

**KAJIAN PROSES PEMBUATAN TEPUNG GLUKOMANAN PORANG
(*Amorphophallus oncophyllus*) SECARA MEKANIS**

(Tesis)

Oleh

Silaturahmi Widaputri

2124051011



**MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

MECHANICAL STUDY OF PORANG GLUCOMANNAN FLOUR (*Amorphophallus oncophyllus*) PRODUCTION PROCESS

By

SILATURAHMI WIDAPUTRI

Porang tuber (*Amorphophallus oncophyllus*) contains a potential compound in the form of glucomannan which can be extracted physically, chemically, and mechanically. Extraction in this study was carried out mechanically with a disc mill and blower. The aims of this study were to determine the effect of porang flour particle size on yield, glucomannan content, and calcium oxalate content of glucomannan flour, to determine the effect of blower air speed on yield, glucomannan content, and calcium oxalate content of glucomannan flour, and to determine the interaction of porang flour particle size and the speed of blower air for the best yield, glucomannan content, and calcium oxalate content of glucomannan flour. The study was arranged factorially in a Complete Randomized Block Design (RAKL) with 3 repetitions. The first factor in the treatment was particle size (mesh) consisting of 3 levels, namely M1 (40 mesh); M2 (60 mesh); and M3 (80 mesh); and the second factor in the treatment was blower air speed (m/s) consisting of 3 levels, namely K1 (5 m/s); K2 (7.5 m/s); K3 (10 m/s). This research consisted of mechanical glucomannan extraction process with disc mill and blower, testing crude glucomannan yield, glucomannan content, calcium oxalate content to get the best treatment, which were then tested physically and chemically. The data obtained were analyzed statistically using the Bartlett and Tuckey tests and then continued with the ANOVA test and LSD test at the 5% level. The results showed that the best treatment interaction, namely M3K3 with a particle size of 80 mesh and a blower air speed of 10 m/s with the test results being yield 52.90%, glucomannan content 94.45%, calcium oxalate content 0.06%, moisture content 9.64%, ash content 2.80%, protein content 0.88%, Loss on Drying 6.2% , water holding capacity 595.66%, viscosity 48000 cP, chloride content 0.02%, lead content 0.21%, starch content 0.95%, crude fiber 1.44%, pH 6.9, solubility in alcohol 0.17%, and solubility in ether 0.22%.

Keywords: *glucomannan, disc mill, blower, mesh, calcium oxalate*

ABSTRAK

KAJIAN PROSES PEMBUATAN TEPUNG GLUKOMANAN PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*) SECARA MEKANIS

Oleh

SILATURAHMI WIDAPUTRI

Umbi porang (*Amorphophallus oncophyllus*) mengandung senyawa potensial berupa glukomanan yang dapat diekstraksi secara fisik, kimia, dan mekanis. Ekstraksi pada penelitian ini dilakukan secara mekanis dengan *disc mill* dan hembusan *blower*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel tepung porang terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan, mengetahui pengaruh kecepatan udara *blower* terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan, dan mengetahui interaksi ukuran partikel tepung porang dan kecepatan udara *blower* terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan terbaik. Penelitian disusun secara faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 3 ulangan. Faktor pertama pada perlakuan adalah ukuran partikel terdiri atas 3 taraf yaitu M1 (40 mesh); M2 (60 mesh); dan M3 (80 mesh); serta faktor kedua pada perlakuan adalah kecepatan udara *blower* terdiri atas 3 taraf yaitu K1 (5 m/s); K2 (7,5 m/s); K3 (10 m/s). Penelitian ini terdiri atas proses ekstraksi glukomanan secara mekanis dengan *disc mill* dan hembusan *blower*, pengujian rendemen glukomanan kasar, kadar glukomanan, kadar kalsium oksalat untuk mendapatkan perlakuan terbaik, kemudian diuji secara fisik dan kimia. Data yang dianalisis secara statistik menggunakan uji Bartlett dan Tuckey dilanjutkan dengan uji ANOVA dan uji BNT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan interaksi perlakuan terbaik yaitu M3K3 dengan ukuran partikel 80 mesh dan kecepatan udara *blower* sebesar 10 m/s dengan hasil pengujian rendemen sebesar 52,90%, kadar glukomanan 94,45%, kadar kalsium oksalat 0,06%, kadar air 9,64%, kadar abu 2,80%, kadar protein 0,88%, *Loss on Drying* 6,2%, daya ikat air 595,66%, viskositas 48000 cP, kadar klorida 0,02%, kadar timbal 0,21%, kadar pati 0,95%, serat kasar 1,44%, pH 6,9, kelarutan dalam alkohol 0,17%, dan kelarutan dalam eter 0,22%.

Kata kunci: *glukomanan, disc mill, hembusan blower, mesh, kalsium oksalat*

**KAJIAN PROSES PEMBUATAN TEPUNG GLUKOMANAN PORANG
(*Amorphophallus oncophyllus*) SECARA MEKANIS**

Oleh

SILATURAHMI WIDAPUTRI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Program Pascasarjana Magister Teknologi Industri Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

Judul Tesis : **KAJIAN PROSES PEMBUATAN TEPUNG
GLUKOMANAN PORANG (*Amorphophallus
oncophyllus*) SECARA MEKANIS**

Nama : **Silaturahmi Widaputri**


Nomor Pokok Mahasiswa : 2124051011

Program Studi : Magister Teknologi Industri Pertanian


Fakultas : Pertanian




Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si
NIP. 19680807 199303 1 002


Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc
NIP. 19680409 199303 1 002

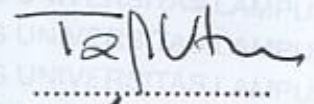
2. Ketua Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian


Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.
NIP. 19710930 199512 2 001

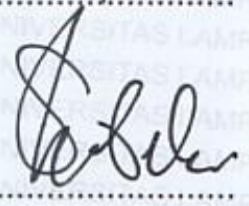
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.



Sekretaris : Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.**



Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D.



2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19641020 198603 1 002



3. Direktur Program Pasca Sarjana

Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP. 19710415 199803 1 005



Tanggal Lulus Ujian Tesis: 02 februari 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Silaturahmi Widaputri

NPM : 2124051011

dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Januari 2023
Yang membuat pernyataan



Silaturahmi Widaputri
NPM. 2124051011

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 20 Juli 1999 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Puguh Budi Wirajaya dan Ibu Ari Minwidaningrum. Penulis merupakan istri dari Gunawan Soetrisno dan memiliki seorang adik bernama Muhammad Afif Al-Ghifari. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Bustanul Ulum, Terbanggi Besar, Lampung

Tengah pada tahun 2005, Sekolah Dasar di SD Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur undangan atau Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan lulus di bulan Juli tahun 2021, kemudian penulis melanjutkan studi Pascasarjana (S2) di Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui program beasiswa *Research and Teaching Assistant* dari Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil' alamiin. Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah, karena atas Rahmat, Hidayah, dan Inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “Kajian Proses Pembuatan Tepung Glukomanan Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) Secara Mekanis”. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini telah mendapatkan banyak arahan, bimbingan, dan nasihat baik secara langsung maupun tidak, sehingga penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, DEA., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Ibu Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P., selaku Ketua Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi, bantuan, saran, dan nasihat;
5. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Pertama, yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, bantuan, saran, serta dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;
6. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, bantuan, saran, serta dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;

7. Ibu Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P., selaku pembahas atas bantuan, saran, dan evaluasi terhadap tesis penulis;
8. Ibu Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D., selaku pembahas atas bantuan, saran, dan evaluasi terhadap tesis penulis;
9. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf dan karyawan di Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah mengajari, membimbing, dan juga membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik;
10. Keluargaku tercinta, suamiku Gunawan Soetrisno, kedua orangtua penulis Bapak Puguh Budi Wirajaya dan Ibu Ari Minwidaningrum, adik penulis M. Afif Al-Ghifari, serta keluarga besar penulis yang telah mengasahi, memberikan dukungan material dan spiritual, serta do'a yang selalu menyertai penulis selama ini;
11. Mba Chintia Agrefina Brilliant, Mba Melia Tri A, Mba Nurbaiti dan Mba Lola Anandya Inke atas pengalaman yang diberikan, bantuan, semangat, dukungan, serta kebersamaannya selama ini;
12. Sahabat-sahabatku Virda Aulia Suyarto, Lola Almira Gelazia, Bening Setara Bulan, Aliffia Haybah, Irhamna Yulia Nikma Salsabila, Wahyu Nugraha, Arlan Fahrozi, Ananda Kusuma Mahardika, M. Adam Fikardo, dan Aby Thalib yang selalu berbagi cerita seperti keluarga, selalu ada dalam kehidupan kampus baik suka maupun duka, selalu mendukung, memberikan saran, serta tempat penulis untuk berkeluh kesah;
13. Keluarga penulis di Laboratorium Pasca Melda, Mba Bella, Nabilla, Chica, Isfa, dan Nabilla Shania, telah mewarnai hidup, menemani, membantu, mendukung, menegur, mengingatkan serta menjadi tempat penulis untuk berkeluh kesah.
14. Keluarga besar MTIP angkatan 2021 terima kasih atas perjalanan, kebersamaan serta seluruh cerita suka maupun dukanya selama ini.

Penulis berharap semoga Allah membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, Januari 2023

Silaturahmi Widaputri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan.....	4
1.3 Kerangka Pemikiran	4
1.4 Hipotesis.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Porang.....	9
2.1.1 Taksonomi Umbi Porang.....	10
2.1.2 Morfologi Tanaman Porang	11
2.1.3 Kandungan Umbi Porang	12
2.2 Glukomanan	13
2.2.1 Aplikasi Tepung Glukomanan pada Industri.....	15
2.3 Kalsium Oksalat	17
2.4 <i>Disc Mill</i>	20
2.4.1 Spesifikasi Mesin Glukomanan Porang	21
2.5 Metode Hembusan <i>Blower</i>	25
2.6 Pipa Pemisahan.....	26
2.6.1 Fluida.....	27
2.6.2 Hukum Bernoulli.....	27
III. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat	28
3.2 Bahan dan Alat	28
3.3 Metode Penelitian.....	29
3.4 Pelaksanaan Penelitian	29
3.4.1 Proses Ekstraksi Glukomanan Porang Secara Mekanis	29
3.4.2 Mekanisme Alat Ekstraksi Glukomanan Porang.....	32
3.5 Pengamatan	34
3.5.1 Rendemen Glukomanan Kasar	34
3.5.2 Kadar Glukomanan.....	34

3.5.2.1	Pembuatan Reagen 3,5-DNS	35
3.5.2.2	Pembuatan Larutan <i>Buffer</i>	35
3.5.2.3	Pembuatan Larutan Stok Glukosa dan Kurva Glukosa Standar	35
3.5.2.4	Penentuan Waktu Optimasi Reaksi Glukosa dan DNS...	35
3.5.2.5	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	36
3.5.2.6	Pembuatan Ekstrak Glukomanan (To)	36
3.5.2.7	Pembuatan Glukomanan Hidrolisat (T)	36
3.5.2.8	Analisis Hasil	37
3.5.3	Kadar Kalsium Oksalat	37
3.5.4	Kadar Air	38
3.5.5	Kadar Abu	38
3.5.6	Kadar Protein.....	39
3.5.7	<i>Loss on Drying</i>	40
3.5.8	Daya Ikat Air (<i>Water Holding Capacity</i>)	40
3.5.9	Viskositas	41
3.5.10	Kadar Klorida (Cl ⁻).....	41
3.5.11	Kadar Timbal (Pb).....	42
3.5.12	Kadar Pati	43
3.5.12.1	Pembuatan Larutan Luff Schoorl	43
3.5.12.2	Persiapan Sampel	43
3.5.12.3	Analisis Sampel.....	43
3.5.12.4	Perhitungan Kadar Pati.....	44
3.5.13	Kadar Serat	44
3.5.14	Analisis pH.....	45
3.5.15	Kelarutan dalam Alkohol	45
3.5.16	Kelarutan dalam Eter.....	46
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1	Rendemen Glukomanan Kasar	47
4.2	Kadar Glukomanan	49
4.3	Kadar Kalsium Oksalat	53
4.4	Perlakuan Terbaik	56
4.5	Analisis Kimia dan Fisik Perlakuan Terbaik	57
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	63
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia umbi porang	12
2. Hasil uji BNT 0,05 pada parameter rendemen glukomanan kasar dengan variabel ukuran partikel pada saringan dan kecepatan <i>blower</i>	47
3. Hasil uji BNT 0,05 pada parameter kadar glukomanan dengan variabel ukuran partikel pada saringan dan kecepatan <i>blower</i>	50
4. Hasil uji BNT 0,05 pada parameter kadar kalsium oksalat dengan variabel ukuran partikel pada saringan dan kecepatan <i>blower</i>	53
5. Rekapitulasi hasil uji BNT 0,05 pada analisis rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat pada tepung glukomanan porang dengan variabel ukuran partikel pada saringan dan kecepatan <i>blower</i>	56
6. Hasil pengujian perlakuan terbaik sampel tepung glukomanan porang dengan variabel ukuran partikel pada saringan dan kecepatan <i>blower</i>	57
7. Nilai rata-rata analisis rendemen tepung glukomanan kasar porang ...	72
8. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter rendemen tepung glukomanan kasar porang	72
9. Analisis sidik ragam parameter rendemen tepung glukomanan kasar porang	73
10. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan ukuran partikel saringan terhadap parameter rendemen tepung glukomanan kasar porang.....	73
11. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan kecepatan udara <i>blower</i> terhadap parameter rendemen tepung glukomanan kasar porang.....	74
12. Uji lanjut BNT 0,05 interaksi antara faktor perlakuan ukuran partikel saringan dengan kecepatan udara <i>blower</i> terhadap parameter rendemen tepung glukomanan kasar porang	74
13. Nilai rata-rata analisis kadar glukomanan tepung glukomanan porang	75
14. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter kadar glukomanan tepung glukomanan porang	75

15. Analisis sidik ragam parameter kadar glukomanan tepung glukomanan porang	76
16. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan ukuran partikel saringan terhadap parameter kadar glukomanan tepung glukomanan porang	76
17. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan kecepatan udara <i>blower</i> terhadap parameter kadar glukomanan tepung glukomanan porang	77
18. Uji lanjut BNT 0,05 interaksi antara faktor perlakuan ukuran partikel saringan dengan kecepatan udara <i>blower</i> terhadap parameter kadar glukomanan tepung glukomanan porang	77
19. Nilai rata-rata analisis kadar kalsium oksalat tepung glukomanan porang.....	78
20. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter kadar kalsium oksalat tepung glukomanan porang	78
21. Analisis sidik ragam parameter kadar kalsium oksalat tepung glukomanan porang	79
22. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan ukuran partikel saringan terhadap parameter kadar kalsium oksalat tepung glukomanan porang	79
23. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan kecepatan udara <i>blower</i> terhadap parameter kadar kalsium oksalat tepung glukomanan porang	80
24. Uji lanjut BNT 0,05 interaksi antara faktor perlakuan ukuran partikel saringan dengan kecepatan udara <i>blower</i> terhadap parameter kadar kalsium oksalat tepung glukomanan porang	80
25. Hasil perhitungan kadar glukomanan pada ulangan pertama	81
26. Hasil perhitungan kadar glukomanan pada ulangan kedua.....	82
27. Hasil perhitungan kadar glukomanan pada ulangan ketiga.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Umbi porang	10
2. Tanaman porang.....	11
3. Sel glukomanan.....	13
4. Struktur glukomanan.....	13
5. Struktur kalsium oksalat	17
6. Bentuk kalsium oksalat	18
7. Posisi kristal kalsium oksalat pada sel tanaman.....	19
8. <i>Disc mill</i>	20
9. Komponen penyusun <i>disc mill</i>	21
10. Komponen mesin produksi glukomanan secara mekanis	22
11. Mesin produksi glukomanan secara mekanis dengan <i>disc mill</i>	23
12. Aliran fluida berdasarkan Hukum Bernoulli.....	28
13. Diagram alir ekstraksi glukomanan secara mekanis	31
14. Desain gambar 3 dimensi <i>disc mill</i> yang dimodifikasi	33
15. Sel glukomanan diamati dengan SEM	52
16. Kurva standar glukosa untuk uji glukomanan dengan DNS	81
17. Desain 3 dimensi komponen mesin ekstraksi glukomanan.....	83
18. Pembuatan tepung glukomanan porang	85
19. Pengujian sifat fisik dan kimia tepung glukomanan porang	86

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Indonesia sebagai negara beriklim tropis memiliki potensi di sektor pertanian yang cukup besar (Haliza *et al.*, 2012), salah satunya umbi-umbian yang merupakan bahan pangan dengan kandungan gizi yang baik, sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber pangan atau sebagai bahan pangan alternatif. Salah satu umbi-umbian yang saat ini sedang populer dan mengalami peningkatan permintaan adalah umbi porang (Wahyuni, 2020). Tanaman porang dengan nama latin *Amorphophallus oncophyllus* merupakan salah satu jenis tanaman dari marga *Amorphophallus* yang termasuk ke dalam suku talas-talasan (*Araceae*). Menurut Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia (2021), produksi porang di Indonesia mencapai 70-80 ribu ton di Tahun 2020, dengan luas lahan produksi mencapai 7000 ha dengan produktivitas 8-10 ton/ha.

Tanaman porang memiliki potensi yang cukup besar untuk dibudidayakan secara optimal karena merupakan salah satu komoditi ekspor. Ekspor umbi porang dilakukan ke berbagai negara seperti Jepang, Australia, Korea, Srilanka, Pakistan, Malaysia, Selandia Baru, Italia dan Inggris seperti yang diekspor dalam bentuk *chips* dan tepung, baik tepung porang maupun dalam bentuk tepung porang yang dimurnikan atau glukomanan. Berdasarkan catatan pada Badan Karantina Pertanian (2021), pada tahun 2020 umbi porang di ekspor sebanyak 20.476 ton dengan nilai ekspor sebesar Rp 924,3 miliar.

Umbi porang memiliki komponen gizi terbesar berupa glukomanan, yaitu berkisar 49 hingga 60%. Komponen glukomanan ini merupakan komponen potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai tepung glukomanan yang digunakan sebagai

thickening, gelling agent, dan perekat pada industri pangan dan industri non-pangan seperti industri lem, industri tekstil, dan industri farmasi serta kosmetik. Selain itu, glukomanan juga memiliki manfaat kesehatan diantaranya sebagai pencegah kanker usus, obesitas, diabetes, dan peningkatan kolesterol (Utami, 2021), sehingga konsumsi dan permintaan glukomanan terus mengalami peningkatan.

Proses produksi glukomanan dilakukan melalui pengolahan umbi porang menjadi produk setengah jadi yaitu tepung porang, kemudian dilakukan pemisahan atau pemurnian untuk mendapatkan ekstrak glukomanan. Tetapi, pada proses produksi tepung porang terdapat suatu komponen berbahaya yaitu adanya kandungan kalsium oksalat, yang dapat menyebabkan terjadinya gatal, iritasi, dan dalam konsumsi dosis tinggi sebesar 10-15 gram dapat menyebabkan terjadinya gastroenteritis, dan pembentukan batu ginjal (Mitchell *et al.*, 2019). Selain adanya kalsium oksalat, terdapat zat atau komponen lain yang harus dipisahkan dari tepung porang untuk mendapatkan glukomanan murni seperti pati dan serat, sehingga perlu dilakukan pemisahan antara kalsium oksalat, pati, dan serat dalam tepung porang untuk mendapatkan glukomanan berbasis umbi porang.

Proses ekstraksi dan pemurnian glukomanan dapat dilakukan menggunakan proses fisik seperti pemanasan, kimiawi menggunakan berbagai jenis asam, dan mekanis menggunakan prinsip pengecilan ukuran (Rangkuti dkk., 2012), tetapi pada proses fisik dan kimia memiliki berbagai kelemahan diantaranya penggunaan biaya dan energi yang lebih tinggi, serta proses dan penggunaan bahan kimia dalam jumlah banyak dibandingkan proses mekanis (Faridah dkk., 2012). Proses mekanis yang umum digunakan dalam ekstraksi dan pemurnian glukomanan menggunakan prinsip penepungan yang dilengkapi dengan fraksinasi menggunakan hembusan *blower* dan *cyclone separator* berdasarkan perbedaan berat jenis (Widjanarko dkk., 2014), akan tetapi *cyclone separator* merupakan sebuah alat yang umum digunakan dan dibutuhkan suatu inovasi alat sebagai substitusi untuk menciptakan *novelty* atau kebaruan dari penelitian, sehingga digunakan *disc mill* yang dilengkapi dengan *blower* dan pipa pemisahan yang dimodifikasi berdasarkan Hukum Bernoulli.

Pemisahan atau pemurnian glukomanan dari kalsium oksalat, pati, dan serat dilakukan dengan metode hembusan *blower*, menggunakan prinsip perbedaan ukuran partikel dan berat jenis. Glukomanan memiliki ukuran partikel 0,5 hingga 2 mm lebih besar dari ukuran pati yang hanya 5-100 μm (Widjanarko dkk., 2015), dan densitas glukomanan adalah sebesar 1471 kg/m^3 hingga 1850 kg/m^3 (Chemical Book, 2022), lebih besar dibandingkan densitas kalsium oksalat, pati, dan serat, sehingga komponen glukomanan dengan berat jenis dan ukuran partikel yang lebih besar akan terpisah dari komponen lainnya dan terkumpul pada bagian *output* pipa pemisahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi dan pemurnian glukomanan dengan metode mekanis adalah kecepatan udara dan ukuran partikel yang dihasilkan (^bFaridah dkk., 2012).

Proses ekstraksi dan pemisahan glukomanan secara mekanis telah dilakukan pada penelitian Widjanarko dkk. (2015) proses ekstraksi dan pemisahan glukomanan dengan menggunakan metode *ball mill* dan pemisahan berdasarkan berat jenis menghasilkan perlakuan terbaik dengan lama waktu penggilingan selama 4 jam dengan kecepatan udara 17 m/s memiliki kadar glukomanan 70,34% dan ukuran partikel tepung <100 mesh, dan penelitian ^aFaridah dkk. (2012) menghasilkan perlakuan terbaik dengan waktu penggilingan selama 15 jam dengan kecepatan udara 18 m/s memiliki kadar glukomanan sebesar 67,22% dan ukuran partikel sebesar 80 mesh, berdasarkan penjelasan tersebut timbul suatu permasalahan pada penelitian ini yaitu belum ditemukannya optimasi proses pada produksi dan pemisahan glukomanan menggunakan metode berat jenis dengan mesin *disc mill* yang dimodifikasi dengan penambahan *blower* dan pipa pemisahan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui optimasi proses yang dipengaruhi oleh faktor kecepatan udara hembusan *blower* dan ukuran partikel tepung porang.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh ukuran partikel tepung porang terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan.
2. Mengetahui pengaruh kecepatan udara *blower* terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan.
3. Mengetahui interaksi ukuran partikel tepung porang dan kecepatan udara *blower* terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan terbaik.

1.3 Kerangka Pemikiran

Umbi porang memiliki komposisi kimia berupa glukomanan sekitar 49-60%; protein kasar 5-14%; serat 2-5%; pati 10-30%; abu 3-4%; kalsium oksalat 1,19%; dan gula larut 3-5%, serta saponin dan alkaloid (Witoyo *et al.*, 2022). Komponen utama terbesar dalam umbi porang adalah glukomanan, yang menjadi potensi untuk pemanfaatan lebih lanjut menjadi tepung glukomanan. Senyawa glukomanan yang terkandung pada umbi porang ini adalah polisakarida linear yang tersusun atas unit-unit D-glukosa dengan unit-unit D-manosa yang diikat oleh ikatan β -(1,4) (Koswara, 2013).

Glukomanan dihasilkan melalui proses pengolahan umbi porang menjadi produk setengah jadi yaitu tepung porang dan dilakukan pemisahan dengan komponen lainnya seperti kalsium oksalat, pati, dan serat. Pemisahan glukomanan dari komponen lainnya harus dilakukan secara efektif, selain untuk memperoleh rendemen dan kadar glukomanan yang tinggi, terdapat komponen yang berbahaya yaitu kalsium oksalat. Menurut Witoyo *et al.* (2022), kandungan kalsium oksalat pada 100 gram umbi porang segar adalah 1,19%, sedangkan pada penelitian Nurenik dkk. (2016), kadar awal kalsium oksalat pada umbi porang segar adalah 1,13%; dan kadar kalsium oksalat pada tepung porang adalah 0,73%.

Kandungan kalsium oksalat ini dapat menyebabkan gatal dan iritasi. Rasa gatal yang ditimbulkan oleh kalsium oksalat disebabkan oleh kristal kalsium oksalat '*raphide*' yang tidak dikelilingi atau ditutupi semacam getah, sehingga dapat melakukan kontak secara langsung dengan lidah, bibir, dan langit-langit mulut (Aviana dan Loebis, 2017). Selain kalsium oksalat, terdapat komponen pati dan serat yang harus dipisahkan untuk mendapatkan glukomanan. Menurut Witoyo *et al.* (2022), kandungan pati dan serat pada umbi porang segar adalah 10-30% dan 2-5%,

Pemisahan komponen glukomanan dari tepung porang dapat dilakukan melalui tiga jenis proses pemisahan, diantaranya proses fisik dengan pemanasan, proses kimiawi dengan menggunakan pelarut dan asam, serta proses mekanis melalui proses *size reduction* menggunakan berbagai alat penepung seperti *ball mill*, *disc mill*, dan *hammer mill* yang dilengkapi dengan hembusan *blower* dan *cyclone separator* (Widjanarko dkk., 2015). Penggunaan proses mekanis memiliki keunggulan dibandingkan proses fisik dan kimia diantaranya lebih hemat dari segi energi dan biaya, serta mencegah terjadinya kontaminasi bahan kimia yang dapat menimbulkan bahaya terhadap keamanan pangan (Pasaribu dkk., 2019), sehingga pada penelitian ini digunakan metode pemisahan glukomanan menggunakan metode pemisahan berdasarkan berat jenis.

Salah satu jenis alat penepung yang dapat digunakan adalah *disc mill*. *Disc mill* merupakan alat penepung dengan prinsip kerja berdasarkan gaya sobek dan gaya pukul. Bahan yang akan dihancurkan berada di antara dinding penutup dan cakram berputar. Bahan akan mengalami gaya gesek karena adanya lekukan-lekukan pada cakram dan dinding alat. Gaya pukul terbentuk karena ada logam-logam yang dipasang pada posisi yang bersesuaian (Rangkuti dkk., 2012). Kelebihan penggunaan *disc mill* adalah memiliki dua cakram yang dapat memperkecil bahan dengan tekanan dan gesekan sehingga hasil penggilingan relatif homogen, tenaga yang dibutuhkan lebih rendah, serta memiliki saringan yang berfungsi untuk menyesuaikan ukuran partikel yang diinginkan (Rangkuti dkk., 2012). Tepung porang yang dihancurkan menggunakan *disc mill*, kemudian dilakukan pemisahan dengan bantuan hembusan *blower* dan pipa pemisahan.

Prinsip kerja dari metode hembusan *blower* ini, adalah bahan yang akan dipisahkan dilewatkan ruangan yang menghasilkan udara bergerak vertikal yang terjadi akibat pusaran *blower* pada pusat ruangan. Pemisahan didasarkan pada perbedaan densitas dan ukuran partikel. Partikel yang memiliki densitas dan ukuran lebih besar akan bergerak ke luar ruangan, sedangkan partikel yang lebih kecil dan ringan akan bergerak seiring dengan hembusan angin meninggalkan pusat ruangan pemisah (^bFaridah dkk., 2012), kemudian pipa pemisahan bekerja berdasarkan gaya gravitasi, dan Hukum Bernoulli. Pembentukan *vortex* melalui peniupan udara *blower* yang dapat memisahkan partikel berdasarkan massa jenis, yang dibantu oleh adanya gaya gravitasi. Gaya gravitasi menyebabkan partikel-partikel tersebut jatuh ke sisi bagian bawah pipa menuju tempat pengeluaran (*output*) (Sriyono, 2012).

Hukum Bernoulli yang diterapkan pada pemisahan menekankan pada hubungan antara tekanan, massa jenis fluida, kecepatan fluida, dan elevasi dalam sistem aliran. Semakin tinggi kecepatan fluida yang dibantu oleh hembusan *blower*, maka tekanan dalam pipa pemisahan akan semakin kecil, sedangkan massa jenis fluida akan selalu sama dalam setiap titik pipa pemisahan dan dipengaruhi oleh gaya gravitasi (Oliveira, 2019), sehingga proses pemisahan berdasarkan massa jenis akan semakin mudah, karena energi potensial dari fluida akan menurun dan partikel glukomanan yang memiliki ukuran terbesar akan jatuh ke bagian bawah *output* pipa pemisahan karena adanya gaya gravitasi. Ukuran partikel glukomanan adalah 0,5 hingga 2 mm atau setara dengan 40 hingga 60 mesh, sedangkan ukuran partikel pati adalah 5-100 μm (Widjanarko dkk., 2015), dan densitas glukomanan sebesar 1471 hingga 1850 kg/m^3 (Chemical Book, 2022), densitas kalsium oksalat adalah 1440 hingga 1840 kg/m^3 (Walton *et al.*, 2003), sedangkan densitas pati dan serat adalah 840 kg/m^3 dan 1350 kg/m^3 , sehingga komponen glukomanan dengan berat jenis yang lebih besar akan terpisah dari komponen lainnya dan terkumpul pada bagian *output* pipa pemisahan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemisahan glukomanan dengan metode berat jenis adalah ukuran partikel dan kecepatan udara. Semakin kecil ukuran partikel, maka komponen lain yang menyelubungi sel glukomanan akan semakin

rendah, sehingga glukomanan lebih mudah untuk terpisah dari komponen lainnya, dan semakin cepat kecepatan udara yang digunakan maka proses fraksinasi akan berjalan lebih cepat, tetapi korelasi diantara keduanya apabila ukuran partikel yang dihasilkan terlalu kecil dan kecepatan udara yang digunakan terlalu besar, akan terjadi kegagalan dalam proses fraksinasi (Widjanarko dkk., 2015). Oleh karena itu diperlukan suatu optimalisasi dalam proses produksi glukomanan dengan metode perbedaan berat jenis.

Penelitian mengenai proses ekstraksi dan pemisahan glukomanan dengan metode mekanis yaitu penelitian Widjanarko dkk. (2015), menggunakan alat *ball mill* dan modifikasi *blower* dan *cyclone separator* dengan perlakuan lama penggilingan 0 jam; 0,5 jam; 1 jam; 1,5 jam; 2 jam; 2,5 jam; 3 jam; 3,5 jam; dan 4 jam dengan kecepatan udara 17 m/s menghasilkan perlakuan terbaik dengan lama waktu penggilingan selama 4 jam dengan kecepatan udara 17 m/s memiliki kadar glukomanan 70,34% dan ukuran partikel tepung <100 mesh, dan penelitian^aFaridah dkk. (2012) dengan perlakuan waktu penggilingan selama 9,5 jam; 12 jam; 15 jam; 18 jam; dan 20 jam dan perlakuan kecepatan udara sebesar 16 m/s; 18 m/s; dan 20 m/s menghasilkan perlakuan terbaik dengan waktu penggilingan selama 15 jam dengan kecepatan udara 18 m/s memiliki kadar glukomanan sebesar 67,22% dan ukuran partikel tepung 80 mesh.

Penelitian pendahuluan dan *trial error* yang dilakukan menunjukkan bahwa kecepatan *blower* di atas 10 m/s yang diaplikasikan pada proses ekstraksi mekanis menggunakan *disc mill* menyebabkan rendemen tepung glukomanan yang dihasilkan sangat sedikit atau menunjukkan kegagalan, sehingga kecepatan *blower* optimum yang diaplikasikan adalah <10 m/s. Oleh karena itu, berdasarkan berbagai penelitian tersebut pada penelitian ini dilakukan analisis lebih lanjut mengenai optimasi proses produksi glukomanan berbasis porang (*Amorphophallus oncophyllus*) berdasarkan perbedaan berat jenis menggunakan *disc mill* yang dimodifikasi dengan hembusan *blower* dan pipa pemisahan dengan faktor perlakuan yang digunakan yaitu ukuran partikel saringan (40, 60, dan 80 mesh) serta kecepatan udara (5 m/s; 7,5 m/s; dan 10 m/s).

1.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah

1. Ukuran partikel tepung porang berpengaruh terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan.
2. Kecepatan udara *blower* berpengaruh terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan.
3. Terdapat interaksi ukuran partikel tepung porang dan kecepatan udara *blower* dalam menghasilkan rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan terbaik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Porang

Porang atau iles - iles merupakan salah satu jenis tanaman dari marga *Amorphophalus* yang termasuk ke dalam suku talas-talasan (*Araceae*). Tanaman tersebut terdapat di daerah tropis dan sub-tropis. Di Indonesia tanaman ini belum banyak dibudidayakan dan hanya tumbuh secara liar di hutan-hutan, sepanjang tepi sungai dan dilekang-lekang gunung. Pemanfaatannya pada industri pangan maupun non pangan masih sangat sedikit, dikarenakan umbi porang memiliki kandungan kalsium oksalat yang sangat tinggi (Koswara, 2013). Menurut Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia (2021), produksi porang di Indonesia mencapai 70-80 ribu ton di Tahun 2020, dengan luas lahan produksi mencapai 7000 ha dengan produktivitas 8-10 ton/ha. Pemanfaatan umbi porang yaitu dilakukan ekstraksi terhadap glukomanan yang dapat berperan sebagai pengental atau *thickening agent* pada industri pangan dan non-pangan (Widjanarko dkk., 2015).

Umbi porang merupakan tanaman berakar primer, beberapa menutupi umbi. Akar tumbuh dari dasar tangkai daun dan gagang bunga, dengan rata-rata 30 akar. Batang porang terletak pada atas umbi, memiliki bentuk bulat dan adanya getah putih. Tangkai berfungsi dalam pembentukan model percabangan untuk menentukan luasnya bagian fotosintesis (Koswara, 2013). Umbi porang dapat tumbuh baik di ketinggian 100-600 mdpl. Porang cocok untuk tumbuh pada suhu 25-30°C dan curah hujan 300-500 mm per bulan selama pertumbuhan vegetatif. Umbi porang tumbuh baik pada tanah dengan tingkat kesuburan yang tinggi, struktur gembur, dan tingkat keasaman yang relatif rendah yaitu pH 6-7,5. Tanaman porang yang tumbuh pada kondisi tanah kurang subur dan berbatu tetap

hidup tetapi mengalami perkembangan tanaman dan pembesaran umbi tidak optimal (Apu dkk., 2022).



Gambar 1. Ubi porang
Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang
Indonesia (2013).

Porang memiliki kemiripan dengan dua jenis tanaman umbi yaitu walur dan suweg. Perbedaannya terletak pada umbi porang tidak ada mata tunas dan warna daging umbi porang yang oranye kekuningan, sedangkan pada suweg dan walur terdapat mata tunas dan warna daging umbinya agak merah jambu, dan dilihat dari tekstur, umbi porang cenderung lebih halus dibandingkan suweg dan walur (Apu dkk., 2022).

2.1.1 Taksonomi Ubi Porang

Menurut Witoyo *et al.* (2022) klasifikasi umbi porang adalah sebagai berikut

Kingdom	: Plantae
Filum	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Subkelas	: Araceae
Ordo	: Arales
Famili	: Rutaceae

Genus : *Amorphophallus*
Spesies : *Amorphophallus oncophyllus*

2.1.2 Morfologi Tanaman Porang

Umbi porang memiliki bentuk seperti tombak yang ujungnya tumpul serta uniseksual. Secara umum porang berbunga di awal musim hujan akan tetapi juga dapat berbunga ketika hendak memasuki hujan. Bunga tersusun atas putik berwarna merah hati, benang sari, serta seludang bunga yang pendek berbentuk agak bulat, berwarna hijau di bagian bawah dan berwarna jingga dibagian atas yang disertai bercak putih. Buah tanaman porang memiliki daging dan berbentuk majemuk. Saat muda buah berwarna hijau, dan saat tua berwarna orange hingga merah. Tandan buah berbentuk lonjong, satu buah terdiri dari 100 sampai 450 biji berbentuk bulat (Sulistiyo dkk., 2015). Tanaman porang dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut



Gambar 2. Tanaman Porang
Sumber: Apu dkk. (2022).

Tangkai daun tanaman porang memiliki tinggi maksimum 150 cm, memiliki batang lunak yang lurus bertekstur halus dengan warna hijau bercak putih. Ada 3 cabang di tangkai daun primer yang hendak bercabang lagi menjadi tangkai daun. Daun tanaman porang memiliki bentuk majemuk dan elips yang ujung daunnya runcing. Warna daun bervariasi mulai hijau muda hingga hijau tua. Permukaan daun bertekstur halus, helai anak daun berjumlah 3-6 yang memiliki cabang-cabang (Sulistiyo dkk., 2015).

2.1.3 Kandungan Umbi Porang

Umbi porang memiliki kandungan berupa glukomanan sekitar 49-60%; protein kasar 5-14%; serat 2-5%; pati 10-30%; abu 3-4%; kalsium oksalat 1,19%; dan gula reduksi 3-5%, serta sedikit saponin dan alkaloid dalam basis kering (Witoyo *et al.*, 2022). Senyawa glukomanan yang terkandung pada umbi porang ini adalah polisakarida yang berasal dari hemiselulosa yang terdiri atas rantai glukosa, dan manosa (Witoyo *et al.*, 2022). Komposisi kimia umbi porang segar dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut

Tabel 1. Komposisi kimia umbi porang segar

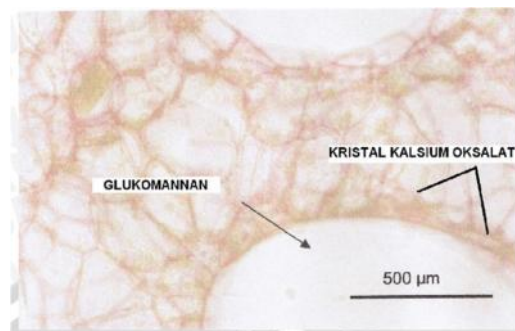
Komposisi Kimia	Nilai Komposisi (% Berat Kering)
Air	7,3
Abu	6,9
Protein	11,53
Lemak	3,52
Serat Kasar	14,32
Karbohidrat (Pati dan Glukomanan)	70,75

Sumber: Srivastava *et al.* (2014).

Adanya kandungan kalsium oksalat sebesar 1,19% pada umbi porang (Witoyo *et al.*, 2022) dapat menyebabkan timbulnya rasa yang sangat gatal, bahkan dapat menimbulkan efek bagi konsumen, apabila dikonsumsi secara langsung. Oleh karena itu, perlu dilakukan perlakuan pendahuluan untuk mengurangi penyebab rasa gatal akibat kristal kalsium oksalat pada umbi porang yang berbentuk jarum dan penyebab rasa pahit dari golongan alkaloid berupa konisin. Salah satunya adalah dengan membuat *chips* porang yang telah direndam menggunakan larutan NaCl untuk mengurangi kadar kalsium oksalat. Umbi porang sebagai bahan baku industri, juga perlu dilakukan perlakuan pendahuluan yang bertujuan untuk mempertahankan kualitas maupun kuantitas glukomanan, sebelum dilakukan proses ekstraksi dari umbi porang tersebut (Sulistiyo, dkk., 2015).

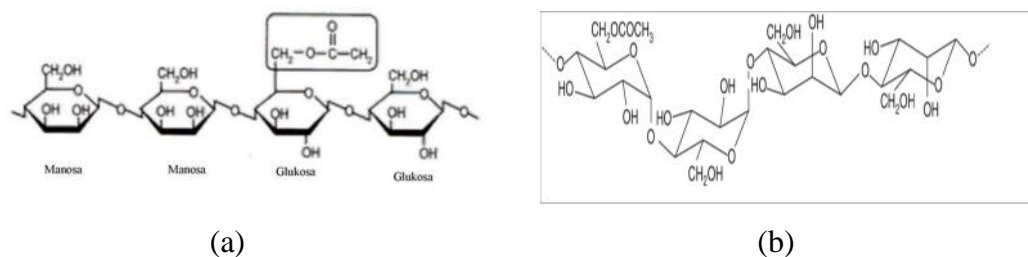
2.2 Glukomanan

Glukomanan merupakan salah satu komponen kimia terpenting yang terdapat dalam umbi porang. Umbi porang apabila diiris dan diamati dibawah mikroskop akan terlihat sebagian besar umbi tersusun oleh sel-sel glukomanan. Sel-sel glukomanan berukuran 0,5 hingga 2 mm, lebih besar 10-20 kali dari sel pati (Yang *et al.*, 2017). Kenampakan sel glukomanan dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut



Gambar 3. Sel glukomanan
Sumber: Widjanarko dkk. (2015).

Glukomanan adalah polisakarida linear yang tersusun atas unit-unit D-glukosa berselang-seling dengan unit-unit D-manosa dalam rasio molar kurang lebih 2:3 atau 1:1,6 yang diikat oleh ikatan β -(1,4) (Yang *et al.*, 2017). Gugus asetil sepanjang rantai utama glukomanan memberikan kontribusi terhadap sifat kelarutan dan berada pada rata-rata setiap 9 hingga 19 unit gugus karbon molekul, yang ditunjukkan pada Gambar 4 sebagai berikut



Gambar 4. Struktur glukomanan
Sumber: (a) Nugraheni (2018); (b) Philip (2018).

Berdasarkan bentuk ikatannya, dibedakan dua golongan mannan, yaitu glukomanan dan galaktomanan. Glukomanan adalah polisakarida hidrokoloid yang terdiri dari residu D-glukosa dan D-mannosa yang diikat bersama-sama dalam ikatan β -(1,4). Perbandingannya kurang lebih terdiri atas 60% polisakarida dari D-mannosa dan 40% terdiri atas D-glukosa. Glukomanan memiliki densitas 1471-1850 kg/m³ (Chemical Book, 2022) dan berat molekul yang tinggi yaitu 200.000 hingga 2.000.000 dalton yang bergantung pada jenis dan lingkungan hidupnya (Zhou *et al.*, 2022).

Rantai gugus asetil mencegah polimer berantai panjang untuk saling mendekat membentuk gel, kecuali dengan adanya kappa karagenan atau gum xanthan yang asosiasi antar rantainya dapat mendukung gelasi atau pengentalan. Glukomanan berbeda dengan pati dan selulosa, yaitu dapat larut dalam air dingin dengan membentuk massa yang kental, sedangkan bila massa yang kental tersebut dipanaskan sampai menjadi gel, maka glukomanan tidak dapat larut kembali dalam air (Ling *et al.*, 2013). Larutan glukomanan dalam air memiliki sifat merekat, tetapi bila ditambahkan asam asetat atau asam pada umumnya, maka sifat merekat tersebut akan hilang. Larutan gluomannan dapat diendapkan dengan cara rekristalisasi oleh etanol dan kristal yang terbentuk dapat dilarutkan kembali dengan asam klorida encer. Bentuk kristal yang terjadi sama dengan bentuk kristal glukomanan di dalam umbi. Tetapi, bila glukomanan dicampur dengan larutan alkali khususnya Na, K, dan Ca, maka akan segera terbentuk kristal baru atau membentuk massa gel. Kristal baru tersebut tidak dapat larut dalam air walaupun dipanaskan hingga suhu 100°C ataupun dengan larutan asam encer (Ling *et al.*, 2013).

Glukomanan juga memiliki beberapa sifat fisik yang istimewa, antara lain pengembangan glukomanan di dalam air dapat mencapai 138-200% dan terjadi secara cepat (pati hanya mengembang 25%). Larutan glukomanan 2% di dalam air dapat membentuk lendir dengan kekentalan sama dengan gum arab 4%, bila dibuat lem akan memiliki sifat khusus yang tidak disenangi serangga. Larutan glukomanan encer (0,0025%) dapat menggumpalkan suatu suspensi koloid. Larutan glukomanan yang disiramkan di atas lembaran kaca dan dikeringkan akan

membentuk *film* yang memiliki sifat transparan, elastis, kuat dan dapat melarut kembali bila dilarutkan dalam air. Apabila larutan glukomanan ditambah dengan glisin atau basa kuat lalu dikeringkan, maka lapisan tipis tersebut tidak dapat melarut kembali dalam air (Ling *et al.*, 2013).

Sebagai *gelling agent* glukomanan memiliki karakteristik yang unik, yaitu kemampuan membentuk baik *thermo-irreversible* maupun *thermo-reversible* gel pada kondisi yang berbeda. Pada gel yang bersifat *thermo-irreversible*, larutan glukomannan tidak membentuk gel karena gugus asetil menghalangi rantai glukomanan untuk saling berinteraksi. Tetapi, gel akan terbentuk dengan pemanasan 85°C pada kondisi alkali lemah (pH 9-10). Gel yang terbentuk bersifat stabil terhadap panas dan akan tetap stabil ketika pemanasan dilakukan berulang-ulang pada suhu 100-200°C. Untuk gel yang bersifat *thermo-reversible*, glukomanan dikombinasikan dengan xanthan gum, kappa karagenan, dan hidrokoloid lainnya. Dengan xanthan gum, glukomanan juga bersifat sinergis dengan kappa karagenan, yaitu keduanya dapat membentuk gel yang sangat kuat walaupun dalam dosis rendah (Zhou *et al.*, 2022).

Faktor-faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya kadar glukomanan antara lain perlakuan pendahuluan (bentuk pengirisan), umur panen, bagian yang digiling, alat yang digunakan, kecepatan putaran alat penggiling dan lama waktu penggilingan (Ling *et al.*, 2013). Mutu glukomanan sangat dipengaruhi oleh warna tepung yang dihasilkan. Derajat putih tepung glukomanan dipengaruhi oleh pati, kalsium oksalat, dan suhu. Warna tepung glukomanan yang dihasilkan kuning kecoklatan, yang disebabkan oleh reaksi antara gugus karboksil pada gula pereduksi dengan gugus amin pada asam amino (Winarno, 2002).

2.2.1 Aplikasi Tepung Glukomanan pada Industri

Karakteristik yang dimiliki glukomanan antara lain dapat larut dalam air, membentuk larutan kental bersifat plastik, mampu membentuk gel, sifat merekat kuat dalam air, mencair seperti agar, stabil pada kondisi asam, mampu membentuk lapisan tipis transparan dan stabil pada konsentrasi garam tinggi

(Mulyono, 2010). Selain itu karakteristik glukomanan yang tidak dimiliki oleh selulosa dan galaktosa adalah mampu membentuk kristal dan serat-serat halus. Karakteristik tersebut yang menyebabkan glukomanan dapat dimanfaatkan oleh berbagai industri. Bidang industri yang telah memanfaatkan glukomanan antara lain industri pangan, kimia, farmasi, tekstil dan kertas (Wigoeno dkk., 2013).

Pemanfaatan glukomanan sangat luas pada industri pangan, terutama glukomanan memiliki sifat kelarutan yang tinggi di dalam air sehingga dapat diolah menjadi makanan diet rendah lemak dan kalori (Wang and Johnson, 2003). Produk yang berbahan baku glukomanan yang rendah lemak dan kaya akan serat antara lain *shirataki* dan *konyaku*. Glukomanan yang memiliki sifat larutan yang kental dapat digunakan sebagai penstabil dalam pembuatan es krim, sehingga es krim yang dihasilkan memiliki karakteristik tekstur yang lembut. Selain itu, pelelehan akan semakin lama dengan adanya penambahan glukomanan. Industri pembuatan bakso menggunakan glukomanan sebagai pengental (*gelling agent*) alami, sehingga lebih aman untuk dikonsumsi. Glukomanan dapat digunakan sebagai pengikat adonan dan pengganti lemak pada pembuatan sosis ayam. Pada pembuatan sirup dan minuman kaya serat glukomanan digunakan sebagai pengental dan penguat rasa (Chan, 2009).

Industri mie dan pasta menggunakan glukomanan sebagai penyerap air dan meningkatkan elastisitas mie, sehingga tekstur mie akan kokoh dan tidak mudah patah. Pembuatan yoghurt menggunakan glukomanan sebagai stabilisasi agar yoghurt yang dihasilkan homogen. Glukomanan pada pembuatan roti digunakan untuk mengembangkan adonan dan meningkatkan volume roti. Pembuatan *edible film* yang menggunakan glukomanan akan membentuk film yang bening dan transparan. Glukomanan yang ditambahkan dalam pembuatan jelli digunakan sebagai penguat *gel* dan memperbaiki tekstur (Chan, 2009).

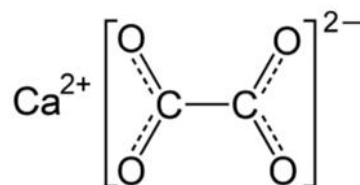
Industri farmasi memanfaatkan glukomanan menjadi suplemen yang baik dikonsumsi bagi penderita diabetes dan kolesterol tinggi. Hal tersebut dikarenakan glukomanan memiliki sifat menarik air dan mampu membentuk larutan kental. Absorpsi lemak dan gula dapat dihambat dengan adanya sifat tersebut, sehingga kadar gula dan lemak dalam darah akan menurun (Chan, 2009). Glukomanan

yang diberikan sebanyak 1,5 gram dalam bentuk suplemen yang dikonsumsi sesuai dengan dosis yang dianjurkan mampu mencegah sembelit (Chen *et al.*, 2008). Bakteri patogen seperti *C. perfringens* dan *E. coli* dapat dihambat pertumbuhannya selama 4 minggu dengan mengonsumsi suplemen makanan yang mengandung 5% glukomanan (*b/b*) tepung glukomanan (Chen *et al.*, 2005).

Industri kertas menggunakan glukomanan sebagai bahan baku karena memiliki struktur kimia mirip selulosa, kedap air dan mudah melekat. Pemanfaatan glukomanan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan lem, pelapis kedap air, cat, penjernih air, isolasi listrik, dan negatif film. Industri kosmetika menggunakan glukomanan sebagai bahan baku produk perawatan kulit dan kosmetik. Glukomanan dapat membentuk *edible film* yang ramah lingkungan karena terbuat dari bahan alami (Sumarwoto, 2012).

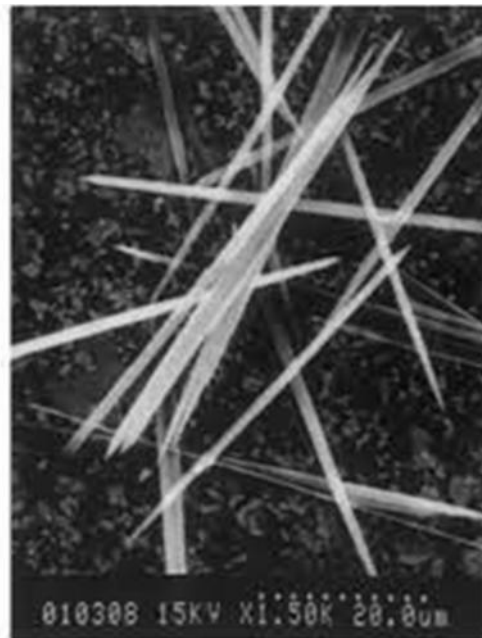
2.3 Kalsium Oksalat

Porang mengandung suatu senyawa yang dapat menimbulkan rasa gatal dan iritasi jika kontak dengan kulit, senyawa ini dikenal sebagai kalsium oksalat. Kalsium Oksalat (CaC_2O_4) paling banyak dijumpai dalam bentuk kristal anorganik, yang terdapat dalam 215 jenis (famili) tanaman, terutama pada organ akar, daun, struktur bunga, dan biji. Dalam umbi porang terdapat kristal CaO_x dalam bentuk kristal jarum, yang tersebar di seluruh bagian umbi. Senyawa ini memiliki tingkat kelarutan 10% di air pada suhu 20°C (Chairiyah *et al.*, 2021). Sebagian tidak larut pada pH alkali, tetapi lebih mudah larut pada media asam, dan terdekomposisi pada '*melting point*'. Struktur dari kalsium oksalat dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur kalsium oksalat
Sumber: Chairiyah *et al.* (2021).

Kalsium oksalat adalah persenyawaan garam antara ion kalsium dengan ion oksalat. Senyawa ini terdapat dalam bentuk kristal padat non volatil, bersifat tidak larut dalam air namun larut dalam asam kuat. Kalsium oksalat terdapat dalam banyak bagian dari bermacam tanaman, dengan berbagai bentuk, yaitu '*raphide*' (jarum halus), '*druse*' (bulat), '*prism*' (prisma), dan '*rhomboid*' (paralelogram). Sampai saat ini fungsi kalsium oksalat pada tanaman belum diketahui secara pasti, namun diduga berkaitan erat dengan fungsi metabolisme dan pertahanan internal tanaman. Berikut ini adalah bentuk dari kalsium oksalat yang banyak dijumpai pada tanaman seperti pada Gambar 6.

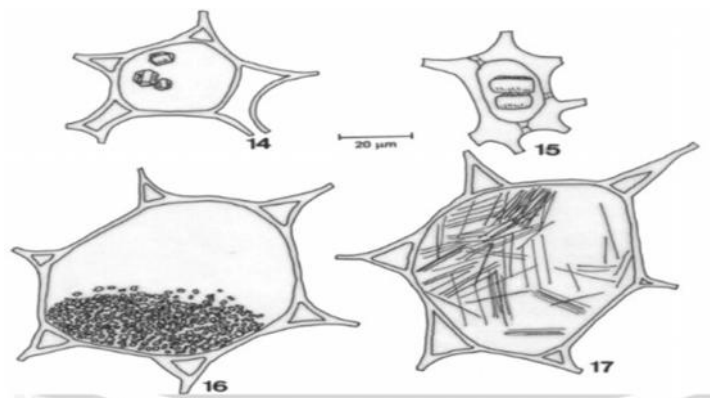


Gambar 6. Bentuk kalsium oksalat
Sumber: Aviana dan Loebis (2017).

Bagian terbesar dari asam oksalat yang terkandung dalam tanaman adalah dalam bentuk oksalat yang larut (terutama kalsium oksalat) dan hanya 10-20% merupakan kalsium oksalat yang tidak larut, terutama yang berada dalam sel. Fraksi oksalat yang larut akan bertambah besar dengan meningkatnya jumlah asam oksalat. Pada sel tumbuhan oksalat umumnya ditemukan dalam bentuk kristal garam oksalat yang terdapat pada sel vakuola dan dibentuk dari ion Ca^{2+} dengan asam oksalat. Rasa gatal yang ditimbulkan oleh kalsium oksalat disebabkan oleh kristal kalsium oksalat '*raphide*' yang tidak dikelilingi atau ditutupi semacam getah, sehingga dapat melakukan kontak secara langsung

dengan lidah, bibir, dan langit-langit mulut, sedangkan kristal kalsium oksalat '*raphide*' yang tertutup dalam getah tidak menimbulkan rasa gatal (Aviana dan Loebis, 2017).

Kalsium oksalat pada porang berbentuk kristal kecil jarum halus yang biasa disebut sebagai '*raphide*'. Kristal kalsium oksalat yang berbentuk jarum halus terkandung dalam kapsul yang dikelilingi lendir. Kapsul-kapsul itu terletak dalam daerah diantara dua vakuola. Ujung dari kapsul menyembul ke dalam perbatasan vakuola-vakuola pada dinding sel. Vakuola ini berisi air, sehingga jika diberi perlakuan mekanis maka air akan masuk ke dalam kapsul melalui dinding sel. Tekanan air terhadap dinding sel meningkat sehingga kristal kalsium oksalat yang berbentuk jarum akan terdesak keluar sel (Souza *et al.*, 2004). Hal ini dapat ditunjukkan melalui posisi kristal kalsium oksalat seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Posisi kristal kalsium oksalat pada sel tanaman
Sumber: Souza *et al.* (2004).

Konsentrasi kalsium oksalat dalam dosis tinggi bersifat racun dan menyebabkan gastroenteritis, *shock*, kejang, rendahnya kalsium plasma, tingginya oksalat plasma dan kerusakan jantung. Efek kronis mengonsumsi bahan pangan yang mengandung kalsium oksalat adalah terjadinya endapan kristal kalsium dalam ginjal membentuk batu ginjal. Dosis yang mampu menyebabkan pengaruh yang fatal adalah 10 hingga 15 gram (Mitchell *et al.*, 2019).

2.4 *Disc Mill*

Disc mill merupakan suatu alat penepung yang berfungsi untuk menggiling bahan sereal menjadi tepung, namun lebih banyak digunakan untuk menepungkan bahan yang sedikit mengandung serat dan juga suatu alat penepung yang memperkecil bahan dengan tekanan dan gesekan antara dua piringan yang satu berputar dan yang lainnya tetap. *Disc mill* dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *single disc mill*, *double disc mill*, dan *buhr mill*. Pada *single disc mill*, bahan yang akan dihancurkan dilewatkan diantara dua cakram (Rangkuti dkk., 2012).

Disc mill cakram yang pertama berputar dan yang lain tetap pada tempatnya. Efek penyobekan didapatkan karena adanya pergerakan salah satu cakram, selain itu bahan juga mengalami gesekan lekukan pada cakram dan dinding alat. Jarak cakram dapat diatur, disesuaikan dengan ukuran bahan dan produk yang diinginkan. Pada *double disc mill*, kedua cakram berputar berlawanan arah sehingga akan didapatkan efek penyobekan terhadap bahan yang jauh lebih besar dibandingkan *single disc mill* (Rangkuti dkk., 2012). Interpretasi bentuk *disc mill* dapat dilihat pada Gambar 8 sebagai berikut



Gambar 8. *Disc mill*
Sumber: Maksindo.com (2022).

Bagian-bagian *disc mill* terdiri dari corong pemasukan, lubang pemasukan, *screen filter*, *disc* penggiling dinamis, corong pengeluaran, motor, pengunci, dan *disc* penggiling statis. Prinsip kerja *disc mill* adalah berdasarkan gaya sobek dan gaya

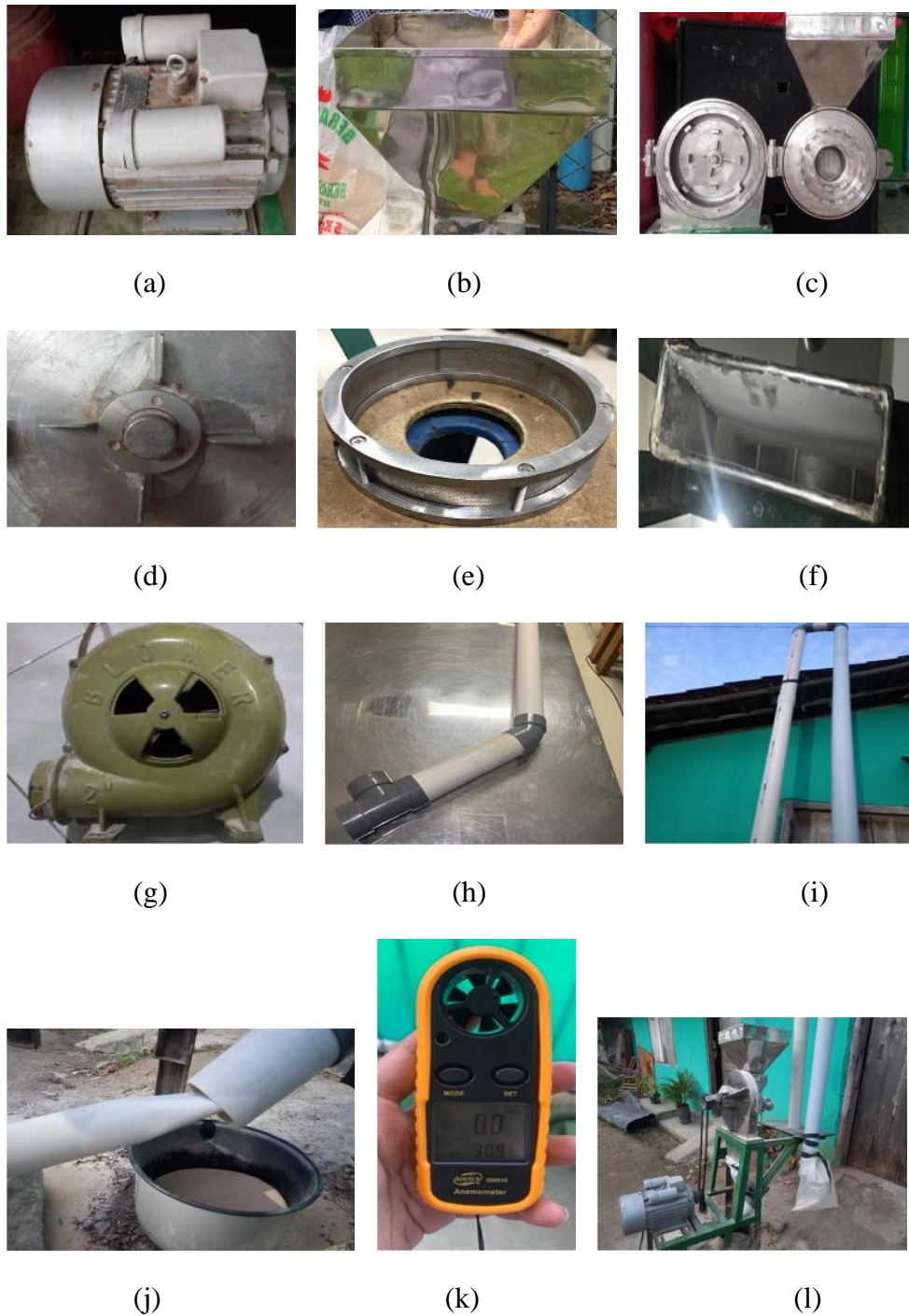
pukul. Bahan yang akan dihancurkan berada di antara dinding penutup dan cakram berputar. Bahan akan mengalami gaya gesek karena adanya lekukan-lekukan pada cakram dan dinding alat. Gaya pukul terbentuk karena ada logam-logam yang dipasang pada posisi yang bersesuaian (Rangkuti dkk., 2012). Gambar komponen *disc mill* dapat dilihat pada Gambar 9 sebagai berikut



Gambar 9. Komponen penyusun *disc mill*
Sumber: Efendi dan Suhartono, 2019

2.4.1 Spesifikasi Mesin Glukomanan Porang

Proses produksi glukomanan pada penelitian ini dilakukan secara mekanis menggunakan mesin penggiling *disc mill* yang dimodifikasi dengan pipa peniupan untuk proses fraksinasi antara tepung glukomanan dan zat pengotor seperti pati, serat, dan kalsium oksalat. Menurut Rangkuti dkk. (2012), *disc mill* memiliki berbagai keunggulan diantaranya hasil penggilingan relatif homogen, tenaga yang dibutuhkan lebih rendah, dan lebih mudah menyesuaikan terhadap perbedaan ukuran bahan baku. Modifikasi *disc mill* untuk ekstraksi glukomanan secara mekanis dengan pipa peniupan yang mengadaptasi prinsip *cyclone separator* yang menggunakan gaya gravitasi, serta aplikasi Hukum Bernoulli. Komponen mesin *disc mill* produksi glukomanan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Komponen mesin produksi glukomanan secara mekanis. (a) motor penggerak, (b) *hopper*, (c) pisau pada ruang penepung, (d) pisau berputar, (e) saringan, (f) saluran pengeluaran tepung, (g) *blower*, (h) dan (i) pipa pemisahan, (j) pipa *output*, (k) anemometer, (l) rangkaian mesin produksi glukomanan secara mekanis dengan *disc mill*.

Mesin produksi glukomanan dibuat dengan menggunakan *disc mill* yang terdiri dari yaitu motor penggerak, *hopper*, rumah penepung, saluran pengeluaran

tepung, dan rangka penyangga. *Hopper disc mill* berukuran 27 x 20 x 21 cm terbuat dari *stainless steel* dan berbentuk menyerupai corong persegi. Pisau untuk pencacahan dan penghancuran pada rumah penepungan terdiri dari 24 buah pisau statis, 8 buah pisau silinder dan 4 buah pisau berputar serta saringan yang dapat diganti sesuai dengan ukuran partikel. Saluran pengeluaran tepung *disc mill* berukuran 15x6 cm yang dihubungkan dengan pipa pemisahan sebagai media fraksinasi untuk mendapatkan kecepatan alir udara dari *blower* yang sanggup menerbangkan bahan pengotor seperti pati, serat kasar, dan kalsium oksalat, sehingga komponen glukomanan dengan massa jenis yang lebih besar akan jatuh ke bagian pipa *output*. Mesin produksi glukomanan secara mekanis dengan *disc mill* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Mesin produksi glukomanan secara mekanis dengan *disc mill*.

Proses produksi glukomanan dilakukan dengan *input* bahan berupa *chips* porang yang digiling dengan menggunakan *disc mill*. Prinsip yang digunakan yaitu *chips* porang dari *hopper* keluar secara kontinu dan langsung ditumbuk oleh pisau statis berbentuk balok, yang dikombinasikan dengan pisau silinder dan pisau berputar. Pisau penepung menumbuk *chips* porang hingga menghasilkan tepung dan terdorong keluar dari rumah penepung melalui saringan. Saringan yang digunakan dapat diatur berdasarkan ukuran mesh sesuai dengan kebutuhan tepung (Rangkuti dkk., 2012). Saringan yang digunakan pada penelitian ini berukuran 40 mesh, 60

mesh, dan 80 mesh. Hal ini sesuai dengan Widjanarko dkk. (2015), bahwa ukuran partikel glukomanan sebesar 0,5 hingga 2 mm. Tepung porang yang melewati saringan dilanjutkan dengan proses pemisahan untuk mendapatkan glukomanan melalui bantuan hembusan *blower* dengan prinsip menghasilkan udara bergerak vertikal yang terjadi akibat pusaran *blower* pada pusat ruangan (^bFaridah dkk., 2012). Kecepatan udara *blower* yang digunakan dapat diukur, dan pada penelitian ini diukur menggunakan anemometer. Prinsip kerja dari anemometer yaitu hembusan angin yang dihasilkan oleh *blower* akan mengenai baling-baling dari anemometer, sehingga putaran baling-baling tersebut akan dikonversi menjadi sebuah besaran dalam bahasa matematika (Yanti dkk., 2015).

Pemisahan tepung porang menjadi tepung glukomanan dilakukan melalui pipa peniupan dan pemisahan menggunakan gaya gravitasi dan Hukum Bernoulli. Pipa pemisahan dirangkai menggunakan pipa PVC dengan diameter 3 inch sepanjang 0,5 cm sebagai pipa *output* yang dihubungkan dengan *elbow* 45° ke pipa diameter 3 inch sepanjang 5 meter sebagai media fraksinasi agar udara dari *blower* membentuk *vortex* sehingga mampu memisahkan partikel sesuai dengan massa jenisnya (Sriyono, 2012), serta hembusan *blower* mempercepat kecepatan fluida agar energi potensial dari suatu fluida menurun. Tujuan penggunaan *elbow* 45° agar pipa *output* pemisahan memiliki kemiringan 45°, sehingga partikel glukomanan yang memiliki massa jenis besar dapat keluar tanpa bercampur dengan zat pengotor. Menurut Awaluddin dkk. (2014), laju aliran atau kecepatan superfisial gas yang tinggi terjadi pada posisi 45° yang diakibatkan oleh adanya efek gravitasi yang terjadi secara signifikan. Glukomanan yang dihasilkan dari proses pemisahan melalui pipa *output* ditampung menggunakan suatu wadah.

Desain mesin ekstraksi glukomanan dilengkapi dengan penampung zat pengotor yang tersusun atas pipa pemisahan sepanjang 5 meter yang berperan sebagai media fraksinasi disambungkan dengan menggunakan *elbow* 90° dengan pipa berdiameter 3 inch dengan panjang yang sama yaitu 5 meter. Pipa ini berfungsi sebagai media penampung zat pengotor yaitu kalsium oksalat, pati, dan serat, dikarenakan saat proses ekstraksi glukomanan, zat pengotor yang dihasilkan berbentuk debu dan membahayakan lingkungan sekitar. Komponen utama yang

harus ditampung yaitu kalsium oksalat, yang memiliki toksisitas apabila masuk ke dalam tubuh. Kalsium oksalat dapat menyebabkan rasa gatal dan iritasi pada permukaan kulit, dan menyebabkan alergi dan iritasi pada saluran pernafasan yang dapat menimbulkan batuk hingga sesak nafas (Wardani dan Handrianto, 2019).

Mesin produksi glukomanan menggunakan prinsip gaya gravitasi, dan Hukum Bernoulli. Gaya gravitasi yang diterapkan pada pemisahan terjadi melalui peniupan udara *blower* yang memasuki ruang pemisahan pipa berbentuk tabung, sehingga membentuk *vortex* atau pusaran udara yang lebih besar daripada gaya gravitasi (Sriyono, 2012). *Vortex* yang terbentuk mengakibatkan partikel akan terpisah sesuai dengan massa jenisnya, yaitu partikel dengan massa jenis besar akan jatuh ke pipa pemisahan bagian *output* dan partikel yang bermassa jenis kecil akan naik ke atas menuju bagian penampungan zat pengotor (Molek dkk., 2020). Menurut Oliviere (2019), Hukum Bernoulli bergantung pada faktor tekanan, massa jenis, kecepatan fluida, dan elevasi suatu aliran. Kecepatan fluida yang semakin besar akibat hembusan *blower* menyebabkan tekanan berkurang dan energi potensial fluida akan berkurang, dan massa jenis fluida akan selalu tetap, sehingga proses pemisahan berdasarkan massa jenis akan lebih cepat dan mudah untuk dilakukan.

2.5 Metode Hembusan *Blower*

Metode hembusan *blower* merupakan proses pemisahan bahan campuran kering menjadi beberapa kelompok atau tingkatan berdasarkan ukuran partikel, mulai dari ukuran 10 mesh hingga ukuran sub-mesh. Metode hembusan *blower* menggunakan aliran udara yang bergerak untuk memisahkan suatu komponen berdasarkan perbedaan densitas. Prinsip alat ini hampir sama dengan pemisahan siklon yang telah diaplikasikan secara luas untuk menghilangkan padatan dari udara atau cairan dari uap. Metode hembusan *blower* digunakan secara luas pada mesin pemanenan untuk memisahkan kontaminan yang berat seperti batu dan yang ringan seperti daun, ranting, serabut dari butiran atau sayuran (Fellows,

1992). Prinsip kerja dari metode hembusan *blower* ini, adalah mula-mula bahan yang akan dipisahkan dilewatkan ruangan yang menghasilkan udara bergerak vertikal yang terjadi akibat pusaran *blower* pada pusat ruangan. Pemisahan didasarkan pada perbedaan massa, densitas, dan bentuk. Partikel yang memiliki densitas dan ukuran lebih besar akan bergerak ke luar ruangan, sedangkan partikel yang lebih kecil dan ringan akan bergerak seiring dengan hembusan angin meninggalkan pusat ruangan pemisah (^bFaridah dkk., 2012).

Pada proses pembuatan tepung porang, umumnya diawali dengan pemotongan umbi, sehingga lebih mudah dikeringkan. Setelah dikeringkan kemudian dipisahkan dengan metode hembusan *blower*. Butiran tepung porang yang lebih berat (mengandung glukomanan) terpisah dari tepung kering, sehingga konsentrasi glukomanan meningkat hingga 60-70%. Pada cara mekanis umumnya 'chip' kering dijadikan tepung terlebih dahulu, kemudian dilakukan pemisahan berdasarkan bobot jenis dan ukuran partikel. Glukomanan merupakan polisakarida yang memiliki densitas serta ukuran partikel terbesar dan bertekstur lebih keras bila dibandingkan dengan partikel komponen tepung porang lainnya. Karena bobot jenis serta ukuran partikel glukomanan lebih besar, maka dengan cara penghembusan glukomanan akan jatuh dengan pusat *blower*, sedangkan komponen-komponen tepung lainnya seperti kalsium oksalat, dinding sel, dan pati akan jatuh lebih jauh (^bFaridah dkk., 2012).

2.6 Pipa Pemisahan

Pipa pemisahan yang digunakan pada penelitian ini mengadaptasi prinsip *cyclone separator*, yang memanfaatkan gaya sentrifugal dan gaya gravitasi serta bekerja berdasarkan Hukum Bernoulli. Gaya sentrifugal yang diterapkan pada pemisahan dibentuk melalui peniupan udara *blower* yang memasuki ruang pemisahan pipa berbentuk tabung, sehingga menciptakan gaya sentrifugal yang lebih besar daripada gaya gravitasi membentuk *vortex* atau pusaran udara (Sriyono, 2012). Adanya *vortex* yang terbentuk mengakibatkan partikel akan terpisah sesuai dengan massa jenisnya, yaitu partikel dengan massa jenis besar akan jatuh ke

bagian bawah atau pipa pemisahan bagian *output* dan partikel yang bermassa jenis kecil akan naik ke atas menuju bagian penampungan zat pengotor (Molek dkk., 2020), sedangkan penerapan Hukum Bernoulli pada pipa pemisahan menggunakan hubungan antara tekanan, massa jenis fluida, kecepatan fluida, dan elevasi dalam sistem aliran.

2.6.1 Fluida

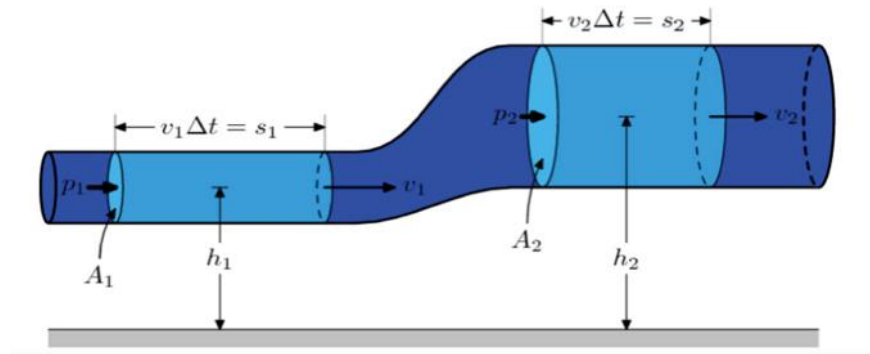
Fluida adalah suatu zat yang bisa mengalami perubahan-perubahan bentuk secara *continue* atau terus-menerus bila terkena tekanan atau gaya geser walaupun relatif kecil atau bisa juga dikatakan suatu zat yang mengalir, kata fluida mencakup zat cair, gas, air, dan udara karena zat-zat ini dapat mengalir (Suryani, 2013). Fluida dapat diklasifikasikan berdasarkan reaksi fluida tersebut ketika diberi tekanan. Ketika suatu fluida hampir tidak mengalami perubahan massa jenis ketika diberi tekanan, maka fluida tersebut dapat diklasifikasikan sebagai fluida *inkompresibel*. Pada fluida *inkompresibel* terdapat beberapa jenis energi, yaitu energi potensial, energi kinetik, dan energi tekanan statik (Oliveira, 2019).

Energi potensial adalah energi yang dikandung fluida berdasarkan posisinya terhadap suatu titik acuan. Energi ini dipengaruhi oleh jarak vertikal terhadap titik acuan, massa fluida serta gaya tarik gravitasi yang berlaku di tempat tersebut. Energi kinetik adalah energi yang dikandung oleh fluida berdasarkan kecepatan fluida tersebut. Energi ini dipengaruhi oleh massa fluida serta perubahan kecepatan fluida tersebut, sedangkan energi tekanan statik adalah energi yang dikandung oleh fluida berdasarkan tekanan statik fluida tersebut. Energi ini dipengaruhi oleh massa dan massa jenis fluida, serta perbedaan tekanan fluida antara titik awal dan titik acuan (Oliveira, 2019).

2.6.2 Hukum Bernoulli

Hukum Bernoulli adalah hukum yang menyatakan bahwa energi yang terkandung dalam fluida *inkompresibel* adalah sama untuk setiap titik pada garis aliran yang

terdapat pada suatu aliran tertutup. Hukum ini menyatakan bahwa jumlah dari energi statik, potensial, dan kinetik yang terkandung di setiap titik pada suatu aliran tertutup adalah konstan (Oliveira, 2019). Ilustrasi aliran fluida berdasarkan Hukum Bernoulli dapat dilihat pada Gambar 12 sebagai berikut



Gambar 12. Aliran fluida berdasarkan Hukum Bernoulli
Sumber: Oliveira (2019).

Menurut Oliveira (2019), Hukum Bernoulli secara sederhana dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut

$$0,5v_1^2 + \rho gH_1 + p_1 = 0,5v_2^2 + \rho gH_2 + p_2$$

Keterangan:

- v_1 : Kecepatan fluida pada titik 1 (m/s)
- v_2 : Kecepatan fluida pada titik 2 (m/s)
- ρ : Massa jenis fluida (kg/m^3)
- p_1 : Tekanan fluida di titik 1 (N/m^2)
- p_2 : Tekanan fluida di titik 1 (N/m^2)
- H_1 : Jarak vertikal di titik 1 (m)
- H_2 : Jarak vertikal di titik 2 (m)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Agustus – Oktober 2022 di KWT Sapporo, Wonokriyo, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Laboratorium Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Politeknik Negeri Lampung, dan UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT), Universitas Lampung.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah umbi porang (*Amorphophallus oncophyllus*) yang diperoleh dari petani umbi porang di daerah Way Ratai, Kabupaten Pesawaran, Fenol, Natrium Hidroksida (NaOH), aquades, Natrium Bisulfit (NaHSO_3), Natrium Kalium Tartrat ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), Dinitro Salisylic Acid 1%, Asam Formiat, Glukosa, Asam Sulfat (H_2SO_4), Asam Klorida (HCl), Kalium Permanganat (KMnO_4), batu didih, Merkuri Oksida (HgO), Kalium Sulfat (K_2SO_4), Natrium Tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), Asam Borat (H_3BO_3), metil merah, metil biru, alkohol 96%, Kalium Kromat (K_2CrO_4), Perak Nitrat (AgNO_3), Natrium Klorida (NaCl), Asam Nitrat (HNO_3), Asam Florida (HF), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, asam sitrat, soda murni ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), Tembaga Sulfat (CuSO_4), Larutan Luff Schoorl, Kalium Iodida (KI), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, dan Dietil eter.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *single disc mill* FFC-15 Merk Maksindo, *blower*, anemometer, saringan ukuran 40, 60, dan 80 mesh,

spektrofotometer, kuvet, timbangan, aluminium foil, neraca analitik, pipa PVC ukuran 3 inch, sambungan elbow pipa 90^o dan 45^o merk Rucika, baskom, loyang, labu Erlenmeyer, gelas ukur, pipet volumetric, gelas Beaker, Rubber Bulb, labu Kjedadhl, *water bath*, botol gelap, buret, statif, *centrifuge*, tabung *centrifuge*, termometer, tang penjepit dan kertas saring.

3.3 Metode Penelitian

Perlakuan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 3 kali ulangan yang terdiri atas dua faktor yaitu faktor pertama (M1) ukuran partikel saringan (mesh) dan faktor kedua (M2) kecepatan udara blower (m/s). Faktor pertama yaitu ukuran partikel saringan terdiri atas 3 taraf, yaitu M1 (40 mesh), M2 (60 mesh) dan M3 (80 mesh), sedangkan faktor kedua yaitu kecepatan udara blower terdiri atas 3 taraf yaitu K1 (5 m/s), K2 (7,5 m/s), dan K3 (10 m/s).

Kesamaan ragam diuji dengan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey. Data dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikansi untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Perbedaan antar perlakuan dianalisis lebih lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

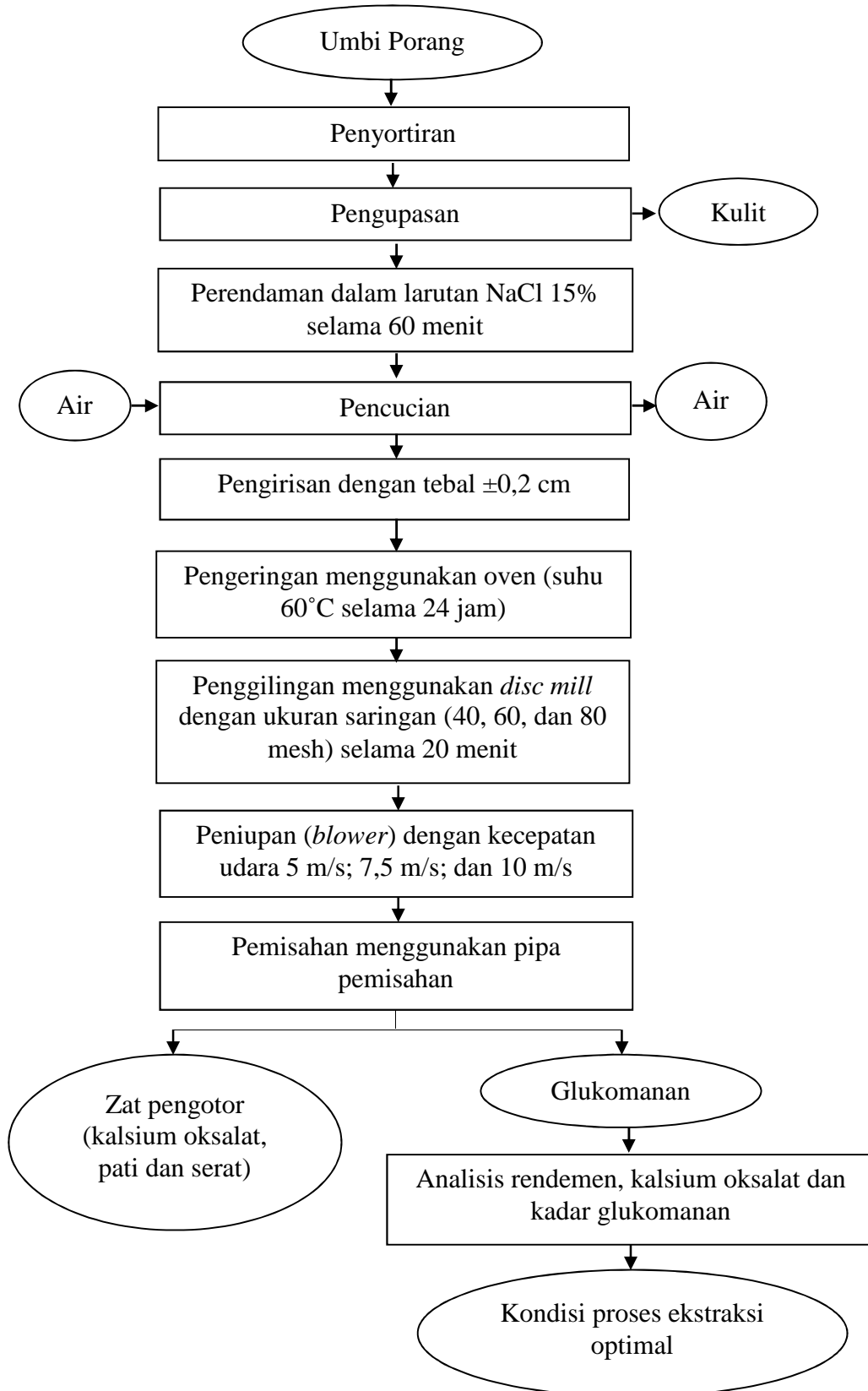
3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Proses Ekstraksi Glukomanan dari Umbi Porang Secara Mekanis

Proses ekstraksi glukomanan dari umbi porang diawali dengan penyortiran pada umbi porang yang dipanen pada umur \pm 12-24 bulan setelah tanam, untuk memisahkan umbi yang berkualitas baik dengan yang telah mengalami kerusakan. Setelah disortir dilakukan pengupasan kulit luar umbi porang menggunakan pisau. Kemudian perendaman umbi porang yang telah dikupas kulitnya dalam larutan NaCl 15% selama 60 menit. Lalu dicuci dengan air mengalir, kemudian untuk menunggu proses selanjutnya agar tidak terjadi reaksi pencoklatan umbi porang

direndam dalam air. Kemudian dilakukan pengirisan umbi porang dengan tebal $\pm 0,2$ cm menggunakan pisau dan dikeringkan selama 24 jam pada oven dengan suhu 60°C .

Kemudian dilakukan penggilingan pada *chips* porang menggunakan *disc mill* yang telah dimodifikasi dengan menggunakan saringan berukuran 40, 60, dan 80 mesh dan penambahan pipa untuk peniupan (*blower*) dengan kecepatan udara 5 m/s, 7,5 m/s, dan 10 m/s selama 20 menit. Pemisahan glukomanan dengan zat pengotor (kalsium oksalat, pati, dan serat) yang didasarkan pada ukuran partikel, dan densitas dapat menggunakan metode perbedaan berat jenis melalui penggunaan *blower* dan pipa pemisahan yang mengadaptasi prinsip *cyclone separator*. Bobot jenis dan ukuran partikel glukomanan lebih besar dari komponen lain yang terdapat pada tepung porang. Oleh karena itu glukomanan akan terpisah dari komponen lain dan jatuh ke bagian *output* pipa pemisah. Diagram alir ekstraksi glukomanan umbi porang secara mekanis dapat dilihat pada Gambar 13.

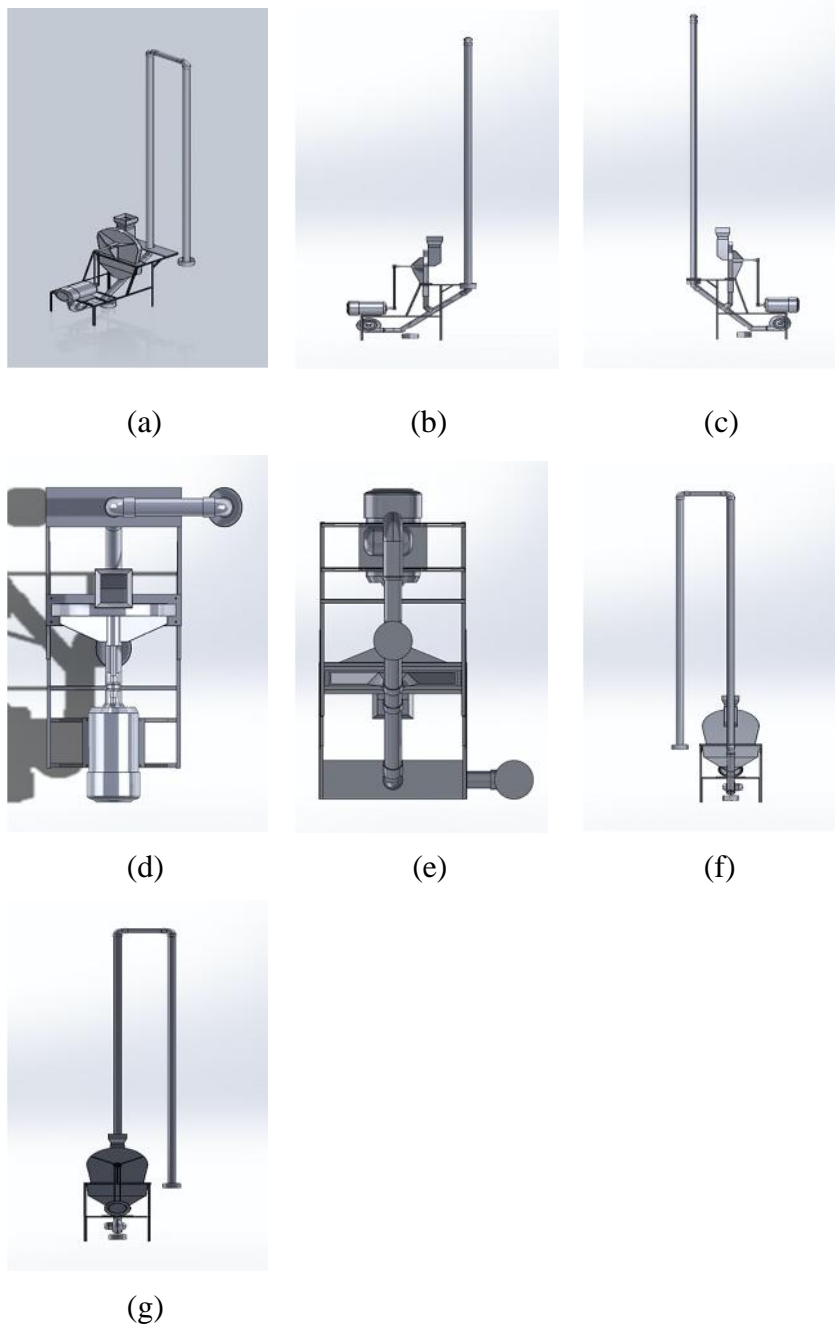


Gambar 13. Diagram alir ekstraksi glukomanan secara mekanis
 Sumber: Widjanarko dkk. (2015) dan Kurniawan dkk. (2016) yang dimodifikasi

3.4.2 Mekanisme Alat Ekstraksi Glukomanan dari Umbi Porang

Proses ekstraksi glukomanan dari umbi porang dilakukan secara mekanis dengan menggunakan *disc mill* FFC 15 merk Maksindo yang dilengkapi dengan *blower*, dan pipa pemisahan. Mekanisme penepungan dengan alat *disc mill* adalah pencacahan dan penghancuran. Alat *disc mill* memiliki keunggulan yaitu dilengkapi dengan 4 buah pisau ukuran 3 x 2 x 2 cm yang berputar dan memiliki saringan yang dapat disesuaikan berdasarkan ukuran partikel yang diinginkan (Efendi dan Suhartono, 2019). Metode penggilingan dilengkapi dengan saringan yang dapat disesuaikan ukuran partikelnya sesuai dengan perlakuan penelitian yaitu 40 mesh, 60 mesh, dan 80 mesh, serta disertai dengan peniupan udara oleh (*blower*) yang dapat diukur kecepatannya menggunakan *anemometer* yaitu 5 m/s; 7,5 m/s; dan 10 m/s.

Setelah itu, pemisahan glukomanan dengan zat pengotor seperti kalsium oksalat, pati, dan serat dilakukan menggunakan pipa pemisahan yang mengadaptasi prinsip *cyclone separator* dengan menggunakan prinsip gaya sentrifugal dan gaya gravitasi yang diciptakan oleh aliran udara atau gas dari *blower* untuk memisahkan partikel dari gas (Molek dkk., 2020) serta menerapkan Hukum Bernoulli berdasarkan hubungan antara tekanan, kecepatan fluida, dan elevasi dalam sistem aliran. Proses pemisahan partikel pada tepung porang didasarkan pada perbedaan massa jenis atau densitas dari masing-masing komponen tersebut. Partikel dengan ukuran atau kerapatan yang lebih besar didorong ke arah pipa *output*, sedangkan partikel dengan ukuran atau kerapatan yang lebih kecil keluar melalui bagian atas dari pipa pemisahan, sehingga glukomanan yang memiliki densitas lebih besar akan terpisah dari zat pengotor lainnya dan menuju ke arah pipa *output*. Skema alat ekstraksi glukomanan dari umbi porang berdasarkan berat jenis dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 14. Desain gambar 3 dimensi mesin *disc mill* yang dimodifikasi dengan pipa peniupan. (a) mesin *disc mill* tampak secara keseluruhan, (b) tampak kanan, (c) tampak kiri, (d) tampak atas, (e) tampak bawah, (f) tampak belakang, dan (g) tampak depan.

3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan terhadap glukomanan yang dihasilkan dari proses ekstraksi secara mekanis adalah pengukuran rendemen glukomanan kasar (Wardani dkk., 2021), kadar kalsium oksalat menggunakan metode titrasi permanganometri (Utaminingsih dan Muhtadi, 2021), dan kadar glukomanan metode kolorimetri (Utaminingsih dan Muhtadi, 2021). Perlakuan terbaik akan dilakukan uji kadar air (AOAC, 2019), kadar abu (AOAC, 2019), kadar protein (AOAC, 2019), *Loss on Drying* (Schubnell *et al.*, 2020), daya ikat air (Koroskenyi and McCharty, 2001), viskositas (Yanuriati dan Basir, 2020), kadar klorida (Cl) (SNI 6989.19-2009), kadar timbal (Pb) (SNI 13-6974-2003), kadar pati (Ifmaly, 2018), serat kasar (Korompot dkk., 2018), pH (AOAC, 2019), kelarutan dalam alkohol (Kiatpongarp, 2007), dan kelarutan dalam eter (Kiatpongarp, 2007).

3.5.1 Rendemen Glukomanan Kasar (Wardani dkk., 2021)

Rendemen merupakan perbandingan massa hasil yang diperoleh dengan massa bagian tanaman yang diolah dan dinyatakan dalam persen (Wardani dkk., 2021), sehingga pada penelitian ini merupakan perbandingan antara berat glukomanan kasar yang diperoleh dari *output* ekstraksi secara mekanis dengan berat sampel *chips* porang setiap satuan percobaan. Rumus perhitungan rendemen dapat dilihat sebagai berikut (Wardani dkk., 2021)

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat glukomanan yang diperoleh}}{\text{Berat sampel chips porang}} \times 100\%$$

3.5.2 Kadar Glukomanan (Utaminingsih dan Muhtadi, 2021)

Analisis kadar glukomanan dilakukan dengan menggunakan metode kolorimetri berdasarkan penelitian Utaminingsih dan Muhtadi (2021). Tahapan analisis kadar glukomanan metode kolorimetri adalah sebagai berikut

3.5.2.1 Pembuatan Reagen 3,5-DNS (*Dinitro Salicylic Acid*)

3,5-Dinitro Salicylic Acid (larutan DNS) terdiri dari dua campuran larutan, yaitu larutan A dan B. Larutan A dibuat dengan cara mencampurkan 0,7 gram fenol, 1,5 mL natrium hidroksida (10%), 5 mL aquades, dan 0,7 gram natrium bisulfit. Larutan B dibuat dengan cara mencampurkan 22,5 gram natrium kalium tartrat, 30 mL natrium hidroksida (10%) dan 88 mL larutan *Dinitro Salicylic Acid* (1%). Kemudian mencampurkan larutan A dan larutan B untuk kemudian disimpan dalam botol reagen coklat pada suhu kamar.

3.5.2.2 Pembuatan Larutan *Buffer*

Larutan *buffer* (asam formiat dan NaOH 0,1 M) dibuat dengan mencampurkan 1 mL asam formiat dengan 60 mL aquades kedalam labu ukur 250 mL, ditambahkan 50 mL larutan NaOH 0,5%, ditambahkan aquades sampai tanda batas.

3.5.2.3 Pembuatan Larutan Stok Glukosa dan Kurva Glukosa Standar

Larutan glukosa standar (100 mg/L) dibuat dengan cara menimbang 0,01 gram glukosa kemudian diencerkan dalam 100 mL aquades. Variasi konsentrasi dibuat sebesar 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, 10 ppm, dan 12 ppm. Pembuatan konsentrasi dilakukan dengan cara larutan stok diambil 0,5 mL; 1 mL; 1,5 mL; 2 mL; 2,5 mL dan 3 mL, ditambah 1,5 mL 3,5-dinitrosalicylic acid, dimasukkan dalam labu takar 25 mL dan dihomogenkan. Campuran dipanaskan dalam air mendidih selama 15 menit, didinginkan, ditambah dengan aquades hingga volume total. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang 484 nm.

3.5.2.4 Penentuan Waktu Optimasi Reaksi Glukosa dengan DNS

Larutan stok diambil 600 μ l, dimasukkan dalam labu takar 25 mL, ditambah larutan DNS sebanyak 1,5 mL dan dihomogenkan. Campuran dipanaskan dalam air mendidih dengan variasi waktu 5, 10, 15, 20 menit, didinginkan dan ditambah aquades hingga volume total. Ditentukan absorbansi tertinggi dari waktu inkubasi 5, 10, 15, 20 menit, absorbansi dibaca pada panjang gelombang 478 nm.

3.5.2.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan stok diambil 600 μ l, ditambahkan 1,5 mL 3,5-dinitrosalicylic acid, dimasukkan dalam labu takar 25 mL dan dihomogenkan. Campuran dipanaskan dalam air mendidih selama 15 menit, didinginkan, ditambah dengan aquades hingga volume total. Absorbansi dibaca pada range 300-700 nm.

3.5.2.6 Pembuatan Ekstrak Glukomanan (To)

Tepung glukomanan sebanyak 0,2 gram dilarutkan dengan 50 mL buffer asam formiat-NaOH (pH 5), diaduk selama 4 jam dengan *magnetic stirrer*. Diencerkan dengan buffer asam formiat NaOH hingga 100 mL. Larutan disaring, hasil filtrat diambil 4 mL, ditambah 1,5 mL 3,5-dinitrosalicylic acid, dan dihomogenkan. Campuran dipanaskan dalam air mendidih selama 15 menit, didinginkan, ditambah dengan aquades hingga volume 25 mL. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang 484 nm.

3.5.2.7 Pembuatan Glukomanan Hidrolisat (T)

Larutan ekstrak glukomanan (To) diambil 10 mL, ditambah 5 mL H_2SO_4 3M, campuran dihidrolisis dengan cara dipanaskan selama 90 menit pada air mendidih, didinginkan dan ditambah 5 mL NaOH 6M. Campuran dihomogenkan dan ditambah aquades hingga volume 25 mL. Campuran diambil sebanyak 4 mL,

dimasukkan dalam labu takar 25 mL, ditambah 1,5 mL 3,5-dinitrosalicylic acid dan dihomogenkan. Campuran dipanaskan dalam air mendidih selama 15 menit, didinginkan, ditambah dengan aquades hingga volume total. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang 484 nm.

3.5.2.8 Analisis Hasil

Nilai absorbansi yang dihasilkan digunakan untuk menghitung kadar glukomanan dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$\text{Kadar Glukomanan (\%)} = \frac{5000f (5T - T_0)}{m}$$

Keterangan:

- f : faktor koreksi (0,9)
- t : jumlah (mg) glukosa dalam hidrolisat glukomanan
- t₀ : jumlah (mg) glukosa dalam ekstrak glukomanan
- m : massa tepung glukomanan hasil ekstraksi (200 mg)

3.5.3 Kadar Kalsium Oksalat (Utaminingsih dan Muhtadi, 2021)

Pengukuran kadar kalsium oksalat menggunakan Metode Permanganometri (Utaminingsih dan Muhtadi, 2021), yaitu tepung glukomanan porang sebanyak 2 gram dilarutkan dalam 10 mL HCl 6 M dan 190 mL aquades, dipanaskan dengan hot plate selama 1 jam dengan suhu 100°C, ditambah dengan aquades hingga volume total 250 mL, lalu disaring. Filtrat yang diperoleh diambil 125 mL untuk diencerkan dengan aquades hingga volume total 250 mL. Filtrat yang didapatkan diambil sebanyak 50 mL, ditambahkan H₂SO₄ 2 N. Campuran tersebut dipanaskan sampai suhu 70°C, lalu dititrasi dengan KMnO₄ 0,1 N. Titik akhir titrasi ditandai dengan terbentuknya warna larutan merah muda. Kadar kalsium oksalat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

$$\text{Kalsium Oksalat (\%)} = \frac{a \times b \times c}{d} \times 100\%$$

Keterangan :

a = Volume titran KMnO_4 (ml)

b = Normalitas titran KMnO_4 (N)

c = Berat ekuivalen kalsium oksalat (64,05)

d = Berat sampel (mg)

3.5.4 Kadar Air (AOAC, 2019)

Pengujian kadar air menggunakan metode gravimetri (AOAC, 2019). Cawan porselin dikeringkan dalam oven selama 30 menit, lalu didinginkan di dalam desikator dan ditimbang (A). Sampel sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sudah diketahui beratnya dan dikeringkan di dalam oven (B) pada suhu 105–110°C selama 6 jam. Selanjutnya, didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang. Setelah diperoleh hasil penimbangan pertama, lalu cawan yang berisi sampel dikeringkan kembali selama 30 menit setelah itu didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang (C). Tahap ini diulangi hingga dicapai bobot yang konstan atau selisih penimbangan $\leq 0,0002$ gram. Perhitungan kadar air dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{B - C}{B - A} \times 100\%$$

Keterangan:

A : berat cawan kosong (g)

B : berat cawan + sampel awal (g)

C : berat cawan + sampel kering (g)

3.5.5 Kadar Abu (AOAC, 2019)

Pengujian kadar abu menggunakan metode gravimetri (AOAC, 2019). Prosedur analisis kadar abu yaitu cawan yang akan digunakan dioven terlebih dahulu

selama 30 menit pada suhu 100–105°C. Cawan didinginkan dalam desikator selama 15 menit untuk menghilangkan uap air dan ditimbang (A). Sampel ditimbang sebanyak 2 gram dalam cawan yang sudah dikeringkan (B), kemudian dibakar di atas nyala pembakar sampai tidak berasap dan dilanjutkan dengan pengabuan di dalam tanur bersuhu 550–600°C selama 3 jam. Sampel yang sudah diabukan didinginkan selama 15 menit dalam desikator dan ditimbang (C). Tahap pembakaran dalam tanur diulangi sampai didapat bobot yang konstan. Penentuan kadar abu dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{C - A}{B - A} \times 100\%$$

Keterangan: A : berat cawan kosong (g)

B : berat cawan + sampel awal (g)

C : berat cawan + sampel kering (g)

3.5.6 Kadar Protein (AOAC, 2019)

Analisis kadar protein menggunakan metode kjeldahl (AOAC, 2019). Prosedur analisis kadar protein yaitu sampel ditimbang sebanyak 0,1–0,5 gram, dimasukkan ke dalam labu kjeldahl 100 ml, kemudian ditambahkan 50 mg HgO, 2 mg K₂SO₄, 2 mL H₂SO₄, batu didih, dan dididihkan selama 1,5 jam sampai cairan menjadi jernih. Setelah larutan didinginkan dan diencerkan dengan aquades, sampel didestilasi dengan penambahan 8-10 mL larutan NaOH-Na₂S₂O₃ (dibuat dengan campuran: 50 g NaOH + 50 mL H₂O + 12,5 g Na₂S₂O₃·5H₂O). Hasil destilasi ditampung dengan labu Erlenmeyer yang telah berisi 5 mL H₃BO₃ dan 2-4 tetes indikator (campuran 2 bagian metil merah 0,2% dalam alkohol dan 1 bagian metil biru 0,2 % dalam alkohol). Destilat yang diperoleh kemudian dititrasi dengan larutan HCl 0,02 N sampai terjadi perubahan warna dari hijau menjadi abu-abu. Hal yang sama juga dilakukan terhadap blanko. Hasil yang diperoleh adalah dalam total N, yang kemudian dinyatakan dalam faktor konversi 6,25. Kadar protein dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Protein} = \frac{(Va - Vb)_{HCl} \times N_{HCl} \times 14,007 \times 6,25}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

VA : mL HCl untuk titrasi sampel

VB : mL HCl untuk titrasi blanko

N : normalitas HCl standar yang digunakan 14,007

Faktor koreksi : 6,25

W : berat sampel (gram)

3.5.7 *Loss on Drying* (Schubnell *et al.*, 2020)

Pengujian *loss on drying* (Schubnell *et al.*, 2020), diawali dengan sampel sebanyak 5 gram ditimbang, kemudian dikeringkan dengan oven dengan suhu 105°C selama 2-3 jam. Selanjutnya, ditimbang kembali sampel yang telah dikeringkan. Setelah itu nilai LOD dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Loss on Drying} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a : Bobot sampel sebelum pengeringan (gram)

b : Bobot sampel setelah pengeringan (gram)

3.5.8 *Daya Ikat Air* (Koroskenyi and McCharty, 2001)

Analisis daya ikat air pada glukomanan (Koroskenyi and McCharty, 2001), diawali dengan dimasukkan glukomanan sebanyak 0,1 gram dalam tabung sentrifuge 50 mL. Kemudian, ditambahkan air deionisasi sebanyak 30 mL, lalu tahap perendaman selama 1 jam. Setelah itu, disentrifugasi selama 20 menit dengan kecepatan 4000 rpm. Selanjutnya, dipisahkan supernatan dan ditimbang sisa menggunakan neraca analitik. Kemudian, ditimbang residu dan dihitung berat air dari selisih berat residu dengan glukomanan kering. Perbedaan berat antara 2

pengukuran digunakan sebagai berat air yang diabsorpsi. Berat dinyatakan dalam gram air atau gram glukomanan.

3.5.9 Viskositas (Yanuriati dan Basir, 2020)

Analisis viskositas (Yanuriati dan Basir, 2020), dilakukan dengan ditimbang 5 gram sampel, lalu dilarutkan dalam 100 mL aquades. Kemudian, diagitasi dengan kecepatan 150 rpm sampai terhidrasi sempurna selama 12 jam dengan suhu ruang. Setelah itu, direlaksasi selama 30 menit, lalu diukur nilai viskositas dengan viscometer pada suhu 30°C menggunakan spindle 64 selama 30 menit.

3.5.10 Kadar Klorida (Cl) (SNI 6989.19-2009)

Analisis kadar klorida menggunakan metode Titrasi Argentometri (SNI 6989.19-2009). Larutan klorida sebelum dan setelah adsorpsi (pH 8) diencerkan hingga 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL. Selanjutnya ditambahkan 1 mL indikator K_2CrO_4 . Titrasi dilakukan dengan larutan $AgNO_3$ 0,0141 N yang telah distandarisasi dengan $NaCl$ 0,0141 N sampai titik akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna kuning menjadi kuning kemerahan dan dicatat volume $AgNO_3$ yang digunakan pada larutan klorida (A) dan blanko (B). Titrasi dilakukan tiga kali pengulangan (dengan titik akhir titrasi yang konsisten). Kadar Cl dalam larutan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Kadar\ Cl\ (mg/L) = \frac{(A - B) \times N \times 35450}{v} \times f$$

Keterangan:

- A : Volume $AgNO_3$ yang digunakan sebagai penitran sampel (mL)
- B : Volume $AgNO_3$ yang digunakan sebagai penitran blanko (mL)
- N : Normalitas $AgNO_3$
- V : Volume sampel (mL)
- F : Faktor koreksi

3.5.11 Kadar Timbal (Pb) (SNI 13-6974-2003)

Analisis logam Pb (Timbal) (SNI 13-6974-2003), ditimbang 0,1 gram sampel yang sudah dipreparasi, lalu dilarutkan dengan 5 mL akuaregia (7,5 mL HCl 10 M dan 2,5 mL HNO₃ 15,6 M atau perbandingan HCl dan HNO₃ adalah 3:1).

Kemudian dipanaskan campuran larutan dalam penangas air selama 2 jam, jika sampel belum larut tambahkan HF. Selanjutnya, campuran disaring dengan kertas saring. Lalu, filtrat diuji untuk penentuan logam Pb. Kemudian, disiapkan sebanyak 5 buah gelas kimia ukuran 50 mL, masing-masing diisi larutan standar Pb 0 ppm, 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm dan 10 ppm sebanyak 50 mL. Kelima larutan ini diukur absorbansinya dengan SSA model AA-6300 pada panjang gelombang 283,3 nm. Data absorbansi tersebut selanjutnya digunakan untuk membuat kurva kalibrasi.

Filtrat hasil destruksi yang telah diencerkan diukur kadar Pb menggunakan spektrofotometer serapan atom SSA model AA-6300 pada panjang gelombang maksimum untuk logam Pb yaitu 283,3 nm. Perhitungan konsentrasi logam Pb dihitung dengan bantuan kurva kalibrasi logam Pb. Konsentrasi logam Pb yang didapatkan melalui perhitungan dimasukkan dalam persamaan untuk menghitung konsentrasi logam Pb. Analisis logam Pb kemudian dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

$$\text{Kadar Pb (mg/kg)} = \frac{V}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ gram}}{B} \times c \text{ AAS}$$

Keterangan:

Volume : Volume sampel yang diencerkan

B : Berat kering sampel (gram)

c AAS : Konsentrasi logam rerata yang diperoleh dari hasil AAS (mg/L)

1000 mL : Angka konversi mL ke L

1000 gram : Angka konversi gram ke kg

3.5.12. Kadar Pati (Ifmaly, 2018)

Pengujian kadar pati pada tepung glukomanan umbi porang menggunakan metode *Luff Schoorl* (Ifmaly, 2018), berikut adalah tahapan-tahapan pengujiannya.

3.5.12.1 Pembuatan Larutan Luff Schoorl

Sebanyak 25 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam 100 mL air, 50 g asam sitrat dilarutkan dalam 50 mL air dan 388 g soda murni ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dilarutkan dalam 300-400 mL air mendidih. Larutan asam sitrat dituangkan dalam larutan soda sambil dikocok hati-hati. Selanjutnya, ditambahkan larutan CuSO_4 . Sesudah dingin ditambahkan air sampai 1 Liter. Bila terjadi kekeruhan, didiamkan kemudian disaring.

3.5.12.2 Persiapan Sampel

Sampel sebanyak 0,1 gram ditimbang dalam erlenmeyer 250 ml, dan ditambahkan 50 mL aquadest, dan 5 mL HCl 25%, kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 3 jam. Setelah didinginkan, suspensi dinetralkan dengan NaOH 25% sampai pH 7. Pindahkan secara kuantitatif dalam labu takar 100 mL, kemudian tepatkan sampai tanda tera dengan aquades. Larutan ini kemudian disaring kembali dengan kertas saring.

3.5.12.3 Analisis Sampel

Sebanyak 25 ml filtrat dari persiapan sampel ditambah 25 mL larutan Luff Schoorl dalam erlenmeyer dibuat pula perlakuan blanko yaitu 25 ml larutan Luff Schoorl dengan 25 mL aquadest. Erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin balik, kemudian dididihkan. Pendidihan larutan dipertahankan selama 10 menit. Selanjutnya cepat-cepat didinginkan dan ditambahkan 15 mL KI 20% dan dengan hati-hati ditambahkan 25 mL H_2SO_4 25%. Lalu ditutup dan diletakkan di tempat

gelap selama 30 menit. Iodium yang dibebaskan dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N memakai indikator pati sebanyak 2-3 mL. Untuk memperjelas perubahan warna pada akhir titrasi maka sebaiknya pati diberikan pada saat titrasi hampir berakhir.

3.5.12.4 Perhitungan Kadar Pati

Dengan mengetahui selisih antara titrasi blanko dan titrasi sampel, kadar gula reduksi setelah inversi (setelah dihidrolisa dengan HCl 25%) dalam bahan dapat dicari dengan menggunakan tabel selisih kadar gula inverse dengan sebelum inverse dikalikan 0,9 merupakan kadar pati dalam bahan.

$$\text{Kadar Pati (\%)} = \frac{(\text{Titrasi blanko} - \text{Titrasi sampel}) \times \text{Faktor Per.genceran}}{\text{mg sampel}} \times 100\%$$

3.5.13 Kadar Serat (Korompot dkk., 2018)

Pengujian kadar serat kasar pada tepung glukomanan umbi porang (Korompot dkk., 2018), dihaluskan sampel hingga melalui ayakan berdiameter 1mm. Setelah itu, ditimbang 2 gram bahan kering dan lalu dipindahkan dalam labu Erlenmeyer 600 mL. Kemudian, ditambahkan 200 mL larutan H_2SO_4 mendidih (1,25 gram H_2SO_4 pekat/100 mL = 0,255 N H_2SO_4), ditutup dan dididihkan selama 30 menit dengan digoyang-goyangkan.

Setelah itu, disaring suspensi dengan kertas saring. Selanjutnya, kertas saring dan residu yang tertinggal pada kertas saring dicuci dengan air panas hingga tidak bersifat asam lagi (uji dengan kertas lakmus). Setelah itu, dipindahkan residu dari kertas saring kedalam Erlenmeyer serta diaduk kembali dengan spatula, dan sisanya dibersihkan dengan NaOH mendidih (1,25 gr NaOH/100ml = 0,313 N NaOH) sebanyak 200 ml sampai semua residu masuk ke dalam erlenmeyer. Kemudian, didinginkan dan digoyang-goyangkan selama 30 menit. Lalu, disaring dengan kertas saring yang telah diketahui beratnya serta krus Gooch yang telah dipijarkan dan diketahui beratnya, selanjutnya dicuci dengan larutan K_2SO_4 .

Setelah itu, dicuci kembali residu dengan aquades mendidih dan kemudian dibilas dengan 15 mL Alkohol 96%. Kemudian, dieringkan kertas saring atau krus dengan isinya pada 110°C sampai berat konstan (1-2 jam), dinginkan dalam desikator dan timbang.

3.5.14 Analisis pH (AOAC, 2019)

Pengujian nilai pH tepung glukomanan porang mengacu pada metode AOAC (2019). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan pH meter. Sebelum dilakukan pengujian, pH meter diharuskan untuk dikalibrasi terlebih dahulu. Sampel tepung glukomanan disiapkan dengan memasukkan 1 gram sampel kedalam gelas beaker dan ditambahkan 100 mL larutan aquades. Selanjutnya pengukuran dilakukan terhadap sampel dengan mencelupkan elektrodanya ke dalam larutan sampel dan biarkan beberapa saat hingga diperoleh pembacaan yang stabil.

3.5.15 Kelarutan dalam Alkohol (Kiatpongarp, 2007)

Analisis persen kelarutan dalam alkohol mengacu pada penelitian Kiatpongarp (2007), sebanyak 0,1 gram glukomanan dilarutkan dalam 10 ml alkohol dan dipanaskan dalam waterbath dengan temperatur 60°C selama 30 menit. Kemudian dicentrifuge dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit untuk memisahkan supernatan dan pasta yang terbentuk. Supernatan diambil sebanyak 10 ml lalu dikeringkan dalam oven dan dicatat berat endapan keringnya. Perhitungan kelarutan dalam alkohol dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$Kelarutan (\%) = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Berat endapan kering (gram)

B : Berat sampel (gram)

3.5.16 Kelarutan dalam Eter (Kiatpongarp, 2007)

Analisis persen kelarutan dalam eter mengacu pada penelitian Kiatpongarp (2007), 0,1 gram glukomanan dilarutkan dalam 10 ml eter dan dipanaskan dalam waterbath dengan temperatur 60°C selama 30 menit. Kemudian dicentrifuge dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit untuk memisahkan supernatan dan pasta yang terbentuk. Supernatan diambil sebanyak 10 ml lalu dikeringkan dalam oven dan dicatat berat endapan keringnya.

$$\text{Kelarutan (\%)} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Berat endapan kering (gram)

B : Berat sampel (gram)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah

1. Ukuran partikel tepung porang berpengaruh terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan.
2. Kecepatan udara *blower* berpengaruh terhadap rendemen, kadar glukomanan, dan kadar kalsium oksalat tepung glukomanan.
3. Interaksi antara faktor ukuran partikel tepung porang 80 mesh dan kecepatan udara blower 10 m/s menghasilkan tepung glukomanan terbaik dengan rendemen 52,90%; kadar glukomanan 94,45%; dan kalsium oksalat 0,06%.

5.2 Saran

Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai proses pemurnian atau *leaching* glukomanan, sehingga dihasilkan produk tepung glukomanan dengan kualitas standar komersial secara fisik dan kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, R., Estiasih, T., Wardani, A.K. 2017. Penurunan Oksalat pada Proses Perendaman Umbi Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) di Berbagai Konsentrasi Asam Asetat. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 18(3):191-200.
- AOAC. 2019. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists 21st edition. Benjamin Franklin Station. Washington DC. 1500 hlm.
- Apu, I. R., Jawang, U. P., dan Marten Umbu Nganji. 2022. Analisis Kesesuaian Lahan Terhadap Pengembangan Tanaman Porang (*Amarphopallus Ancophyllus*) di Kecamatan Lewa Kabupaten Sumba Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 9 (1): 49-56.
- Aryanti, N., dan Abidin, K. Y. 2015. Ekstraksi Glukomanan dari Umbi Porang Lokal. *Metana*. 11 (1): 21-30.
- Aviana, T., dan Loebis, E. H. 2017. Pengaruh Proses Reduksi Kandungan Kalsium Oksalat pada Tepung Talas dan Produk Olahannya. *Warta IHP*. 34 (1): 36-43.
- Awaluddin, Wahyudi, S., dan Widodo, A. S. 2014. Analisis Aliran Fluida Dua Fase (Udara-Air) melalui Belokan 45°. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 5 (3): 217-224.
- Badan Karantina Pertanian. 2021. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=3869>. [Diakses pada tanggal 24 Juli 2022 pukul 13.12]
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 13-6974-2003 *Percontoh batuan sulfida - Penentuan kadar Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, dan Cd dengan spektrofotometer serapan atom (SSA)*. BSN. Jakarta. 12 hlm
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 19-6989-2009 *Cara Uji Klorida (Cl-) dengan Metode Argentometri*. BSN. Jakarta. 7 hlm.
- Chairiyah, N., Harijati, N., Mastuti, R. 2021. Pengaruh Periode Tumbuh dan Bagian Umbi Berbeda Terhadap Kerapatan Kristal Kalsium Oksalat (CaOx)

Dan Jenis Kristal Druse Dan Rafida Pada Umbi Tanaman Porang (*Amorphophallus Muelleri Blume*). *Jurnal Biotropika*. 1 (6): 260-264.

Chan, A.P.N. 2009. Konjact Part I. Cultivation to Commercialication of Components. *Journal Food Eng*. 106:245–252.

Chemical Book. 2022. Konjac Glucomannan. https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB2169372.htm. [Diakses pada 31 Juli 2022 pukul 16.52].

Chen, H.L., H.C. Cheng, W.T. Wu, Y.J. Liu and S.Y. Liu. 2008. Supplementation of Konjac Glucomannan into a Low-Fiber Chinese Dietpromoted BowelMovement and Improved Colonic Ecology in Constipation Adults :a Placebo-Controlled Diet-Controlled trial. *Journal Am*.

Chen, H.L., W.H. Sheu, T.S. Tai, Y.P. Liaw and Y.C. Chen. 2005. Konjac Supplement Alleviated Hypercholesterolmia and Hyperglycemia in Type 2 Diabetic Subjects a Rendomized Dole-blind Trial. *Journal Am. Coll. Nutr*. 22:36-42.

Efendi, A., dan Suhartono, R. 2019. Pemeliharaan Mesin Disc Mill Sentra Peternakan Rakyat (SPR) Cinagarbogo. *SINTEK JURNAL*. 13(1): 44-50.

Eri, P. A. 2007. Karakteristik Fisik Kimia Tepung Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) Hasil Fraksinasi dengan Metode Hembusan *Blower*. *Skripsi*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. 120 hlm.

Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan*. IPB Press. Bogor. 269 hlm.

^aFaridah, A., Widjanarko, S. B., Sutrisno, A. 2012. Optimasi Peningkatan Kadar Glukomanan dan Pemurnian Kalsium Oksalat pada Proses Penepungan dari Chip Porang dengan Metode Mekanis. *Seminar PATPI*. 1-6.

^bFaridah, A., Widjanarko, S. B., Sutrisno, A., dan Susilo, B. 2012. Optimasi Produksi Tepung Porang dari *Chip* Porang secara Mekanis dengan Metode Permukaan Respons. *Jurnal Teknik Industri*. 13 (2): 158-166.

Haliza, W., Kailaku, S. I., dan Yuliani, S. 2012. Penggunaan *Mixture Response Surface Methodology* pada Optimasi Formula *Brownies* Berbasis Tepung Talas Banten (*Xanthosoma Undipes* K. Koch) sebagai Alternatif Pangan Sumber Serat. *Jurnal Pascapanen* 9 (2): 96-106.

Ifmaly. 2018. Penetapan kadar pati pada buah mangga muda (*Mangifera Indica* L.) menggunakan metode *luff Schoorl*. *Jurnal Katalisator*. 3(2) : 106-113.

Irma, Suryani. 2013. Karakteristik Laju Alir Fluida. *Chemical Engineering Press Universitas Syah Kuala*. Aceh. 68 hlm.

- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. 2021. <https://ekon.go.id/publikasi/detail/2983/perluasan-lahan-dan-hilirisasi-industri-menjadi-titik-awal-pengembangan-tanaman-porang> [Diakses pada tanggal 21 Juli 2022 pukul 15.05].
- Korompot, A., R., H., Fatimah, F., dan Wuntu, A., D. 2018. Kandungan Serat kasar dari bekasang ikan tuna (*Thunnus sp.*) pada berbagai kadar garam, suhu dan waktu fermentasi. *Jurnal Ilmiah Sains*. 18 (1) : 31-34.
- Koroskenyi, B., and McCharty, S.P. 2001. Synthesis of Acetylated Konjac Glucomannan dan Effect of Degree of Acetylation on Water Absorbency. *Biomacromolecules* 2 :824-826.
- Koswara, S. 2013. *Modul Teknologi Pengolahan Umbi-Umbian*. Bagian 2: Pengolahan umbi porang. Tropical Plant Curriculum (TPC) Project. USAID-SEAFAST Center-Bogor Agricultural University.
- Kurniawan, R. 2016. Produk Tepung Glukomanan dari Umbi Porang dengan Proses Kombinasi Fisik dan Enzimatis. *Tugas Akhir*. Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Ling, L. Y., Hua, D. R., Juan, C. N. P., and Jie, P. 2013. Review of Konjac Glucomannan: Isolation, Structure, Chain Conformation and Bioactivities. *Journal of Single Molecular Research*. 1 (1): 7-14.
- Li, J., Ye, T., Wu, X., Chen, J., Wang, S., Lin, L., & Li, B. (2014). Preparation dan characterization of heterogeneous deacetylated konjac glucomannan. *Food Hydrocolloids*, 40, 9–15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.02.001>
- Maksindo. 2022. <https://www.maksindo.com/product/mesin-disk-mill-ffc-23>. [Diakses 22 Juli 2022 pukul 14:18].
- Mawarni, R. T., dan Widjanarko, S. B. 2015. Penggilingan metode ball mill dengan pemurnian kimia terhadap penurunan okasalat tepung porang. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(2) : 571-581.
- Mitchell, T., Kumar, P., Reddy, T., Wood, K. D., Knight, J., Assimios, D. G., and Holmes, R. P. 2019. Dietary Oxalate and Kidney Stone Formation. *Journal Physiol Renal*. 316 (3): 409-413.
- Mulyono, E. 2010. Peningkatan Mutu Tepung Iles-iles (*Amorphophallus oncophyllus*) (Foodgrade: Glukomanan 80%) sebagai Bahan Pengelastis Mie (4% Meningkatkan Elastisitas Mie 50%) dan Pengental (1% = 16.000 cps) melalui Teknologi Pencucian Bertingkat dan Enzimatis pada Kapasitas Produksi 250 kg umbi/hari. *Program Insentif Riset terapan*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian. Cimanggu, Bogor.

- Molek, N. H. T., Renelda, S. A., Syaiful, S. 2020. Performa *Cyclone* dan *Electrostatic Precipitator* sebagai Penangkap Debu pada Pabrik Semen. *Jurnal Teknik Kimia*. 26 (1): 22-26.
- Nugraheni, B., Setyopuspito, A., Advistasari, Y. D. 2018. Identifikasi dan Analisis Kandungan Makronutrien Glukomanan Umbi Porang. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik*. 15 (2): 77-82.
- Nurenik., Rahayu, S., dan Harmayani, E. Perubahan Sifat Fisik Dan Penurunan Kadar Kalsium Oksalat pada Tepung Porang (*Amorphophallus Oncophyllus*) dengan Variasi Penyosohan dan Penghembusan Udara serta Perendaman Etanol. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 82 hlm.
- Paramita, O. 2011. Identifikasi Kandungan Gizi Tepung Umbi-Umbian Lokal Indonesia. *Prosiding Pendidikan Teknik Boga FT UNY*. 6 (1): 1-16.
- Phillip, K. 2018. *Polysaccharide Ingredients*. Cybercolloids Ltd: Ireland. 23 pp.
- Oliveira, A. R. E. 2019. *History of the Bernoulli Principle : Advances in Mechanism and Machine Science*. Krakow Press. Poland. 1161-1178.
- Pasaribu, G., Hastuti, N., Efiyanti, L., dan Waluyo, T. K. 2019. Optimasi Teknik Pemurnian Glukomanan pada Tepung Porang. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 37 (3): 201-208.
- Professional Standard RRC. 2002. *Konjac Flour, NY Professional Standard of the People' Republic of China for Konjac Flour*. NY/T 494.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia. 2013. *Modul Diseminasi Budidaya dan Pengembangan Porang (Amorphophallus muelleri Blume) sebagai Salah satu Potensi Bahan Baku Lokal*. Universitas Brawijaya. Malang. 19 hlm.
- Qin, R., and Duan, C. 2017. The Principle and Applications of Bernoulli Equation. *Journal of Physics: Conference Series, International Conference on Fluid Mechanics and Industrial Applications*. 916 (2017) 012038: 1-6.
- Ramdana, S., dan Suhartati. 2015. Tumbuhan Porang: Prospek Budidaya sebagai Salah Satu Sistem Agroforestry. *Buletin Eboni*. 2 (12): 97-110.
- Rangkuti, P. A., Hasbullah, R., Sumariana, K. S. U. 2012. Uji Perfarmansi Mesin Penepung tipe *Disc Mill* untuk Penepungan Juwawut. *Jurnal Agritech*. 32 (1): 66-72.
- Rasmito dan Widari. 2018. Penurunan Kadar Kalsium Oksalat pada Umbi Porang dengan Proses Pemanasan di dalam Larutan NaCl. *Jurnal Teknik Kimia*. 13 (1) :1-4.

- Raswindo, A., Faoji, A., dan Syarifudin. 2021. Uji Kapasitas Mesin Penepung *Disc Mill* Tipe FFC 15 Menggunakan *Pully* 7 Inch. *Jurnal Politeknik Harapan Bersama*. 9 (2): 1-9
- Rosalina, M., dan Cahyani, S. B. T. 2015. Pengaruh Kecepatan Putar dan Waktu pada Proses Penepungan terhadap Kualitas Tepung Glukomanan dari Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri*) dengan Menggunakan Proses Fisik. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. 175 hlm.
- Rosita, D., Zaenab, S., Budiyanto, M. A. K. 2016. Analisis Kandungan Klorin pada Beras yang Beredar di Pasar Besar Kota Malang sebagai Sumber Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 2 (1): 88-93.
- Schafle, C., and Kautz, C. 2021. Student Reasoning in Hydrodynamics: Bernoulli's Principle Versus the Continuity Equation. *Physical Review Physics Education Research*. 17 0101147 (2021). 1-16.
- Schubnell, M., Caro, C. A., Kunz, R. 2020. *Thermal Analysis: Moisture Content, Water Content, Loss on Drying*. Mettler-Toledo Publication. New York. 51 pp.
- Songgor, K., Mukkun, L., Markus, J. E. R. 2022. Karakteristik Fisik, Kadar Air, dan Kandungan Glukomanan Tepung Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Melalui Beberapa Teknik Perendaman. *Agrisa*. 11 (1): 77-83.
- Souza, L.A., Moscheta, I.S., Oliveira, J.H.G., 2004. Comparative morphology and anatomy of the leaf and stem of *Peperomia dahlstedtii*, *Ottonia martiana* and *Piper diospyrifolium* (Piperaceae). *Gayana Bot.* 6, 6–17.
- Srivastava, S., Verma, D., Srivastava, A., Tiwari, S. S., Dixit, B., Singh, R. S., and Rawat, A. K.S. 2014. Phytochemical and Nutritional Evaluation of *Amorphophallus campanulatus* (Roxb.) Blume Corm. *Journal of Nutrition and Food Sciences*. 4 (3): 1-6.
- Sriyono. 2012. Analisis dan Pemodelan *Cyclone Separator* sebagai *Prefilter* Debu Karbon pada Sistem Pemurnian Helium Reaktor RGTT200K. *Prosiding Seminar Nasional ke-18 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir*. 215-226. ISSN: 0854-2910.
- Sulistiyo, R. H., Soetopo, L., dan Damanhuri. 2015. Eksplorasi dan Identifikasi Karakter Morfologi Porang di Jawa Timur. *Jurnal Produksi Tanaman*. 3 (5): 353-361.
- Sumarwoto. 2012. *Beberapa Sifat Agronomi dan Teknik Budidaya Porang (Iles-iles)*. Ringkasan Modul Training for Farmers. Program IMHERE tahun 2012. Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.

- Sutrisno, A. 2011. Proses Penurunan Kadar Kalsium Oksalat Menggunakan Penepung *Stamp Mill* untuk Pengembangan Industri Kecil Tepung Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri*). *Pangan*. 20 (4): 331-340.
- Ulfa, D. A. N., dan Nafi'ah, R. 2018. Pengaruh Rendaman NaCl terhadap Kadar Glukomanan dan Kalsium Oksalat Tepung Iles-Iles. *Cendekia Journal of Pharmacy*. 2 (2): 124-187.
- Utami, N. M. A. D. 2021. Prospek Ekonomi Pengembangan Tanaman Porang di Masa Pandemi COVID-19. *Jurnal Viabel Pertanian*. 15 (1): 72-82.
- Utaminingsih, D. S., dan Muhtadi. 2021. Analisis Kadar Glukomanan dan Asam Oksalat Beserta Uji Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri dari Ekstrak Etanol Umbi Iles-Iles. *The 13th University Research Colloquium 2021*. 593-603.
- Wahjuningsih, S. B., dan Kunarto, B. 2011. Pengaruh blanching dan ukuran partikel (mesh) terhadap kadar glukomanan, kalsium oksalat dan serat makan tepung umbi porang. *Ejournal Bappeda*. 9 (2): 112-123.
- Wahyuni, K. I., Rohmah, M. K., Ambari, Y., dan Romadhon, B. K. 202-40. Pemanfaatan Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* B.) sebagai Bahan Baku Keripik. *Jurnal Karinov*. 3 (1): 1-4.
- Walton, R., C., Kavanagh, J. P., and Heywood, B. R. 2003. The density and protein content of calcium oxalate crystals precipitated from human urine: a tool to investigate ultrastructure and the fractional volume occupied by organic matrix. *Journal Structure Biology*. 143 (1): 14-23.
- Wang, W. and A. Johnson. 2003. *Konjac: An Introduction*. Konjac Company Ltd. Fuzhou City, China.
- Wardani, E., N., Subaidah, W. A., dan Muliasari, H. 2021. Ekstraksi dan Penetapan Kadar Glukomanan dari Umbi Porang Menggunakan Metode DNS. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 3 (3): 383-391.
- Wardani, R. K., dan Handrianto, P. 2019. Analisis Kadar Kalsium Oksalat pada Tepung Porang Setelah Perlakuan Perendaman dalam Larutan Asam (Analisis dengan Metode Titrasi Permanganometri). *Journal of Research and Technology*. 5 (2): 144-153.
- Widaningrum, A., Yusuf, M., dan Sari, M. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahannya. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. 3 (3): 16-27.
- Widjanarko, S. B., Suwasito, S, dan Tabah. 2014. Pengaruh Lama Penggilingan dengan Metode Ball Mill terhadap Rendemen dan Kemampuan Hidrasi

- Tepung Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2 (1): 79-85.
- Widjanarko, S. B., Widyastuti, E., Rozaq, F. I. 2015. Pengaruh Lama Penggilingan Tepung Porang dengan Metode *Ball Mill (Cyclone Separator)* terhadap Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tepung Porang. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3 (3): 867-877.
- Wigoeno, Y., A., Azriyaningsih, R., dan Roosdina, A. 2013. Analisis Glukomanan pada Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) menggunakan Refluks Kondensor. *Jurnal Biotropika*. 1(5) : 231-235.
- Winarno. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 120 hlm.
- Witoyo, J. E., Ni' maturohmah, E., Argo, B. D., Yuwono, S., and Widjanarko, S. B. 2022. Polishing effect on the physicochemical properties of porang flour using centrifugal grinder. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 475 (0102026).
- Xu, W., Wang, Y., Jin, W., Wang, S., Zhou, B., Li, J., Li, B., & Wang, L. 2014. A One-step procedure for elevating the quality of konjac flour: Azeotropy-assisted acidic alcohol. *Food Hydrocolloids*, 35, 653-660. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.08.014>
- Yang, D., Yuan, Y., Wang, L., Wang, X., Mu, R., Pang, J., Xiao, J., and Zheng, Y. 2017. A Review on Konjac Glucomannan Gels: Microstructure and Application. *International Journal of Molecular Series*. 18 (2250): 1-18.
- Yanti, N., Yulkifli., Kamus, Z. 2015. Pembuatan Alat Ukur Kelajuan Angin Menggunakan Sensor *Optocoupler* dengan Display PC. *Jurnal Saintek*. 7 (2): 95-108.
- Yanuriati, A., dan Basir, D. 2020. Peningkatan kelarutan glukomanan porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) dengan penggilingan basah dan kering. *Jurnal Agritech*. 40 (3) : 223-231.
- Yanuriati, A., Marseno, D. W., Rochmadi., dan Harmayani, E. 2017. Gel Glukomanan Porang-Xantan dan Kestabilannya setelah Penyimpanan Dingin dan Beku. *Jurnal Agritech*. 37 (2): 121-131.
- Zhou, N., Zheng, S., Xie, W., Cao, G., Wang, L., and Pang, J. 2022. Konjac glucomannan: A review of structure, physicochemical properties, and wound dressing applications. *Journal of Applied Polymer Science*. 139 (11): 1-16.