

# Optimization of Hammer-Disc Mill Parameters During Producing Glucomannan Flour Using Taguchi Method

Gusri Akhyar Ibrahim, Yanuar Burhanuddin, Arinal Hamni, Novri Tanti, Muhammad Pandu Wibowo, Tito Valiandra

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Lampung, Lampung  
pandu.wibowo99@gmail.com

---

## Abstract

Porang tubers contain glucomannan, which has health benefits for the human body. However, glucomannan also contains calcium oxalate, which is toxic. A Hammer-Disc mill (HDM) machine was used to separate glucomannan and calcium oxalate, categorized as a mechanical process. This study aims to optimize the parameters of the Hammer-Disc Mill machine for producing glucomannan flour by using the Taguchi Method. The selected parameters are the mass of the porang chip, motor rotation speed, and the distance of the hammer blades. The Taguchi Method was used to design an experiment using the Orthogonal Array L9 (3 factors, 3 levels). In this study, statistical analysis was carried out using Analysis of Variance (ANOVA) to determine each parameter's effect on glucomannan production. The glucomannan granules were taken using a screener of 60-80 mesh. The results show that the input mass parameter of porang chips significantly affects the glucomannan produced, which,  $F$  calculating 10,91 was more than  $f$  Table 5,41. The contribution of mass input of porang chips in percentage is 85.36%. Based on the results of the best response, the optimal condition for the production of glucomannan flour is to use a mass of 1 kg of porang chip input (level 3), motor rotation speed of 3000 rpm (level 3), and hammer spacing of 1 cm (level 3). By optimizing this parameter it is expected to increase the yield of glucomannan produced by the Hammer-Disc Mill machine.

**Keywords:** Glucomannan, hammer disc mill, optimization, Taguchi

---

## 1. Pendahuluan

Tepung glukomanan merupakan produk olahan yang diperoleh dari tanaman umbi porang. Glukomanan memiliki berbagai manfaat dan aplikasi dalam industri pangan, farmasi, dan produk kesehatan. Dalam industri pangan, glukomanan digunakan sebagai bahan pengental dan *stabilizer* dalam berbagai produk. Selain itu, glukomanan juga digunakan dalam pembuatan makanan rendah kalori dan produk kesehatan [7].

Proses produksi tepung glukomanan melalui tahap penepungan memainkan peran penting dalam menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Salah satu mesin yang digunakan dalam proses ini adalah *Hammer-Disc Mill*. Mesin *Hammer-Disc Mill* adalah salah satu jenis mesin penggilingan yang digunakan untuk menghancurkan bahan menjadi ukuran yang lebih kecil dengan menggunakan kombinasi mata *hammer* dan cakram (*disc*). Mesin ini digunakan dalam industri pengolahan pangan dan pertanian untuk menghasilkan tepung dengan tingkat kehalusan yang diinginkan.

Mesin *Hammer-Disc Mill* memiliki beberapa kelebihan, seperti kemampuan untuk menghasilkan tepung dengan ukuran partikel yang seragam, efisiensi penggilingan yang tinggi, dan kemampuan menggiling bahan dengan tingkat kekerasan yang berbeda dan memisahkan antara glukomanan dan kalsium oksalat yang ada pada umbi porang. Selain itu, mesin ini juga dapat dikontrol dengan mudah

untuk mengatur ukuran partikel tepung yang dihasilkan [10].

Mesin ini memiliki beberapa parameter yang dapat diatur, seperti massa input *chip* porang, kecepatan putaran motor, dan jarak mata *hammer*. Namun, untuk mencapai hasil produksi tepung glukomanan yang optimal, perlu dilakukan optimasi parameter-parameter mesin *Hammer-Disc Mill*.

Metode Taguchi merupakan metode statistik yang dapat digunakan untuk merancang eksperimen dengan jumlah percobaan yang minimal namun memberikan informasi yang signifikan [2]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter mesin *Hammer-Disc Mill* dalam produksi tepung glukomanan menggunakan metode Taguchi dengan *Orthogonal Array L9* (3 faktor dan 3 level). Dengan mengoptimalkan parameter-parameter tersebut, diharapkan dapat meningkatkan rendemen glukomanan yang dihasilkan serta memastikan kualitas produk yang baik.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi produksi tepung glukomanan yang efisien dan optimal. Optimasi parameter mesin *Hammer-Disc Mill* dengan metode Taguchi dapat menjadi dasar dalam pengaturan proses produksi yang lebih baik, meningkatkan efisiensi produksi, dan memastikan kualitas produk yang konsisten.

**2. Metode Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah chip umbi porang dengan kadar air 11-12%. Peralatan utama yang digunakan adalah mesin *Hammer-Disc Mill* dan *Cylone Separator*. Proses penepungan dimulai dengan memasukkan *chip* ke dalam corong *input* (*hopper*). Kemudian, *chip* tersebut akan dihancurkan di dalam ruang penggilingan sehingga berubah menjadi butiran-butiran halus. Selanjutnya, butiran-butiran halus tersebut akan terhisap menuju komponen *cylone separator*. Di dalam *cylone separator*, butiran-butiran tersebut akan dipisahkan antara glukomanan dan kalsium oksalat serta sel pati. Setelah dipisahkan, butiran glukomanan akan tertampung ke dalam drum penampung. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengayakan untuk mengambil glukomanan utuhnya. Granula tepung glukomanan yang diambil memiliki ukuran 60-80 mesh ayakan.

Parameter penepungan yang digunakan adalah massa input chip (m) 0,5 kg, 0,75 kg, 1 kg, kecepatan putaran motor (n) 2500 rpm, 2750 rpm, 3000 rpm, dan jarak mata hammer (s) yang digunakan adalah 0,6 cm, 0,8 cm, dan 1 cm. Alat yang digunakan untuk mengukur hasil rendemen glukomanan adalah timbangan digital, sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran motor adalah *tachometer* dan alat untuk mengukur jarak mata *hammer* menuju dinding hammer adalah jangka sorong.

Berikut ini adalah desain eksperimen *Orthogonal Array* yang menunjukkan jenis faktor dan jumlah level yang digunakan dalam Metode Taguchi L9, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Desain eksperimen Orthogonal Array yang menunjukan faktor dan level

Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
Massa Input <i>Chip</i> (kg)	0,5	0,75	1
Kecepatan Putaran Motor (rpm)	2500	2750	3000
Jarak Mata <i>Hammer</i> (cm)	0,6	0,8	1

Perhitungan derajat kebebasan untuk menentukan matriks *Orthogonal Array* dapat ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Total derajat kebebasan dan levelnya

No.	Parameter	Jumlah Level (k)	Vn (k-1)
1		3	2

	Massa Input <i>Chip</i> (kg)		
	Kecepatan Putaran Motor (rpm)	3	2
	Jarak Mata <i>Hammer</i> (cm)	3	2
	Total Derajat Kebebasan		6

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 2, ditemukan 6 derajat kebebasan untuk rancangan eksperimen ini. Oleh karena itu, matriks orthogonal yang digunakan adalah L9 atau L (3<sup>3</sup>). Matriks orthogonal jenis L9 terdiri dari 3 kolom dan 9 baris, yang dapat digunakan untuk tiga variabel bebas dengan masing-masing memiliki 3 level. Rancangan eksperimen untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Desain Matrik Orthogonal L9 Taguchi

No.	Parameter Penepungan		
	Massa Input <i>Chip</i>	Kecepatan Putaran Motor	Jarak Mata <i>Hammer</i>
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Dengan mengganti masing-masing level dengan nilai yang ditentukan, Tabel 3 akan berubah menjadi Tabel 3. *orthogonal array* menunjukkan bahwa setiap kolom memiliki jumlah level yang sama. Pada kolom massa input *chip*, terdapat 3 sampel yang terdiri dari massa input chip sebesar 0,5 kg. Hal yang sama juga berlaku untuk massa input chip sebesar 0,75 kg dan 1 kg, dengan jumlah 3 sampel untuk masing-masingnya. Secara detail, matriks *orthogonal array* akan terlihat seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Desain Matrik Orthogonal L9

No.	Parameter Penepungan		
	Massa Input Chip (kg)	Kecepatan Putaran Motor (rpm)	Jarak Mata Hammer (cm)
1	0,5	2500	0,6
2	0,5	2750	0,8
3	0,5	3000	1,0
4	0,75	2500	0,8
5	0,75	2750	1,0
6	0,75	3000	0,6
7	1	2500	1,0
8	1	2750	0,6
9	1	3000	0,8

### 3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian yang telah didapatkan berupa nilai rendemen glukomanan dan lama waktu penepungan pada setiap percobaan. Pengujian hanya dilakukan 1 kali percobaan (tanpa replikasi), pengukuran berat rendemen glukomanan dilakukan menggunakan timbangan digital, dan lama waktu penepungan diukur menggunakan stopwatch ketika mesin sedang menggiling bahan. Rendemen tepung glukomanan diambil melalui proses pengayakan dengan tiga ukuran ayakan 40, 60, dan 80 mesh. Proses pengayakan dimulai dengan ayakan 40 mesh, kemudian tepung yang lolos ayakan 40 mesh diayak kembali menggunakan ayakan 60 mesh. Terakhir, tepung yang lolos ayakan 60 mesh diayak kembali menggunakan ayakan 80 mesh, dan tepung yang terjebak di ayakan 80 mesh adalah yang diambil. Secara detail, nilai rendemen glukomanan dan lama waktu proses penepungan diukur sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data hasil pengujian

No.	Parameter Penepungan				
	Massa Input Chip (kg)	Kecepatan Putaran Motor (rpm)	Jarak Mata Hammer (cm)	Rendemen glukomanan (gram)	Waktu Penepungan (s)
1	0,5	2500	0,6	128,5	135
2	0,5	2750	0,8	110,0	126
3	0,5	3000	1,0	118,6	145
4	0,75	2500	0,8	131,7	250
5	0,75	2750	1,0	194,4	258
6	0,75	3000	0,6	207,2	379
7	1	2500	1,0	350,0	211
8	1	2750	0,6	241,0	256
9	1	3000	0,8	282,4	380

*Analysis of variance (ANOVA) for signal to noise ratios (S/N) ratio*

*Analysis of variance (ANOVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki pengaruh*

paling signifikan akibat variasi massa input chip, kecepatan putaran motor, dan jarak mata hammer, serta untuk mempertimbangkan kemungkinan pengaruh faktor lain yang mempengaruhi nilai rendemen glukomanan yang dihasilkan.

Tabel 6. *Analysis Of Variance (ANOVA)* untuk S/N rasio rendemen glukomanan

Variasi	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	Kontribusi
Massa Input <i>Chip</i> (kg)	2	89,074	89,074	44,5372	<b>10,91</b>	0,084	85,36
Kecepatan Motor (rpm)	2	1,115	1,115	0,5575	0,14	0,88	1,07
Jarak Mata <i>Hammer</i> (cm)	2	6,006	6,006	3,0032	0,74	0,576	5,76
Residual Error (%)	2	8,162	8,162	4,0809			7,82
Total	8	104,357					

Tabel 6 menunjukkan hasil analisis varian pada nilai rendemen glukomanan dengan menggunakan nilai F tabel sebesar 5,41. Sejalan dengan penelitian terdahulu, jika nilai F yang diperoleh lebih besar dari 5,41, maka dapat disimpulkan bahwa faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Sebaliknya, jika nilai F yang dihasilkan lebih kecil dari 5,41, maka dapat disimpulkan bahwa faktor tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Nilai signifikan faktor massa input chip adalah 10,91, ini menunjukkan faktor massa input chip memberikan kontribusi secara signifikan terhadap nilai rendemen glukomanan yang dihasilkan. Sedangkan faktor kecepatan putaran motor dan jarak mata hammer tidak memberikan pengaruh signifikan.

Bagaimanapun juga, faktor massa input chip mempunyai kontribusi sebesar 85,36%. Nilai ini jauh lebih besar dibanding dengan faktor kecepatan putaran motor dan jarak mata hammer. Nilai tersebut menjelaskan bahwa pengaruh parameter massa input chip dalam melakukan proses penepungan menggunakan mesin hammer-disc mill sangat penting dan dapat mempengaruhi hasil rendemen penepungan yang dihasilkan. Faktor ini berbanding lurus dengan nilai rendemen glukomanan yang dihasilkan. Jika nilai massa input chip dinaikan mana nilai rendemen glukomanan akan meningkat menjadi lebih besar. Sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 5 bahwa, pada massa input chip 0,5 kg nilai rendemen yang dihasilkan memiliki rata-rata 119 gram. Sedangkan bila massa input chip dinaikan menjadi 0,75 kg, maka nilai rendemen glukomanan yang dihasilkan memiliki rata-rata sebesar 177 gram. Peningkatan ini terjadi karena kandungan glukomanan di dalam chip umbi porang sebanding dengan banyaknya kapasitas produksi.

Peningkatan nilai rendemen glukomanan ini juga dipengaruhi oleh faktor kecepatan putaran motor, dimana kecepatan motor berkorelasi langsung dengan besar tingkat energi kinetik yang diberikan kepada bahan yang ditumbuk atau dihancurkan [11]. Pada kasus ini, kecepatan putaran motor yang lebih tinggi akan

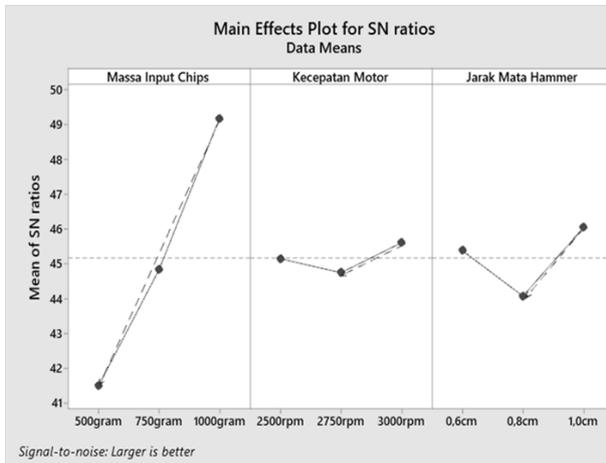
menyebabkan nilai rendemen glukomanan meningkat sehingga dengan kecepatan putaran motor yang lebih tinggi, mata hammer atau mata disc akan memberikan tumbukan yang lebih kuat dan intensif terhadap material, menghasilkan penepungan yang lebih efisien dan cepat.

Faktor kecepatan putaran motor juga berkorelasi dengan langsung dengan pergerakan mata hammer dalam menghancurkan bahan, faktor jarak mata hammer akan mempengaruhi ukuran partikel yang dihasilkan selama proses penepungan. Jarak mata hammer yang terlalu rapat dapat menghambat aliran material yang akan ditepungan, sehingga mengurangi efisiensi penepungan [3]. Pada kasus ini, jarak mata hammer yang lebih longgar akan meningkatkan nilai rendemen glukomanan yang dihasilkan sebagaimana yang ditunjukkan Tabel 5 bahwa, bila jarak mata hammer sebesar 0,6 cm nilai rendemen glukomanan yang dihasilkan memiliki rata-rata 192,2 gram. Sedangkan bila jarak mata hammer dilonggarkan menjadi 1 cm, maka nilai rendemen yang dihasilkan memiliki rata-rata 221,0 gram. Namun, penting untuk dicatat bahwa selain parameter jarak mata hammer, juga perlu mempertimbangkan parameter lainnya seperti massa input chip dan kecepatan putaran motor dalam mencapai hasil penepungan yang optimal.

Dari Tabel 7 signal to noise ratios (S/N) untuk masing-masing respon dapat diketahui bahwa karakteristik kualitas yang digunakan adalah semakin besar nilai rendemen glukomanan maka semakin baik. Hal ini disebut dengan yang paling besar yang lebih baik (the larger is better) [5]. Massa input chip menghasilkan nilai perbedaan yang paling besar antara nilai terendah dan nilai tertinggi. Sehingga dengan demikian disimpulkan bahwa massa input chip, memberikan pengaruh paling besar dibandingkan dengan faktor lainnya. Perbedaan antara nilai terendah dan nilai tertinggi menunjukkan elevasi yang dibentuk oleh garis dengan sumbu horizontalnya. Nilai tertinggi adalah sebesar 7,68 sedangkan nilai faktor yang lain berada di bawah nilai ini (Tabel 7).

Tabel 7. Response Table for Signal to Noise Ratios semakin besar semakin baik rendemen glukomanan

Level	Massa Input Chip (kg)	Kecepatan Putaran Motor (rpm)	Jarak Mata Hammer (cm)
1	0,5	0,75	1
2	2500	2750	3000
3	0,6	0,8	1
Delta	7,68	0,86	1,97
Ranking	1	3	2



Gambar 1. Grafik S/N Rasio Rendemen Glukomanan

Gambar 1 menunjukkan kemiringan garis yang dibentuk oleh masing-masing parameter. Selain itu, juga ditunjukkan parameter dan level yang memberikan hasil yang terbaik untuk menghaasilkan nilai rendemen glukomanan. Analisa grafik menunjukkan bahwa untuk mendapatkan nilai rendemen glukomanan yang optimal adalah menggunakan pemilihan parameter berupa massa input chip pada level 3, kecepatan putaran motor pada level 3, dan jarak mata hammer pada level 3.

Proses penepungan menggunakan massa input chip yang lebih tinggi akan menghasilkan nilai rendemen glukomanan yang lebih besar. Selain itu, faktor kecepatan putaran motor juga memiliki pengaruh penting. Kecepatan putaran motor yang lebih tinggi akan memberikan energi kinetik yang lebih besar pada bahan yang ditumbuk atau dihancurkan, sehingga

meningkatkan daya mesin dalam menghancurkan bahan [9].

Selanjutnya, parameter jarak mata hammer juga memainkan peran penting dalam penepungan. Jarak mata hammer yang optimal akan menghasilkan rendemen glukomanan yang tinggi karena mempengaruhi ukuran partikel dan efisiensi yang dihasilkan selama proses penepungan. Jarak mata hammer yang terlalu rapat dapat menghambat aliran material dan mengurangi efisiensi penepungan [6]. Oleh karena itu, jarak mata hammer yang tidak terlalu rapat akan membantu mengurangi kemacetan dalam ruang penggilingan dan meningkatkan rendemen glukomanan serta efisiensi penepungan. Secara detail keadaan seting parameter mesin hammer-disc mill yang memberikan nilai rendemen glukomanan yang tinggi sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Parameter yang menghasilkan rendemen glukomanan terbaik.

Faktor	Tingkatan Level	Nilai Level
Massa Input Chip (kg)	Level 3	1
Kecepatan Putaran Motor (rpm)	Level 3	3000
Jarak Mata Hammer (cm)	Level 3	1

Hasil rendemen glukomanan yang tinggi diperoleh menggunakan massa input chip 1 kg, kecepatan putaran motor 3000 rpm, dan jarak mata hammer 1 cm. Hal ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan massa input chip, kecepatan putaran motor, dan jarak mata hammer menyebabkan peningkatan tingkat rendemen glukomanan.

Analysis of variance for means

Analysis of variance for Means digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki pengaruh signifikan akibat adanya kombinasi variasi massa input chip, kecepatan putaran motor, dan jarak mata hammer serta kemungkinan adanya pengaruh faktor lain yang mempengaruhi nilai rendemen glukomanan. Pada dasarnya analisa menggunakan pendekatan S/N rasio memiliki prinsip yang sama dengan analisis varian menggunakan nilai rata-rata (means). Secara detail hasil analisis varian untuk nilai rata-rata sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Analysis of variance (ANOVA) for means

Variasi	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	Kontribusi
Massa Input <i>Chip</i> (kg)	2	45920,0	45920,0	22960,0	<b>8,65</b>	0,104	82,87
Kecepatan Motor (rpm)	2	905,2	905,2	452,6	0,17	0,854	1,63
Jarak Mata <i>Hammer</i> (cm)	2	3278,6	3278,6	1639,3	0,62	0,618	5,91
Residual Error (%)	2	5307,6	5307,6	2653,8			9,59
Total	8	55411,5					

Nilai signifikan yang digunakan pada analisa ini adalah sebesar  $F_{Tabel} > 5,41$ . Dari ketiga faktor yang digunakan, hanya faktor massa input *chip* yang memberikan pengaruh signifikan sebesar 8,65 dengan kontribusi 82,87% atau lebih besar dari nilai  $F_{Tabel}$  5,41. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa baik menggunakan *S/N ratio* atau nilai *means*, keduanya memberikan faktor yang paling signifikan adalah faktor massa input *chip*. Bagaimanapun juga, nilai signifikan yang dihasilkan hampir sama, dimana nilai signifikan untuk pendekatan *S/N ratio* adalah sebesar 10,91 % sedangkan untuk pendekatan nilai *means* sebesar 8,65%.

Tabel 10 menunjukkan nilai masing-masing parameter yang memberikan pengaruh terhadap nilai rendemen glukomanan. Faktor massa input *chip* memberikan pengaruh paling besar (*ranking* 1) karena memiliki nilai selisih yang paling besar antara nilai terkecil dan nilai terbesar, dimana nilai selisihnya adalah sebesar 172,1. Kemudian di urutan kedua (*ranking* 2) adalah faktor jarak mata *hammer*, dengan besaran nilai selisih adalah 46,3 dan yang urutan ketiga (*ranking* 3) adalah faktor kecepatan putaran motor, dengan besaran nilai selisih 21,6.

Tabel 10. Peringkat parameter yang berpengaruh signifikan

Level	Massa Input <i>Chip</i> (kg)	Kecepatan Putaran Motor (rpm)	Jarak Mata <i>Hammer</i> (cm)
1	119,0	203,4	192,2
2	177,8	181,8	174,7
3	291,1	202,7	221,0
Delta	172,1	21,6	46,3
Ranking	1	3	2

#### 4. Kesimpulan

*Analysis of variant* (ANOVA) untuk *S/N rasio* diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa massa input *chip* paling berpengaruh signifikan terhadap nilai rendemen glukomanan yang dihasilkan dengan nilai  $F_{Tabel} > 5,41$  yaitu dengan nilai  $F = 10,91$ .

Analisa grafik *signal to noise ratios* (*S/N ratio*) diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa, untuk mendapatkan nilai rendemen glukomanan yang optimal menggunakan massa input *chip* 1 kg, kecepatan putaran motor 3000 rpm, dan jarak mata *hammer* 1 cm. Hal ini disebabkan karena penggunaan massa input *chip* yang besar akan meningkatkan rendemen glukomanan. Peningkatan nilai rendemen glukomanan ini juga dipengaruhi oleh faktor kecepatan putaran motor, dimana kecepatan putaran motor yang lebih tinggi akan menyebabkan nilai rendemen glukomanan meningkat sehingga dengan kecepatan putaran motor yang lebih tinggi, mata *hammer* atau mata *disc* akan memberikan tumbukan yang lebih kuat dan intensif terhadap bahan.

Faktor kecepatan putaran motor juga berkorelasi dengan langsung dengan pergerakan mata *hammer* dalam menghancurkan bahan, faktor jarak mata *hammer* akan mempengaruhi ukuran partikel yang dihasilkan selama proses penepungan. Jarak mata *hammer* yang terlalu rapat dapat menghambat aliran material yang akan ditepungkan, sehingga mengurangi efisiensi penepungan. Jarak mata *hammer* yang lebih longgar akan meningkatkan nilai rendemen glukomanan yang dihasilkan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Chen, H. et al., 2018. Physicochemical properties and bioactivities of konjac glucomannan and its potential applications in medicine and food industry. *Journal of Functional Foods*, 46, 423-431.7.
- [2] Devarasetty, R. Et al., 2020. Optimization of Injection Molding Process Parameters using

- Taguchi Method and ANOVA for Minimizing Warpage. *Journal of Polymer Engineering*, 40(4), 305-314.
- [3] Gustina, R. et al. 2022. Effect of Porang Tuber Chip Thickness (*Amorphophallus oncophyllus* Prain) on Flouring Yield Using a Hammer Mill. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering* 1(2), 120–130.
- [4] Hidayat, A., dan Rahmawati, R. 2018. Analisis Efisiensi dan Kapasitas Mesin Penggilingan Biji Kopi Metode Pneumatik dan Pematangan dengan Variasi Kecepatan Putar Disk Mill. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 7(3), 177-184.].
- [5] Ibrahim, G. dkk. 2019. Optimasi Kepresisian Geometri Ulir Menggunakan Metode Taguchi-Grey Relation Analysis. Universitas Lampung.
- [6] Kurniawan, S., dan Kusnayat, A. 2017. Perancangan Hammer Pada Mesin Hammer Mill Menggunakan Metoda Discrete Element Modelling Untuk Meningkatkan Kehalusan Penggilingan Kulit Kopi. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 3(04), 21.
- [7] Li, X., Wang, J., et al. 2020. "Applications of Konjac Glucomannan in Food, Pharmaceutical, and Health Industries: A Review," *Trends in Food Science & Technology* 105.
- [8] Nugraha, D., dan Harsojo, H. 2018. Peningkatan Kapasitas dan Efisiensi Penepungan Jagung dengan Mesin Penggiling Tipe Disc Mill. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 6(1), 51-57.
- [9] Rangkuti, P. A. dkk. 2012. Uji Performansi Mesin Penepung Tipe Disc (Disc Mill) untuk Penepungan Juwawut (*Setaria italica* (L.) P. Beauvois). *AgriTECH*, 32(1). 9.
- [10] Rahardjo, E., et al. 2018. Optimization of Grinding Parameters in Micro Milling of Al6061 Using Taguchi Method. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 12(2), 3688-3699.
- [11] Yacob, M.R., et al., 2018. Optimization of Disc Milling Parameters for White Tea Leaves. *International Journal of Food Engineering*, 14(2).