penggerak mesin penepung.



Gambar 3.7 *Tachometer*

Tabel 3.4 Spesifikasi *Tachometer*

<i>Accuracy</i>	$\pm (0.05\%+1 \text{ digit})$
<i>Sampling Time</i>	0.8 sec (over 60 RPM)
Range Pengukuran	2.5 - 99,999 RPM
Jarak Pengukuran	50 - 500 mm
Sumber daya	Baterai 1.5V AA 2x

3.3.7 Timbangan Digital

Timbangan digital dipakai untuk mengukur massa dari umbi porang yang akan masuk ke dalam ruang penggiling dan hasil *output* tepung porang yang telah terpisah antara glukomanan dan kalsium oksalat serta sel patinya.



Gambar 3.8 Timbangan digital

3.3.8 *Moisture Meter*

Moisture meter, yaitu alat yang digunakan untuk mengukur kadar air atau tingkat kekeringan dari *chip* umbi porang dan tepung umbi porang. Alat ini juga sering disebut sebagai tester kadar air dan dapat

menghitung kelembaban dalam berbagai kondisi, termasuk saat terhampar atau tersimpan di tempat tertentu. Kadar air pada *chip* umbi porang harus sesuai dengan syarat mutu SNI 739-2020 yaitu antara 13% sampai 16%.



Gambar 3.9 *Moisture meter*

3.3.9 Ayakan

Dalam proses penepungan, ayakan digunakan sebagai alat penyaring untuk membersihkan tepung glukomanan dari kotoran yang menempel serta memisahkan sel pati atau oksalat yang masih belum terpisah. Ayakan yang digunakan memiliki ukuran 40, 60, dan 80 mesh.



Gambar 3.10 Ayakan

3.3.10 *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk mengukur lama waktu penggilingan selama proses uji coba berlangsung.



Gambar 3.11 *Stopwatch*

3.3.11 *Software Minitab 19*

Software Minitab 19 adalah program komputer yang dirancang khusus untuk melakukan analisis statistik. Dikembangkan oleh Minitab Inc., *software* ini mampu melakukan berbagai fungsi, termasuk merancang percobaan menggunakan Metode Taguchi dan

menganalisis data hasil percobaan tersebut. Minitab 19 merupakan versi terbaru dari perangkat lunak Minitab dan banyak digunakan di berbagai bidang, termasuk penelitian, industri, dan bisnis.

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian dalam mengoptimasi parameter mesin *hammer-disc mill* sebagai berikut :

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Umbi porang dicacah sampai berbentuk menjadi *chip* lalu dikeringkan dengan cara di *oven* sampai mencapai kadar airnya mencapai standar syarat mutu SNI 7939-2020. Kemudian ditumbuk terlebih dahulu agar ukurannya mengecil dan mempermudah dalam proses pemasukan bahan ke dalam corong pemasukan atau *hopper*.

3.4.2 Persiapan Mesin *Hammer Mill – Disc Mill*

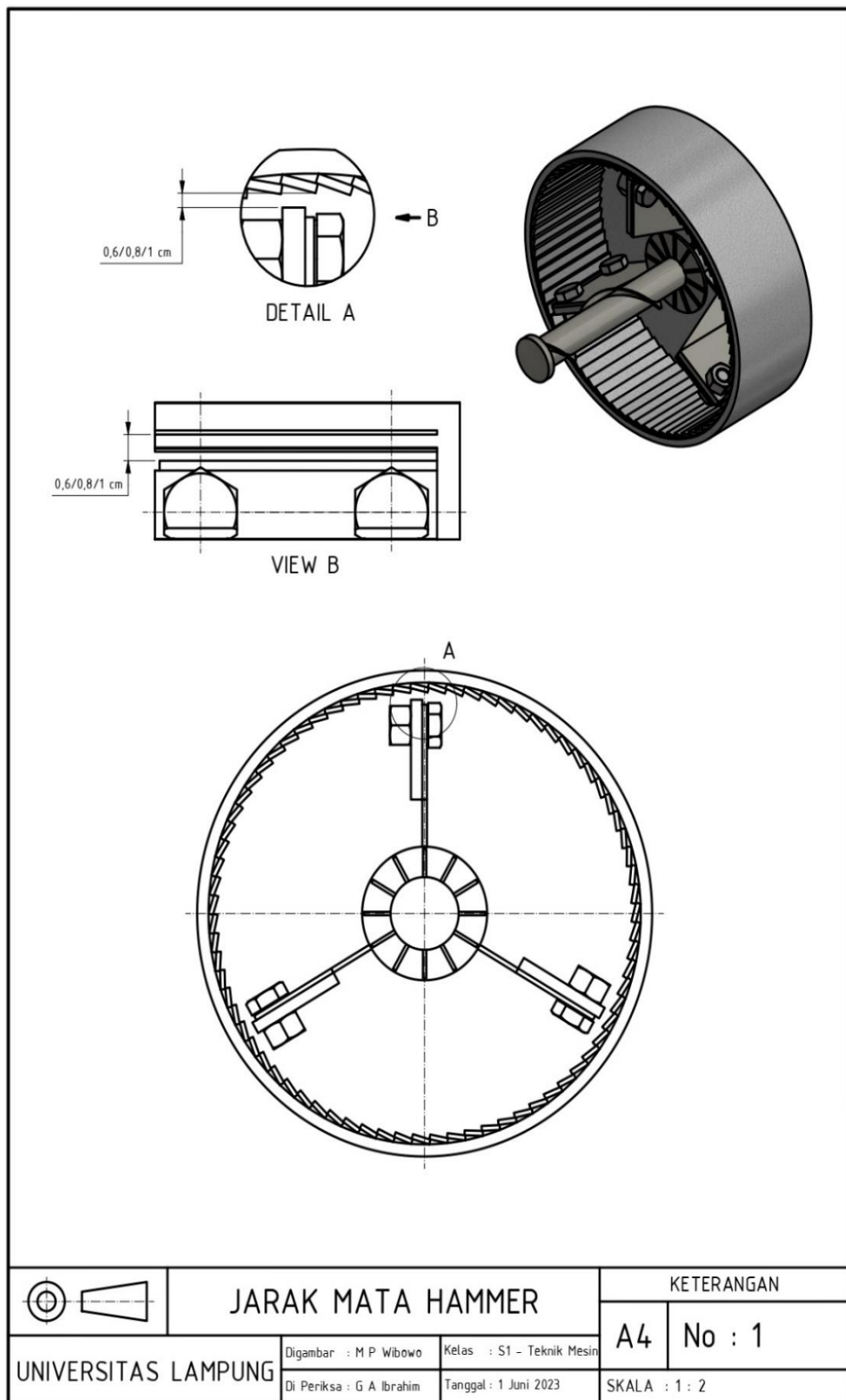
Sebelum memulai proses penggilingan menggunakan mesin *hammer mill - disc mill*, ada beberapa langkah yang harus dilakukan. Pertama, motor bensin sebagai penggerak utama harus dihidupkan. Kemudian, atur kecepatan motor penggerak sesuai dengan 3 variasi kecepatan yang telah ditentukan. Selanjutnya, *set-up* bagian ruang penggilingan dengan mengatur jarak mata *hammer swing* menuju dinding *hammer* (jarak *clearance*).

Setelah itu, atur kekuatan hisap dari *blower* menuju ke *cyclone separator* menggunakan *AC inverter single phase* berbasis frekuensi. Pastikan motor *blower* berjalan dengan kecepatan maksimal dan frekuensi daya listriknya diatur pada 60 Hz. Setelah semua setelan mesin selesai diatur, periksa bahwa semua komponen

berjalan dengan baik tanpa ada kendala yang terjadi pada mesin penggiling maupun komponen *cyclone separator*.

3.4.3 Pemilihan Parameter Pengujian

Dalam mengoptimasi parameter mesin *hammer-disc mill* maka dipilih beberapa faktor atau parameter yang akan di optimasi yaitu parameter jumlah massa *chip* porang, kecepatan motor penggerak, dan jarak mata *hammer swing* (jarak *clearance*). Pemilihan parameter tersebut merujuk dari penelitian yang dilakukan oleh Gustina dkk, (2022) dengan judul penelitian “pengaruh ketebalan *chip* umbi porang (*amorphophallus oncophyllus prain*) terhadap hasil penepungan menggunakan *hammer mill*” dan penelitian yang dilakukan oleh Kuntjoro (2015) dengan judul penelitian “uji kinerja mesin penepung tipe piringan (*disc mill*) untuk penepungan umbi gaplek”. Serta penelitian yang dilakukan oleh Faridah (2012) dengan judul penelitian “optimasi produksi tepung porang dari *chip* porang secara mekanis dengan metode permukaan respon”. Optimasi parameter mesin *hammer-disc mill* akan menggunakan Metode Taguchi dengan desain eksperimentasi *Taguchi* L9. Adapun Gambar 3.12 menunjukkan bagian tampak atas dan samping dari parameter jarak mata *hammer* dan Tabel 3.4 menunjukkan parameter pengujian.



Gambar 3.12 Jarak mata *hammer* menuju dinding *hammer*

Tabel 3.4 Parameter Pengujian

Faktor	Level		
	1	2	3
Massa <i>Chip</i> Porang atau <i>Input</i> (gram)	500	750	1000
Kecepatan Putar Motor Penggerak Utama (RPM)	2500	2750	3000
Jarak Mata <i>Hammer Swing</i> ke Dinding <i>Hammer</i> (cm)	0,6	0,8	1,0

3.4.4 Proses Penepungan

Proses penepungan *chip* umbi porang terjadi di dalam ruang penggilingan yang dilengkapi dengan kombinasi pisau penepung *hammer mill* dan *disc mill*. Kombinasi kedua metode ini menghasilkan tumbukan, gesekan, dan tekanan pada *chip* umbi porang.

Proses pengolahan tepung glukomanan dimulai dengan memasukkan *chip* umbi porang ke dalam *hopper*, kemudian *chip* tersebut masuk ke dalam ruang penggilingan. Di dalam ruang penggilingan, *chip* umbi porang ditumbuk dan digesek oleh mata pisau *hammer-disc mill*. Mata pisau *hammer mill* berbentuk balok, sedangkan mata pisau *disc mill* berbentuk persegi panjang. Kedua mata pisau ini digerakkan oleh motor penggerak melalui transmisi yang terdiri dari *pulley* dengan diameter 4 *inch* dan perbandingan *pulley* 1:1, serta menggunakan *v-belt* dan roda gigi.

Chip umbi porang yang telah diubah menjadi butiran tepung akibat tumbukan dan gesekan akan turun ke corong *output* pada mesin penggiling, kemudian dihisap oleh *blower* dan disalurkan melalui

selang spiral menuju *cyclone separator*. *Blower* hisap ini menggunakan energi listrik sebagai sumber tenaganya. Di dalam *cyclone separator* terjadi efek *vortex* atau angin puting beliung, yang menyebabkan partikulat terpisah. Partikular dengan massa jenis lebih besar akan jatuh ke bawah, sedangkan partikular dengan massa jenis lebih kecil akan terangkat ke atas.

Glukomanan pada porang memiliki massa yang lebih berat dibandingkan dengan kalsium oksalat dan sel pati sehingga glukomanan akan turun ke bawah lubang corong hasil *output* pada *cyclone separator* dan sel pati atau kalsium oksalat akan terbang ke atas karena adanya efek *vortex* ini. Setelah diketahui parameter apa saja yang dipilih untuk dilakukan pengujian, kemudian menginput data berdasarkan parameter ke *software* Minitab 19 dengan urutan percobaan berikut ini.

Tabel 3.5 Simbol Urutan Percobaan

No.	Faktor		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

3.4.5 Waktu Penepungan

Pengukuran lama waktu penepungan menggunakan alat ukur *stopwatch*. Pengukuran dilakukan selama bahan di dalam ruang penggilingan sedang dihancurkan dan *stopwatch* dimatikan ketika tidak ada proses penggilingan berlangsung. Data lama waktu penepungan dipakai untuk menentukan kapasitas penepungan selanjutnya.

3.4.6 Pengayakan Tepung

Chip umbi porang yang telah melewati proses penepungan maka akan menjadi partikel partikel halus atau menjadi sebuah tepung, maka proses selanjutnya adalah melakukan pengayakan pada tepung dari hasil proses penepungan yang telah selesai guna menghasilkan besar nilai kadar glukomanan dan memisahkan benda-benda atau partikel asing yang tidak diinginkan ikut bercampur bersama tepung. Penelitian ini menggunakan ayakan dengan ukuran 40, 60, dan 80 mesh yang mengacu pada penelitian sebelumnya yaitu yang dilakukan oleh Gustina dkk (2022) dengan judul “pengaruh ketebalan *chip* umbi porang (*amorphophallus oncophyllus prain*) terhadap hasil penepungan menggunakan *hammer mil*” dan Ibrahim dkk (2022) dengan judul “peningkatan kadar glukomanan dari umbi iles-iles (*amorphophallus variabilis*) pada proses ekstraksi dengan pelarut isopropil alkohol”.

3.4.7 Kadar Air Hasil Penggilingan

Kadar air pada tepung porang diukur menggunakan alat ukur *moisture meter*, kandungan air pada tepung porang harus sesuai standar syarat mutu SNI 7939-2020 sehingga akan menghasilkan standar mutu tepung porang yang baik.

3.4.8 Efisiensi dan Kapasitas Penepungan

Perhitungan efisiensi dan kapasitas penepungan untuk mengevaluasi kemampuan mesin *Hammer-Disc Mill* dalam memproduksi tepung glukomanan. Efisiensi penepungan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk desain mesin penggilingan, kecepatan penggilingan, total massa input dan distribusi ukuran partikel awal bahan padat, serta jenis dan sifat bahan yang digiling. Sedangkan kapasitas penepungan dipengaruhi oleh kecepatan penggilingan, massa input bahan, ukuran mesin penggilingan, dan sifat fisik bahan yang digiling.

3.4.9 Rendemen Glukomanan Penepungan

Nilai rendemen mesin penepung didapatkan dari hasil pembagian *output* atau berat tepung porang yang mengandung banyak glukomanan dengan berat bahan atau *input* yang dimasukkan ke dalam mesin. Rendemen glukomanan diambil melalui 3 kali pengayakan dengan ayakan 40, 60, dan 80 mesh. Granula yang diambil berukuran 60 s.d 80 mesh.

3.4.10 Pengambilan Data

Pengambilan data yang telah diperoleh hasilnya akan diolah dengan menggunakan Metode Taguchi L9 yang bertujuan untuk mengetahui optimasi mana yang terbaik pada pengujian yang telah dilakukan, kemudian dicatat pada Tabel pengukuran seperti ditunjukkan pada Tabel 3.6 Tabel tersebut menampilkan data grafik dengan hasil pengaruh massa *chip* porang yang masuk ke dalam ruang penggiling, variasi ukuran *filter screening* di dalam ruang penggiling, dan jumlah mata *hammer swing* yang beroperasi serta kecepatan putar dari motor penggerak utama mesin penepung terhadap tingkat glukomanan yang dihasilkan pada tepung umbi porang.

Tabel 3.6 Pengukuran tingkat glukomanan dan waktu penggilingan.

No.	Massa <i>Chip</i> Porang (gram)	Kecepatan Putar Motor Penggerak (RPM)	Jarak Mata <i>Hammer Swing</i> Ke Dinding <i>Hammer</i> (mm)	Hasil Rendemen Glukomanan (g)	Waktu Penggilingan (s)
1	500	2500	0,6		
2	500	2750	0,8		
3	500	3000	1,0		
4	750	2500	0,8		
5	750	2750	1,0		
6	750	3000	0,6		
7	1000	2500	1,0		
8	1000	2750	0,6		
9	1000	3000	0,8		

3.4.11 Optimasi Data Metode Taguchi

Setelah mendapatkan data, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap data yang diperoleh dengan menggunakan metode optimasi Taguchi. Dalam proses analisis ini, akan dilakukan perhitungan rasio S/N untuk menentukan level faktor terbaik yang dapat mengoptimalkan karakteristik kualitas dari suatu pengujian. Data yang diperoleh juga akan diproses menggunakan *software* Minitab 19 untuk mendapatkan hasil yang akurat dan dapat diinterpretasikan dengan baik. Hasil analisis tersebut akan digunakan untuk membuat keputusan terkait dengan faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dari produk atau proses yang sedang diuji.

Setelah melakukan serangkaian pengujian sesuai dengan matriks desain yang telah ditentukan. Kemudian selanjutnya mengambil data berat glukomanan dari hasil proses penepungan dengan menggunakan timbangan digital. Setelah itu hasil pengukuran dikumpulkan ke dalam Tabel respon taguchi untuk kemudian

dioptimasi data respon tersebut dengan menggunakan metode taguchi di *software* minitab 19.

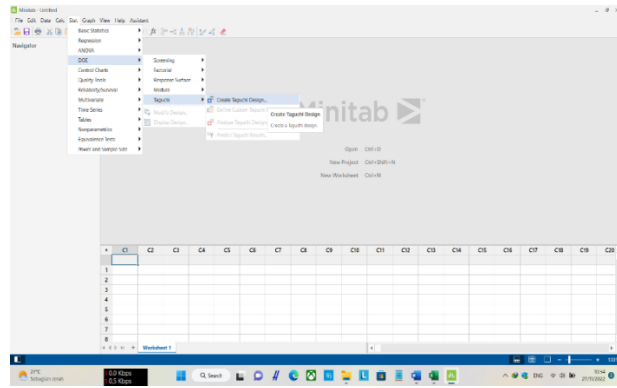
3.4.12 Analisa Hasil

Setelah memiliki data hasil dari perhitungan dengan memakai Metode Taguchi, langkah berikutnya adalah menganalisa data perhitungan. Adapun rencana analisa yang akan dilakukan yaitu menghitung harga S/N rasio sesuai dengan karakteristik respon. Karena pada eksperimen ini karakteristik memiliki kriteria *larger the better* maka dihitung dengan persamaan :

$$SNR LTB = -10 \log \frac{1}{k_i (j)^2} \dots\dots\dots (3.1)$$

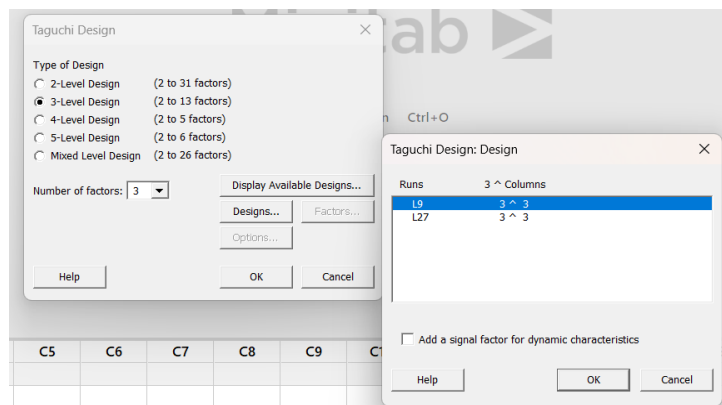
Dimana ; Xi (j) = nilai eksperimen ke-i pada respon ke-j

Dalam penelitian ini, karakteristik kualitas *larger the better* dipilih karena tujuan optimasi adalah meningkatkan kualitas tepung umbi porang dengan meningkatkan nilai rendemen glukomanan. Semakin besar nilai rendemen glukomanan, maka semakin baik kualitas tepung yang dihasilkan. Untuk melakukan perhitungan S/N rasio dan respon mean, digunakan *software* Minitab 19. Langkah awalnya adalah melakukan pengaturan di dalam software Minitab 19 dengan memilih metode DOE Taguchi, kemudian menginput jumlah level dan faktor penelitian dengan cara membuka *tab Stat > DOE > Taguchi > Create Taguchi Design*.



Gambar 3.13 Tahapan mendesain metode taguchi

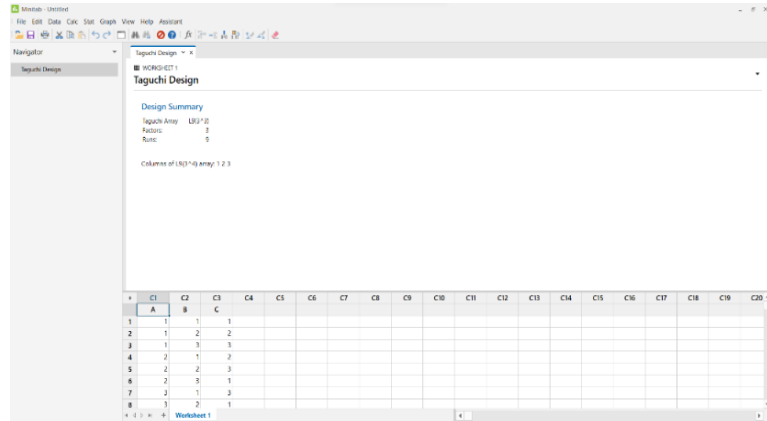
Setelah melakukan pengaturan awal di *software* Minitab 19, langkah selanjutnya adalah akan muncul jendela *pop-up* yang memungkinkan pemilihan jumlah variabel independen dan desain *Orthogonal Array* (OA) yang akan digunakan dalam penelitian. Pada penelitian ini, terdapat 3 faktor yang akan diteliti, dan masing-masing faktor memiliki 3 level desain. Untuk desain *Orthogonal Array*, dipilih desain OA L9 yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.



Gambar 3.14 Pop Up Desain Orthogonal Array

Setelah desain *Orthogonal Array* terbentuk dalam tampilan sel di Minitab 19, langkah selanjutnya adalah memasukkan data respon pengamatan yang akan dianalisis menggunakan *software* Minitab

19. Untuk menganalisis respon variabel dependen, dapat dilakukan dengan mengklik *tab DOE > Taguchi > Analyze Taguchi Design*.



Gambar 3.15 Proses analisis respon di dalam *software* Minitab 19

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian ini dan hasil analisis yang telah dilakukan, maka penelitian dengan judul “Optimasi Parameter Mesin *Hammer Disc-Mill* untuk Produksi Tepung Glukomanan Menggunakan Metode Taguchi” diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil Analisis Varians (ANOVA), faktor yang memberikan pengaruh besar dan signifikan terhadap respon dapat diidentifikasi. Dalam penelitian ini, parameter massa input *chip* terbukti memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon, dengan nilai *F-value* sebesar 10,91 dan persentase kontribusi sebesar 85,36%. Penting untuk dicatat bahwa nilai *F-value* yang signifikan harus melebihi nilai *F* Tabel yang ditentukan, dalam kasus ini 5,41. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa parameter massa input *chip* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon yang diukur. Sementara itu, parameter kecepatan motor dan jarak mata *hammer* terbukti memiliki pengaruh yang kecil atau tidak signifikan terhadap respon. Hal ini dilihat dari nilai *F-value* yang kurang dari 5,41 dan *P-value* yang lebih besar dari 0,05. Meskipun kedua faktor ini tidak memberikan pengaruh yang signifikan, tetap perlu mempertimbangkan pengaruh mereka dalam penelitian ini.
2. Berdasarkan hasil respon parameter terbaik, diperoleh kondisi yang optimal dengan parameter massa input *chip* level 3 yaitu 1 kg, parameter kecepatan motor level 3 yaitu 3000 rpm, dan parameter jarak mata *hammer* level 3 yaitu 1 cm. Berdasarkan hasil parameter yang optimal tersebut, dilakukanlah percobaan menggunakan respon terbaik tersebut dan didapatkan hasil rendemen glukomanan sebesar 365 gram dan

efisiensi penepungan sebesar 36,5%, dengan lama waktu proses penepungan selama 358 detik atau sekitar 5,96 menit.

3. Berdasarkan hasil uji fisik, ditemukan bahwa kandungan glukomanan dominan diperoleh pada ukuran diameter ayakan 60 s.d 80 mesh. Pada ukuran ini, tepung telah terbebas dari kotoran, debu, sel pati, dan kalsium oksalat, serta memiliki ciri-ciri karakteristik glukomanan yang utuh.

5.2 Saran

Pada penelitian ini terdapat saran yang diberikan guna untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi dalam pengembangan pada penelitian selanjutnya, diantaranya :

1. Dalam upaya memperbaharui desain mesin *hammer-disc mill*, perlu dilakukan peningkatan daya hisap *blower* pada bagian *blower*. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja dalam menghisap bahan dari ruang penggilingan dan memastikan aliran yang lebih baik menuju *cyclone separator*. Dengan peningkatan daya hisap, proses pemisahan antara glukomanan dan kalsium oksalat atau sel pati akan menjadi lebih efisien, Sehingga akan meningkatkan kualitas penepungan.
2. Perbaiki desain mesin *hammer-disc mill* juga diperlukan pada bagian *hopper* dengan memperluas volume input. Tujuannya adalah agar bahan yang akan dimasukkan ke dalam ruang penggilingan memiliki ruang yang lebih optimal. Selain itu, perluasan volume input *hopper* juga bertujuan untuk mengurangi kesalahan manusia (*human error*) yang mungkin terjadi selama proses pengisian *hopper*. Dengan desain yang diperbarui, diharapkan dapat meningkatkan kualitas penepungan secara keseluruhan.
3. Salah satu perbaikan lain yang diperlukan adalah pada ruang penggilingan mesin *hammer-disc mill* dengan menambah jumlah mata *hammer*. Dengan menambahkan lebih dari tiga mata *hammer*, kemampuan mesin dalam menghancurkan bahan akan meningkat. Hal

ini akan berkontribusi pada peningkatan kualitas tepung yang dihasilkan. Dengan jumlah mata *hammer* yang lebih banyak, proses penepungan akan menjadi lebih efektif dan efisien, serta menghasilkan tepung yang lebih baik dalam hal kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanti, N., Kharis, D., Abidin, Y. (2015). Ekstraksi Glukomanan Dari Porang Lokal (*Amorphophallus oncophyllus* dan *Amorphophallus muelleri blume*). *Metana*, 11(01), 21–30.
- Efendi, A., dan Suhartono, R. (2018). Perbaikan Dan Pemeliharaan Mesin Disc Mill Bongkol Jagung. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(3), 97.
- Endriyeni, E., dan Harijati, N. (2010). Beberapa Varian Porang (*Amorphophallus muelleri Blume*) di Klangon, KPH Saradan, Kabupaten Madiun, Jawa Timur.
- Fadilah, F. (2012). Coating Stroberi Menggunakan Edible Film Dari Glukomanan Umbi Iles-Iles Dikombinasikan Dengan K-Karagenan Dari *Eucheuma Cottoni*. *Ekulibium*, 11(1), 7–11.
- Fadly, E. R., dan Pakan, Y. (2021). Analisis Variasi Putaran Terhadap Torsi Dan Daya Pada Motor Diesel Satu Silinder. *Jurnal Voering Vol. 6 No. 1 Juli 2021*. 6(1), 33–38.
- Faridah, A., Widjanarko, S. B., Sutrisno, A. (2012). Optimasi Peningkatan Kadar Glukomanan Dan Penurunan Kalsium Oksalat Pada Proses Penepungan Dari *Chip* Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) Dengan Metode Mekanis. *Seminar Nasional PATPI 2011*, 12–17.
- Ibrahim, G. A., Hamni, A., Daud, M., Falah, A. (2019). *Optimasi Kepresisian Geometri Ulir Menggunakan Metode Taguchi-Grey Relation Analysis*. 10(September).
- Kunjtoro, P., Umbi, C., *Amorphophallus*, P., Gustina, R., Warji, W., Tamrin, T., Kuncoro, S. (2022). *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering Effect of Porang Tuber Chip Thickness (Amorphophallus oncophyllus Prain) on Flouring Yield Using a Hammer Mill*. 1(2), 120–130.
- Kurniawan, S., & Kusnayat, A. (2017). Perancangan Hammer Pada Mesin Hammer Mill Menggunakan Metoda Discrete Element Modelling Untuk Meningkatkan Kehalusan Penggilingan Kulit Kopi. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*

(*JRSI*), 3(04), 21.

- Marlisa, Diana, H., Yerizam, M., Junaidi, R., Fadarina. (2020). Uji Performansi Disk Mill Dan Vibrating Screen (Discreen) Dalam Pembuatan Tepung Mocaf (Modified Cassava Flour). *Prosiding Seminar Mahasiswa Teknik Kimia*, 01(01), 87–91.
- Novita, M. D. A., dan Indriyani, S. (2013). Kerapatan dan Bentuk Kristal Kalsium Oksalat Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) pada Fase Pertengahan Pertumbuhan Hasil Penanaman dengan Perlakuan Pupuk P dan K. *Jurnal Biotropika*, 1(2), 66–70.
- Nugroho, S. J., Iskandar, N., Jurusan, M., Mesin, T., Teknik, F., Diponegoro, U., Jurusan, D., Mesin, T., Teknik, F. Diponegoro, U. (2015). Characterization blade hammer mill type swing. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(4), 376–381.
- Octariani, I., Virgantari, F., Wijayanti, H. (2021). Metode Taguchi Dalam Analisis Pengendalian Kualitas Produk Furniture. *Interval : Jurnal Ilmiah Matematika*, 1(2), 50–61.
- Padusung, P., Fahrudin, F., Mahrup, M., Kusnarta, I. gede M., Soemeinaboedhy, S. (2020). Meningkatkan Kesejahteraan Petani Hutan Melalui Integrasi Tanaman Porang (*Amorphophallus onchophyllus*) Dengan Vegetasi Tegakan di Kawasan Rinjani Lombok. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Universitas Muhammadiyah : Mataram*, 1(1), 43–56.
- Pengajar, S., Teknik, J., Fakultas, M., Universitas, T. (2014). *Volume 10 no.1, februari 2014*. 10(1), 12–21.
- Purnomo, M. J. (2013). Optimasi alat penepung gula kristal hasil granulasi menggunakan mesin. *Jurnal Angkasa*, V(2), 89–98.
- Rangkuti, P. A., Hasbullah, R., Sumariana, K. S. U. (2012). Uji Performansi Mesin Penepung Tipe Disc (Disc Mill) untuk Penepungan Juwawut (*Setaria italica* (L.) P. Beauvois). *AgriTECH*, 32(1).
- Raswindo, A., Ahmad, F., Syarifudin. (2021). Uji Kapasitas Mesin Penepung Disk Mill Tipe Ffc 15 Menggunakan Pully 7 Inchi. *Jurnal Poltek Tegal*, 71, 1–9.
- Sari, R., dan Suhartati. (2015). Tumbuhan Porang : Prospek Budidaya Sebagai Salah Satu Sistem Agroforestry. *Info Teknis EBONI*, 12(2), 97–110.

- Septiawan, A. R., Cahya, G., Darma, E., Aryani, R. (2021). Pembuatan dan Karakterisasi Glukomanan dari Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume .) sebagai Bahan Pengikat Tablet. *Prosiding Farmasi*, 7(2), 508–515.
- Setiawati, E., Bahri, S., Razak, A. R. (2017). Ekstraksi Glukomanan Dari Umbi PoranG (*Amorphophallus paeniifolius* (Dennst.) Nicolson). *Kovalen*, 3(3),
- Sitompul, M. R., Suryana, F. S., Mahfud, M., Bhuana, D. S. (2018). Ekstraksi Asam Oksalat Pada Umbi Porang (*Amorphophallus Oncophyllus*) dengan Metode Mechanical Separation. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 135–137.
- Suwarno, Debataraja, N. N., Rizki, S. W. (2017). Optimasi kualitas Hallow Block dengan Metode Taguchi. *Optimasi Kualitas Hallow Block Dengan Metode Taguchi*, 6(01), 61–68.
- Widari, N. S., dan Rasmito, A. (2018). Penurunan Kadar Kalsium Oksalat Pada Umbi Porang (*Amorphopallus Oncophillus*) Dengan Proses Pemanasan Di Dalam Larutan NaCl. *Jurnal Teknik Kimia*, 13(1), 1–4.
- Wigoeno, Y. A., Azrianingsih, R., Roosdiana, A. (2013). Analisis Kadar Glukomanan pada Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *Jurnal Biotropika* , 1(5), 231–235.
- Yasin, I. dkk. (2021). Menggali Potensi Tanaman Porang Sebagai Tanaman Budidaya Pada Sistem Hutan Kemasyarakatan (HkM) Kabupaten Lombok Utara. *Journal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 3(622), 453–463.