

PENGARUH DESAIN PISAU TERHADAP HASIL KERJA MESIN *HAMMER MILL* PENGOLAHAN PAKAN TERNAK Daya 1,5 HP

Maulana Nasir ¹⁾ ✉, Tris Sugiarto ²⁾.

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin,
Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo
Purwokerto
Jl. Semangir N0. 1 Purwokerto 53134
n45irmaulana.166@gmail.com

Abstract

This study examines the effect of blade design on the performance of hammer mills in processing corn grains with a moisture content of <14%. The quality of the production output in terms of particle size 1-3 mm has a percentage of 55-85%, and the percentage of particle size <1 mm is less than the percentage of particle size >3 mm. This study was conducted to determine how variations in blade design, number of blades, and machine rotation speed affect corn kernel processing in terms of particle size, production efficiency, and production capacity. The results of the study indicate that a specific combination of blade design, number of blades, and machine rotation speed can improve the production quality of the hammer mill machine. In this study, optimal results were obtained in the hammer mill machine test with 10 blades of 6 mm thickness at a machine rotation speed of 2,800 rpm, yielding a production efficiency of 98%, a production capacity of 75.79 g/min, and production quality with a percentage of particles of 1-3 mm size at 58.1%, <1 mm size at 18.9%, and >3 mm size of 20.8%. The worst machine performance was observed in the test with 10 blades of 2 mm thickness at a rotational speed of 2,400 rpm, yielding a production efficiency of 98%, a production capacity of 79 g/min, and product quality with a percentage of particles sized 1-3 mm of 43.9%.

Keywords: Efficiency, Hammer, Capacity, Quality, Blades.

1. PENDAHULUAN

Pada industri peternakan, mesin *Hammer mill* merupakan alat yang penting, terutama dalam proses penggilingan jagung bahan pakan ternak. Mesin *hammer mill* ini beroperasi dengan mekanisme yang efisien, di mana bahan-bahan pakan dimasukkan ke dalam mesin dan kemudian digiling melalui tumbukan yang intens dengan palu (*hammer*) yang berputar cepat ^[1, 2, 3]. Mesin *hammer mill* digunakan peternak ayam petelur untuk mencacah biji jagung menjadi butiran kecil. Jagung merupakan komposisi dengan porsi paling banyak dalam ransum yaitu 40 – 50%, dedak padi 5 – 20 %, bungkil kedelai 10 – 25 %, dan sisanya bahan-bahan lain dengan porsi yang sangat sedikit ^[4]. Salah satu peternakan di Kawunganten membutuhkan jagung pakan ternak 72 kg setiap harinya untuk memenuhi kebutuhan pakan ternak dengan populasi 1200 ekor ayam, yang berarti bahwa untuk memenuhi kebutuhan pakan dalam satu minggu, peternak membutuhkan komposisi jagung untuk pakan sebesar 504 kg. Besarnya kebutuhan jagung untuk bahan pakan ternak membuat peternak berinovasi agar kinerja mesin *hammer mill* yang mereka punya dapat lebih dioptimalkan, dan diimbangi kualitas hasil yang lebih baik untuk kebutuhan pakan ternak ayam petelur.

Kinerja mesin *hammer mill* dalam proses penggilingan jagung seringkali menghadapi berbagai masalah. Beberapa diantaranya adalah mesin *hammer mill* memiliki tingkat efisiensi produksi yang rendah, distribusi ukuran partikel hasil yang tidak merata, serta konsumsi energi yang tinggi. Hal ini menyebabkan hasil produksi

yang kurang maksimal, baik dari segi kualitas hasil penggilingan yang dihasilkan maupun pengeluaran biaya operasional yang dibutuhkan.

Hammer mill digunakan sebagai alat giling pada industri pertanian, perumahan, dan peternakan. Penggilingan terjadi karena adanya tumbukan antara bahan yang dimasukan dengan *hammer* yang berputar di dalam *hammer mill* ^[1]. *Hammer mill* berfungsi untuk mengecilkan ukuran bahan melalui tumbukan yang berkelanjutan antara bahan masukan dengan *hammer* yang berputar ^[5, 6]. Prinsip kerja *hammer mill* yaitu proses penumbukan yang dilakukan pisau dinamis yang berputar pada poros secara berulang-ulang sehingga memecah jagung menjadi partikel-partikel yang lebih kecil ^[3]. Pada *hammer mill* terdiri dari pisau dinamis yang dipasangkan pada poros yang berputar yang dibawahnya terdapat saringan yang mengendalikan ukuran partikel maksimum untuk keluar dari ruang penggilingan dari dalam mesin *hammer mill* ^[1].

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa optimasi mesin *hammer mill*, khususnya melalui perubahan desain mata pisau dan saringan, dapat meningkatkan efisiensi penggilingan. Hasil dari salah satu penelitian menunjukkan bahwa pemilihan layar dengan ukuran yang tepat dan desain palu yang optimal dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi penggilingan dan mengurangi konsumsi energi ^[7]. Kemudian hasil uji dari penelitian lain menunjukkan bahwa mesin *hammer mill* yang dikembangkan mampu menggiling jagung dengan kapasitas yang cukup besar dan menghasilkan partikel jagung yang seragam, sesuai dengan kebutuhan pakan ^[8]. Penelitian lain juga menyimpulkan dalam penelitiannya bahwa pengujian menunjukkan mesin *hammer mill* yang dirancang mampu menghasilkan penggilingan dengan kapasitas tinggi dan distribusi ukuran partikel yang diinginkan, sambil mempertahankan efisiensi energi yang baik ^[9]. Dalam pengujian mesin *hammer mill* pencacah kulit kerang menunjukkan bahwa dimensi ujung pemukul memiliki dampak signifikan terhadap hasil akhir. Pemukul dengan dimensi tertentu mampu meningkatkan efektivitas penggilingan, menghasilkan partikel kulit kerang yang lebih halus, dan meningkatkan efisiensi operasional mesin ^[10]. Kemudian dalam penelitian lain mengenai perancangan mesin *hammer mill* menghasilkan mesin pemecah biji jagung dengan sistem *hammer mill* berkapasitas 44,04 Kg/jam pada putaran mesin 3000 rpm dengan daya 5HP dan efisiensi pemecahan 73,4% ^[11].

Mesin *hammer mill* yang digunakan pada peternakan Lana Farm merupakan mesin *hammer mill* dengan jenis mata pisau *hammer swing* ^[12] dengan ketebalan 2 mm berjumlah 10 buah mata pisau. Mesin ini dapat menghasilkan produksi sebesar 79 gr/s dengan tingkat efisiensi 98 % dan persentase kualitas hasil penggilingan jagung dengan ukuran bulir 1-3 mm hanya 53%. Untuk memenuhi kebutuhan pakan pada peternakan Lana Farm, hasil produksi mesin ini dinilai kurang optimal karena kualitas hasil penggilingan yang kurang efisien untuk memenuhi kebutuhan pakan pada peternakan Lana Farm. Efisiensi dalam produksi merupakan perbandingan antara output dan input, berkaitan dengan tercapainya output maksimum dengan sejumlah input ^[13]. Jika rasio output besar maka efisiensi dikatakan semakin tinggi. Untuk mengukur tingkat efisiensi, diperlukan informasi mengenai estimasi input yang digunakan dan estimasi output yang dihasilkan, kemudian membandingkan antara input dan output tersebut ^[14].

2. METODE DAN BAHAN

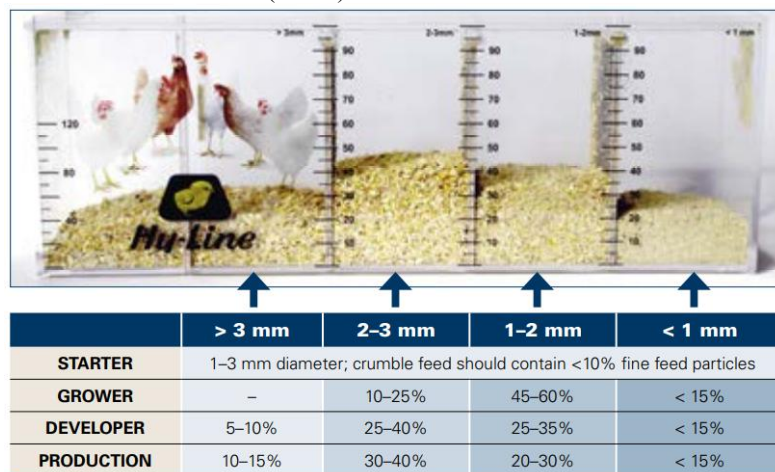
Penelitian ini menggunakan metode *experimental*. Dimana metode ini dilakukan dengan cara melakukan pengamatan secara langsung dalam mencari data sebab dan akibat dalam suatu proses melalui eksperimen. Sehingga dapat menganalisa pengaruh perubahan desain mata pisau *hammer mill* pada pengolahan biji jagung untuk pakan ternak. Mesin *hammer mill* yang akan digunakan untuk pengujian perlu dipersiapkan dengan baik untuk mengurangi tingkat variabilitas yang ditimbulkan pada saat pengujian berlangsung. Ada beberapa parameter yang akan digunakan untuk mengetahui hasil kinerja dari mesin *hammer mill* pada penelitian ini, antara lain efisiensi produksi, kapasitas produksi, dan kualitas hasil produksi ^[15]. Efisiensi produksi dapat diketahui dengan cara mengukur tingkat efisiensi, diperlukan informasi mengenai estimasi input yang digunakan dan estimasi output yang dihasilkan, kemudian membandingkan antara input dan output tersebut ^[14, 16]. Sedangkan untuk kapasitas produksi dapat diketahui dengan cara mengukur output yang dihasilkan kemudian membandingkan dengan waktu yang dibutuhkan dalam satu proses produksi. Untuk menentukan kualitas hasil produksi yang baik, perlu disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan. Berikut merupakan

mesin *hammer mill* dengan daya 1,5 HP yang digunakan dalam pengujian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin *Hammer Mill*

Ukuran partikel pakan dalam ransum berperan penting dalam mengatur asupan pakan unggas. Ukuran partikel pakan yang optimal meningkat seiring bertambahnya usia, seiring dengan perkembangan paruh, ampela, dan saluran pencernaan ^[17]. Ayam petelur lebih menyukai partikel yang lebih besar, dan preferensi ini semakin kuat seiring bertambahnya usia. Selama enam minggu pertama, ransum starter umumnya diberikan dalam bentuk crumble, yang dibuat dengan memecah pelet yang terdiri dari partikel-partikel halus menjadi crumble berukuran 1–3 mm ^[17]. Setelah pakan starter, pakan mash (tepung) bertekstur baik lebih disukai. Hal ini memastikan perkembangan saluran pencernaan yang baik. Ditunjukkan pada Gambar 2, pakan mash (tepung) bertekstur baik memiliki 55–85% partikel pakan berdiameter antara 1 dan 3 mm, dengan perkiraan Diameter Rata-Rata Geometris (GMD) 1200 mikro ^[17].



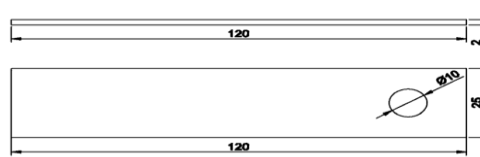
Gambar 2. Partikel Pakan Optimal ^[17]

Untuk menghasilkan kualitas pakan yang baik, maka perlu diperhatikan pula kualitas bahan pakan yang digunakan. Jagung sebagai komposisi dengan porsi paling banyak dalam ransum yaitu 40 – 50%, dedak padi 5 – 20 %, bungkil kedelai 10 – 25 %, dan sisanya bahan-bahan lain dengan porsi yang sangat sedikit ^[4]. Jagung harus memiliki kadar air dibawah 14%, kadar air yang lebih dari 14% menyebabkan jagung mudah terkontaminasi jamur dan mikotoksin. Selain mencemari pakan secara tunggal, beberapa jenis mikotoksin bisa secara bersamaan mencemari pakan ^[18]. Efek dan bahaya yang ditimbulkan menjadi lebih parah dibandingkan dengan hanya satu jenis mikotoksin yang bekerja di dalam tubuh ayam ^[18].

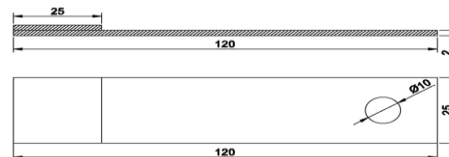
2.1. Bahan Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada pengaruh dari perubahan desain pisau, jumlah pisau dan kecepatan putaran mesin terhadap hasil kerja dari mesin *hammer mill*. Bahan yang digunakan pada pembuatan mata pisau pada penelitian ini adalah besi plat strip dengan ketebalan 2 mm dengan lebar 25 mm. Sedangkan bahan pakan yang digunakan pada

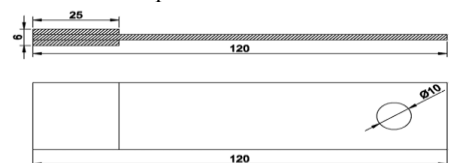
pengujian mesin adalah biji jagung dengan kandungan kadar air <14% sesuai dengan batas standar nasional untuk pengolahan pakan ternak ayam petelur. Berikut ini merupakan desain pisau yang akan diuji :



Gambar 3. Desain Mata Pisau 2 mm



Gambar 4. Desain mata pisau 4 mm



Gambar 5. Desain mata pisau 6 mm

Dari gambar desain di atas diketahui bahwa spesifikasi pisau yang akan diuji memiliki panjang yang sama yaitu 120 mm, dengan lebar 25 mm. Sementara untuk ketebalan pisau terdapat 3 variasi yaitu 2 mm, 4 mm, dan 6 mm. Kemudian dari gambar desain pisau tersebut divariasikan ke dalam jumlah pisau dan kecepatan putar mesin sehingga akan menghasilkan total variasi pengujian yang akan dilakukan yaitu sebanyak 27 variasi. Kemudian setiap variasi percobaan akan dilakukan sebanyak 3 kali pengujian mesin *hammer mill*.

Penambahan ketebalan pada pisau dilakukan dengan cara menambah lapisan pada sisi pisau dengan cara pengelasan SMAW menggunakan plat strip dengan tebal 2 mm dengan panjang 25 mm dan lebar 25 mm. Pengelasan SMAW sendiri merupakan proses penyambung dua komponen atau lebih yang berbahan logam, dan lain-lain, dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan benda kerja yang ingin disambung^[19, 20, 21]. Pengelasan dilakukan pada sisi pisau *hammer* dan ujung pisau untuk mencegah partikel biji jagung terselip pada pisau.

3. HASIL DAN DISKUSI

Pengujian mesin dilakukan sebagai pembandingan untuk menentukan seberapa besar perubahan kinerja mesin setelah dilakukan pengujian menggunakan variabel yang telah ditentukan. Dari pengujian awal didapatkan persentase efisiensi produksi mesin *hammer mill* sebesar 98% dengan kapasitas produksi sebesar kurang lebih 79 gr/det, Sedangkan untuk kualitas hasilnya sebesar 53%. Parameter pengujian mesin *hammer mill* pada penelitian ini meliputi efisiensi produksi, kapasitas produksi dan kualitas hasil produksi.

3.1 Efisiensi Produksi

Pengujian efisiensi produksi dilakukan dengan cara menghitung persentase bahan uji yaitu biji jagung yang berhasil tergiling dan keluar melalui lubang output mesin *hammer mill*. Selain menghitung persentase efisiensi produksi, peneliti juga menghitung konsumsi energi listrik yang dihasilkan pada saat proses produksi untuk mengetahui seberapa besar konsumsi energi listrik rata-rata guna menentukan biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi jagung giling setiap jamnya.

1. Mesin *Hammer Mill* 6 pisau

Pada pengujian mesin *hammer mill* 6 pisau menggunakan input bahan sebesar 5000 gram dengan kadar air 13,5%.

Tabel 1. Hasil penggilingan jagung mesin *hammer mill* 6 pisau.

Pengujian Efisiensi Produksi 6 Pisau Hammer				
Ketebalan pisau	Input (gr)	Output (gr)		
		2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	5.000	4.926	4.888	4.884
	5.000	4.894	4.912	4.884
	5.000	4.838	4.896	4.892
4 mm	5.000	4.878	4.882	4.872
	5.000	4.854	4.830	4.866
	5.000	4.802	4.894	4.850
6 mm	5.000	4.818	4.872	4.856
	5.000	4.892	4.876	4.864
	5.000	4.844	4.902	4.834

Pada pengujian 6 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm.. Input yang digunakan sebesar 5.000 gram dengan hasil pengujian didapatkan output sebesar 4.926 gram. Kemudian ditentukan berat bahan hilang pada proses pengujian dengan cara mengurangi input dengan output hasil penggilingan.

$$PBH = \frac{BBH}{BBM} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$\begin{aligned} BBH &= 5.000 \text{ gr} - 4.926 \text{ gr} \\ &= 74 \text{ gr} \end{aligned}$$

Maka :

$$PBH = \frac{74}{5.000} \times 100\% = 1,48 \%$$

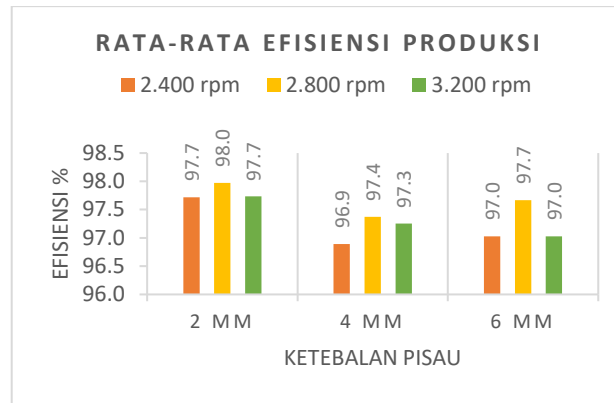
Sehingga :

$$EP = 100\% - 1,48\% = \mathbf{98,52 \%$$

Tabel 2. Hasil perhitungan efisiensi produksi mesin *hammer mill* 6 pisau.

Pengujian Efisiensi Produksi			
Ketebalan pisau	Efisiensi (%)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	98,5	97,8	97,7
	97,9	98,2	97,7
	96,8	97,9	97,8
rata-rata	97,7	98,0	97,7
4 mm	97,6	97,6	97,4
	97,1	96,6	97,3
	96,0	97,9	97,0
rata-rata	96,9	97,4	97,2
6 mm	96,4	97,4	97,1
	97,8	97,5	97,3
	96,9	98,0	96,7
rata-rata	97,0	97,6	97,0

Dari data pada tabel di atas dapat ditentukan nilai rata-rata tertinggi dari pengujian mesin *hammer mill* dengan 6 pisau hammer dengan hasil tertinggi terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* menggunakan 6 pisau ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.800 rpm dengan hasil efisiensi produksi sebesar 98%. Sedangkan nilai rata-rata efisiensi produksi terendah terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 6 pisau ketebalan 4 mm pada kecepatan 2.400 rpm dengan nilai efisiensi 96,9%.



Gambar 6. Grafik rata-rata efisiensi produksi 6 pisau *hammer*

Dalam menentukan efisiensi produksi perlu mempertimbangkan konsumsi energi yang digunakan untuk mengoperasikan sebuah alat produksinya, maka peneliti mengukur arus listrik yang digunakan pada motor penggerak dalam melakukan satu proses produksi, perlu dihitung juga waktu yang digunakan mesin untuk menyelesaikan satu proses produksi penggilingan jagung untuk menentukan besar konsumsi energi dalam satu proses produksi ^[22]. Data dari pengujian 6 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm. Diketahui bahwa pada saat proses penggilingan jagung dilakukan, alat ukur arus listrik terukur pada 4,048 ampere dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu proses produksi adalah 104 detik, maka dapat dihitung daya yang dibutuhkan mesin untuk melakukan proses produksi.

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \dots\dots\dots (2) \\
 &= 220 \text{ volt} \times 4,048 \text{ Ampere} \\
 &= 890,56 \text{ Watt} \\
 &= 0,890 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 W &= P \times t \dots\dots\dots (3) \\
 &= 0,890 \text{ kW} \times (104 \text{ s}/60) \\
 &= 1,54 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Hasil pengukuran arus listrik mesin *hammer mill* 6 pisau.

Pengujian Konsumsi Energi Listrik			
Ketebalan pisau	Ampere (A)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	4,048	4,684	4,801
	4,145	4,571	5,534
	4,136	4,457	4,378
4 mm	4,392	5,815	6,370
	4,278	5,514	6,200
	4,082	5,284	5,690
6 mm	4,429	5,835	5,605
	5,477	5,347	5,531
	4,733	5,219	5,227

Tabel 4. Hasil pengukuran waktu produksi mesin *hammer mill* 6 pisau.

Pengukuran waktu produksi			
Ketebalan pisau	Waktu (detik)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	104	72	88
	94	83	85
	94	83	88
4 mm	93	60	60
	88	67	60
	95	76	69
6 mm	79	63	67
	65	65	69
	70	64	69

Sehingga dalam satu proses penggilingan jagung menggunakan mesin *hammer mill* 6 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm menghasilkan konsumsi energi listrik sebesar 1,54 kWh.

Tabel 5. Hasil perhitungan konsumsi energi pada mesin *hammer mill* 6 pisau

Pengukuran energi listrik yang digunakan			
Ketebalan pisau	Energi Listrik (kWh)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	1,544	1,237	1,549
	1,429	1,391	1,725
	1,426	1,356	1,413
rata-rata	1,466	1,328	1,562
4 mm	1,498	1,279	1,401
	1,380	1,355	1,364
	1,422	1,472	1,440
rata-rata	1,433	1,369	1,402
6 mm	1,283	1,348	1,377
	1,305	1,274	1,399
	1,215	1,225	1,322
rata-rata	1,268	1,282	1,366

Hasil pengukuran penggunaan energi listrik yang paling rendah terdapat pada pengujian pisau dengan ketebalan 6 mm pada kecepatan putar 2400 rpm dengan nilai konsumsi energi sebesar 1,268 kWh. Sedangkan nilai konsumsi energi tertinggi terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 6 pisau ketebalan 2 mm pada kecepatan 3.200 rpm sebesar 1,562 kWh

2. Mesin *hammer mill* 8 pisau.

Pengujian efisiensi produksi pada mesin *hammer mill* 8 pisau sama dengan pengujian sebelumnya dengan menghitung berat bahan hilang untuk menentukan persentase dari efisiensi produksi mesin yang diuji.

Tabel 6. Hasil output penggilingan jagung mesin *hammer mill* 8 pisau.

Pengujian Efisiensi Produksi 6 Pisau Hammer				
Ketebalan pisau	Input (gr)	Output (gr)		
		2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	5.000	4.896	4.878	4.870
	5.000	4.876	4.880	4.846
	5.000	4.866	4.884	4.884
4 mm	5.000	4.856	4.894	4.850
	5.000	4.910	4.882	4.848
	5.000	4.910	4.874	4.872
6 mm	5.000	4.886	4.886	4.794
	5.000	4.890	4.858	4.820
	5.000	4.868	4.836	4.840

Pada pengujian mesin *hammer mill* 8 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm, dimana diketahui bahwa output yang dihasilkan sebesar 4.896 gram dari inputnya 5.000 gram.

$$PBH = \frac{BBH}{BBM} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$\begin{aligned} BBH &= 5.000 \text{ gr} - 4.896 \text{ gr} \\ &= 104 \text{ gr} \end{aligned}$$

Maka :

$$PBH = \frac{104}{5.000} \times 100\% = 2.08 \%$$

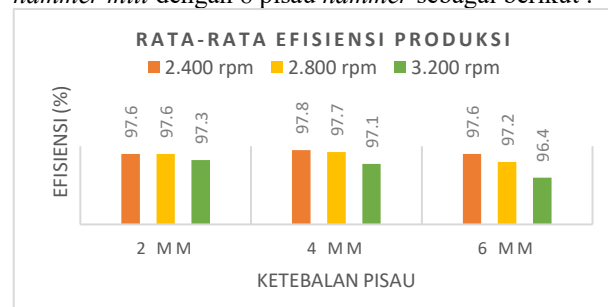
Sehingga :

$$EP = 100\% - 2.08\% = 97,92 \%$$

Tabel 7. Hasil perhitungan efisiensi produksi mesin *hammer mill* 8 pisau

Pengujian Efisiensi Produksi			
Ketebalan pisau	Efisiensi (%)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	97,9	97,6	97,4
	97,5	97,6	96,9
	97,3	97,7	97,7
rata-rata	97,6	97,6	97,3
4 mm	97,1	97,9	97,0
	98,2	97,6	97,0
	98,2	97,5	97,4
rata-rata	97,8	97,7	97,1
6 mm	97,7	97,7	95,9
	97,8	97,2	96,4
	97,4	96,7	96,8
rata-rata	97,6	97,2	96,4

Dari data pada tabel di atas dapat ditentukan nilai rata-rata tertinggi dari pengujian mesin *hammer mill* dengan 8 pisau *hammer* sebagai berikut :

**Gambar 7.** Grafik rata-rata efisiensi produksi 8 pisau *hammer*

Pada gambar grafik di atas disimpulkan bahwa pada pengujian mesin *hammer mill* 8 pisau semakin tinggi kecepatan putar mesin maka akan menurunkan nilai efisiensi produksinya. Pengujian mesin *hammer mill* 8 pisau dengan ketebalan 4 mm pada kecepatan putar 2.800 rpm merupakan hasil tertinggi dari pengujian efisiensi mesin *hammer mill* 8 pisau yaitu efisiensi produksi sebesar 97,8 %. Kemudian untuk efisiensi terendah terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 8 pisau ketebalan 6 mm pada kecepatan 3.200 rpm sebesar 96,4%.

Tabel 8. Hasil pengukuran arus listrik mesin *hammer mill* 8 pisau.

Pengujian Konsumsi Energi Listrik			
Ketebalan pisau	Ampere (A)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	5,696	5,426	6,090
	5,119	5,040	6,620
	4,781	5,401	6,460
4 mm	4,293	5,435	5,287
	4,503	6,040	5,381
	4,915	5,222	5,747
6 mm	4,652	5,594	5,523
	4,216	5,155	5,545
	4,835	5,048	5,659

Tabel 9. Hasil pengukuran waktu produksi mesin *hammer mill* 8 pisau.

Pengukuran waktu produksi			
Ketebalan pisau	Waktu (detik)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	61	67	68
	63	78	66
	65	66	70
4 mm	69	65	69
	69	66	67
	66	69	68
6 mm	64	66	67
	67	66	73
	65	66	73

Data dari pengujian 8 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm. Diketahui bahwa pada saat proses penggilingan jagung dilakukan, alat ukur arus listrik terukur pada 5,696 ampere dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu proses produksi adalah 61 detik, maka dapat dihitung daya yang dibutuhkan mesin untuk melakukan proses produksi.

$$\begin{aligned} P &= V \times I \dots\dots\dots (2) \\ &= 220 \text{ volt} \times 5,696 \text{ Ampere} \\ &= 1.253,12 \text{ Watt} \\ &= 1,253 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} W &= P \times t \dots\dots\dots (3) \\ &= 1,253 \text{ kW} \times (61 \text{ s}/60) \\ &= \mathbf{1,274 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

Tabel 10. Hasil perhitungan konsumsi energi pada mesin *hammer mill* 8 pisau.

Pengukuran energi listrik yang digunakan			
Ketebalan pisau	Energi Listrik (kWh)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	1,274	1,333	1,518
	1,182	1,441	1,602
	1,139	1,307	1,658
rata-rata	1,198	1,360	1,593
4 mm	1,086	1,295	1,338
	1,139	1,462	1,322
	1,189	1,321	1,433
rata-rata	1,138	1,359	1,364
6 mm	1,092	1,354	1,357
	1,036	1,248	1,484
	1,152	1,222	1,515
rata-rata	1,093	1,275	1,452

Hasil pengukuran konsumsi energi listrik yang digunakan pada mesin *hammer mill* 8 pisau rata-rata paling kecil terdapat pada pengujian 8 pisau 6 mm pada kecepatan putar 2400 rpm sebesar 1,093 kWh. Sedangkan rata-rata konsumsi energi listrik terbesar terdapat pada pengujian menggunakan 8 pisau dengan ketebalan pisau 2 mm pada kecepatan putar 3.200 rpm dengan rata-rata konsumsi energi listrik sebesar 1,593 kWh.

3. Mesin *hammer mill* 10 pisau

Pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau masih menggunakan metode pengujian efisiensi yang sama yaitu dengan membandingkan jumlah output dengan input bahan.

Tabel 11. Hasil output penggilingan jagung mesin *hammer mill* 10 pisau.

Pengujian Efisiensi Produksi 6 Pisau Hammer				
Ketebalan pisau	Input (gr)	Output (gr)		
		2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	5.000	4.920	4.910	4.868
	5.000	4.918	4.910	4.884
	5.000	4.912	4.920	4.896
4 mm	5.000	4.908	4.880	4.842
	5.000	4.918	4.902	4.850
	5.000	4.924	4.890	4.860
6 mm	5.000	4.854	4.880	4.848
	5.000	4.890	4.900	4.892
	5.000	4.870	4.900	4.844

Contoh perhitungan efisiensi produksi pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm, dimana diketahui bahwa output yang dihasilkan sebesar 4.920 gram dari inputnya 5.000 gram.

$$PBH = \frac{BBH}{BBM} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$\begin{aligned} BBH &= 5.000 \text{ gr} - 4.920 \text{ gr} \\ &= 80 \text{ gr} \end{aligned}$$

Maka :

$$PBH = \frac{80}{5.000} \times 100\% = 1,6\%$$

Sehingga :

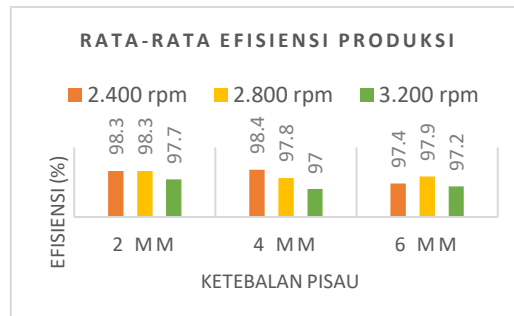
$$EP = 100\% - 1,6\% = 98,4\%$$

Dari hasil perhitungan efisiensi pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm diketahui bahwa efisiensi produksi yang dihasilkan oleh mesin ini sebesar 98,4%. Kemudian data hasil penghitungan dari percobaan lainnya dimasukkan ke dalam tabel untuk menghitung nilai rata-rata dari setiap jenis ketebalan pisau dan kecepatan putar mesin *hammer mill*.

Tabel 12. Hasil perhitungan efisiensi produksi mesin *hammer mill* 10 pisau.

Pengujian Efisiensi Produksi			
Ketebalan pisau	Efisiensi (%)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	98,4	98,2	97,4
	98,4	98,2	97,7
	98,2	98,4	97,9
rata-rata	98,3	98,3	97,7
4 mm	98,2	97,6	96,8
	98,4	98,0	97,0
	98,5	97,8	97,2
rata-rata	98,4	97,8	97,0
6 mm	97,1	97,6	97,0
	97,8	98,0	97,8
	97,4	98,0	96,9
rata-rata	97,4	97,9	97,2

Dari data pada tabel di atas dapat ditentukan nilai rata-rata tertinggi dari pengujian mesin *hammer mill* dengan 10 pisau terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* dengan ketebalan pisau 4 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm. Sedangkan rata-rata efisiensi terendah terdapat pada pengujian mesin 10 pisau ketebalan 4 mm pada kecepatan putar 3.200 rpm dengan nilai 97%.



Gambar 8. Grafik rata-rata efisiensi produksi 10 pisau *hammer*

Dari gambar grafik rata-rata efisiensi produksi disimpulkan sama seperti pengujian sebelumnya, yaitu semakin bertambah kecepatan putar mesin akan menurunkan nilai efisiensi produksinya.

Tabel 13. Hasil pengukuran arus listrik mesin *hammer mill* 10 pisau.

Pengujian Konsumsi Energi Listrik			
Ketebalan pisau	Ampere (A)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	5,648	6,010	5,571
	5,315	5,571	5,602
	5,258	5,332	5,594
4 mm	5,057	6,071	6,780
	6,400	5,259	6,810
	6,160	6,220	5,736
6 mm	5,310	6,310	7,090
	5,500	6,170	7,150
	5,335	6,060	6,880

Tabel 14. Hasil pengukuran waktu produksi mesin *hammer mill* 10 pisau.

Pengukuran waktu produksi			
Ketebalan pisau	Waktu (detik)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	62	63	68
	63	62	65
	63	63	64
4 mm	78	68	67
	75	66	68
	68	66	69
6 mm	68	67	73
	63	67	69
	66	64	70

Contoh perhitungan menggunakan data dari pengujian 10 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm. Diketahui bahwa pada saat proses penggilingan jagung dilakukan, alat ukur arus listrik terukur pada 5,648 ampere dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu proses produksi adalah 62 detik, maka dapat dihitung daya yang dibutuhkan mesin untuk melakukan proses produksi.

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \dots\dots\dots (2) \\
 &= 220 \text{ volt} \times 5,648 \text{ Ampere} \\
 &= 1.242,56 \text{ Watt} \\
 &= 1,242 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 W &= P \times t \dots\dots\dots (3) \\
 &= 1,242 \text{ kW} \times (62 \text{ s}/60) \\
 &= \mathbf{1,283 \text{ kWh}}
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui konsumsi energi pada mesin *hammer mill* 10 pisau dengan tebal 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm sebesar 1,28 kWh. Untuk pengujian lainnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 15. Hasil perhitungan konsumsi energi pada mesin *hammer mill* 10 pisau.

Pengukuran energi listrik yang digunakan			
Ketebalan pisau	Energi Listrik (kWh)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	1,284	1,388	1,389
	1,228	1,266	1,335
	1,215	1,232	1,313
rata-rata	1,242	1,295	1,346
4 mm	1,446	1,514	1,666
	1,760	1,273	1,698
	1,536	1,505	1,451
rata-rata	1,581	1,431	1,605
6 mm	1,324	1,550	1,898
	1,271	1,516	1,809
	1,291	1,422	1,766
rata-rata	1,295	1,496	1,824

Hasil pengukuran konsumsi energi listrik paling rendah terdapat pada pengujian 10 pisau 2 mm pada kecepatan putar 2400 rpm sebesar 1,242 kWh. Sedangkan hasil pengukuran konsumsi energi yang tertinggi terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau ketebalan 6 mm pada kecepatan putar mesin 3.200 rpm dengan nilai konsumsi energi sebesar 1,824 kWh.

3.2 Kapasitas Produksi

Pengujian kapasitas produksi dilakukan dengan cara menghitung perbandingan antara berat bahan masuk dengan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penggilingan dalam satu proses produksi.

1. Pengujian mesin *hammer mill* dengan jumlah 6 pisau.

Pada pengujian kapasitas produksi diperlukan data berat bahan masuk dan waktu yang diperlukan mesin untuk menyelesaikan satu proses produksi. Waktu produksi sudah diketahui pada tabel pengujian mesin 6 pisau *hammer*. Diketahui dari data tabel pada pengujian mesin 6 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm waktu

yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu produksi adalah 104 detik, Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$KP = \frac{BBM}{t} \dots\dots\dots (4)$$

$$KP = \frac{5.000 \text{ gram}}{104 \text{ detik}} = 48,08 \text{ gr/s}$$

Tabel 16. Hasil perhitungan kapasitas produksi 6 pisau *hammer*

Hasil Penghitungan Kapasitas Produksi			
Ketebalan pisau	Kapasitas (gr/s)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	48,08	69,44	56,82
	53,19	60,24	58,82
	53,19	60,24	56,82
rata-rata	51,49	63,31	57,49
4 mm	53,76	83,33	83,33
	56,82	74,63	83,33
	52,63	65,79	72,46
rata-rata	54,40	74,58	79,71
6 mm	63,29	79,37	74,63
	76,92	76,92	72,46
	71,43	78,13	72,46
rata-rata	70,55	78,14	73,19

Dari tabel di atas pengujian kapasitas produksi 6 pisau *hammer* tebal 4 mm pada kecepatan putar 3.200 rpm dengan nilai rata-rata kapasitas produksi mencapai 79,710 gram/detik. Sedangkan untuk kapasitas produksi terendahnya terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 6 pisau ketebalan 2 mm pada kecepatan 2.400 rpm dengan nilai 51,49 gram/detik.

2. Pengujian mesin *hammer mill* dengan jumlah 8 pisau

Data waktu produksi mesin 8 pisau sudah diketahui pada tabel pengujian mesin 8 pisau *hammer*. Diketahui dari data tabel pada pengujian mesin 8 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu produksi adalah 61 detik, Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$KP = \frac{BBM}{t} \dots\dots\dots (4)$$

$$KP = \frac{5.000 \text{ gram}}{61 \text{ detik}} = 81,97 \text{ gr/s}$$

Maka kapasitas produksi dari mesin 8 pisau dengan tebal pisau 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm adalah 81,97 gr/s.

Tabel 17. Hasil perhitungan kapasitas produksi 8 pisau *hammer*

Hasil Penghitungan Kapasitas Produksi			
Ketebalan pisau	Kapasitas (gr/s)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	81,97	74,63	73,53
	79,37	64,10	75,76
	76,92	75,76	71,43
rata-rata	79,42	71,50	73,57
4 mm	72,46	76,92	72,46
	72,46	75,76	74,63
	75,76	72,46	73,53
rata-rata	73,56	75,05	73,54
6 mm	78,13	75,76	74,63
	74,63	75,76	68,49
	76,92	75,76	68,49
rata-rata	76,56	75,76	70,54

Dari tabel diatas pengujian kapasitas produksi 8 pisau *hammer* tebal 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm dengan nilai rata-rata kapasitas produksi mencapai 79,42 gram/detik. Dan hasil terendah terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 8 pisau ketebalan 6 mm pada kecepatan putar 3.200 rpm.

3. Pengujian mesin *hammer mill* dengan jumlah 10 pisau.

Data waktu produksi mesin 10 pisau sudah diketahui pada tabel pengujian mesin 10 pisau *hammer*. Diketahui dari data tabel pada pengujian mesin 10 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu produksi adalah 62 detik, Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$KP = \frac{BBM}{t} \dots\dots\dots (4)$$

$$KP = \frac{5.000 \text{ gram}}{62 \text{ detik}} = 80,65 \text{ gr/s}$$

Maka kapasitas produksi dari mesin 10 pisau dengan tebal pisau 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm adalah 80,65 gr/s.

Tabel 18. Hasil perhitungan kapasitas produksi 10 pisau *hammer*

Hasil Penghitungan Kapasitas Produksi			
Ketebalan pisau	Kapasitas (gr/s)		
	2400 rpm	2800 rpm	3200 rpm
2 mm	80,65	79,37	73,53
	79,37	80,65	76,92
	79,37	79,37	78,13
rata-rata	79,79	79,79	76,19
4 mm	64,10	73,53	74,63
	66,67	75,76	73,53
	73,53	75,76	72,46
rata-rata	68,10	75,02	73,54
6 mm	73,53	74,63	68,49
	79,37	74,63	72,46
	75,76	78,13	71,43
rata-rata	76,22	75,79	70,80

Dari tabel diatas pengujian kapasitas produksi 10 pisau *hammer* tebal 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm dengan nilai rata-rata kapasitas produksi mencapai 79,79 gram/detik. Sementara untuk nilai terendah terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau ketebalan 4 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm dengan kapasitas 68,1 gram/detik.

3.3 Kualitas Hasil Produksi

Pengujian kualitas hasil dihitung berdasarkan persentase dari setiap ukuran butiran jagung dari total output yang dihasilkan pada satu proses produksi. Penentuan kualitas hasil produksi yang baik akan mengikuti panduan standar ukuran pakan optimal dari *Hy-Line International*^[17].

1. Pengujian mesin *hammer mill* dengan jumlah 6 pisau.

Pada pengujian kualitas hasil produksi dilakukan dengan proses penyaringan dari hasil output yang dibagi menjadi 4 ukuran yaitu <1 mm, 1-2 mm, 2-3 mm, dan >3 mm kemudian setiap berat butir jagung dari masing ukuran dibagi dengan berat bahan masuk. Hasil perhitungan dari setiap ukuran butir jagung akan ditentukan persentasenya, kemudian penentuan kualitas hasil produksi ditentukan dari butir jagung dengan ukuran 1-3 mm yang paling tinggi namun harus diimbangi dengan persentase butir jagung dengan ukuran <1 mm lebih sedikit dibandingkan dengan butir jagung dengan ukuran >3 mm. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan tiga ukuran saringan yang memiliki ukuran 1 mm, 2 mm dan 3 mm. Berikut ini merupakan data hasil pengayakan pada hasil output penggilingan jagung :

Tabel 19. Pengayakan hasil output produksi mesin *hammer mill* 6 pisau

Pengujian Kualitas Hasil Produksi												
Ketebalan pisau	Berat Bahan Keluar Tiap Ukuran (kg)											
	2400 rpm				2800 rpm				3200 rpm			
	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm
2 mm	0,84	1,24	1,12	1,73	0,87	1,30	1,16	1,56	1,16	1,75	1,11	0,86
	0,80	1,20	1,09	1,81	0,95	1,38	1,14	1,44	1,09	1,61	1,13	1,05
	0,77	1,14	1,05	1,88	0,93	1,33	1,12	1,53	1,04	1,57	1,11	1,17
4 mm	0,82	1,14	1,09	1,83	0,91	1,32	1,24	1,42	1,16	1,75	1,11	0,85
	0,86	1,20	1,15	1,64	0,91	1,27	1,21	1,45	1,09	1,60	1,13	1,05
	0,79	1,10	1,11	1,80	0,96	1,36	1,21	1,36	1,04	1,57	1,11	1,13
6 mm	0,82	1,18	1,12	1,70	0,90	1,42	1,19	1,36	1,16	1,39	1,11	1,20
	0,78	1,10	1,10	1,91	1,01	1,59	1,23	1,04	1,16	1,43	1,13	1,14
	0,75	1,08	1,08	1,93	0,98	1,50	1,21	1,21	1,18	1,38	1,20	1,08

Dari tabel di atas dapat ditentukan persentase dari setiap ukuran butir jagung dengan persamaan perhitungan pada pisau dengan tebal 2 mm kecepatan putar 2.400 rpm menghasilkan butir jagung dengan ukuran <1 mm sebesar 0,84 kg, 1-2 mm sebesar 1,24 kg, 2-3 mm sebesar 1,12 kg, dan >3 mm sebesar 1,73 kg.

Maka untuk persentase ukuran butir <1 mm :

$$PKH = \frac{BBJ}{BBM} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

$$PKH = \frac{0,84}{5} \times 100\% = 16,8\%$$

Persentase ukuran butir 1-2 mm:

$$PKH = \frac{1,24}{5} \times 100\% = 24,8\%$$

Persentase ukuran butir 2-3 mm :

$$PKH = \frac{1,12}{5} \times 100\% = 22,4\%$$

Persentase ukuran butir >3 mm :

$$PKH = \frac{1,73}{5} \times 100\% = 34,6\%$$

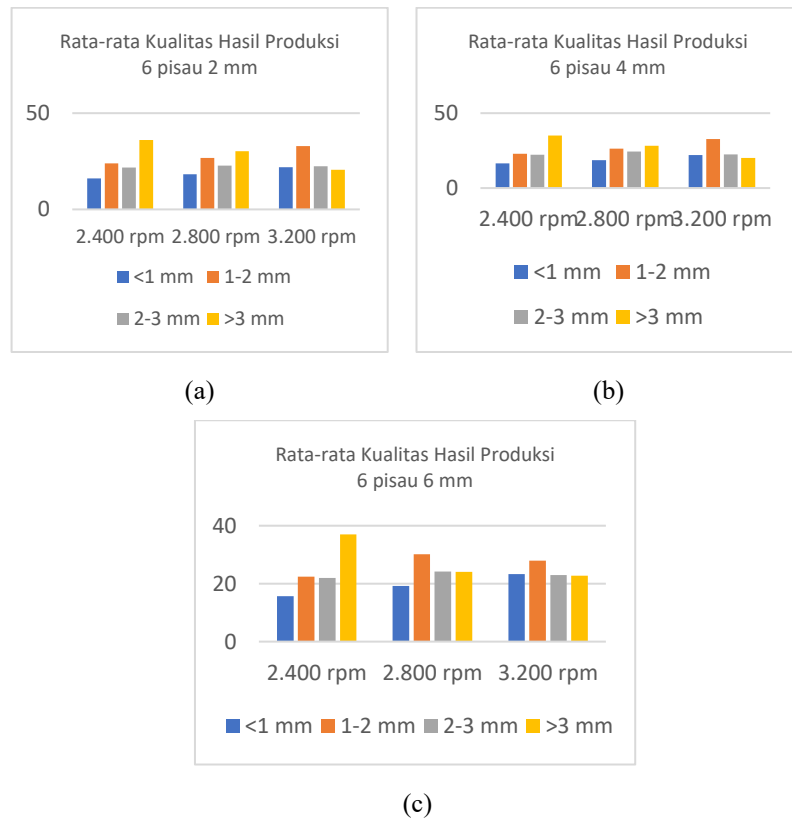
Maka dari hasil perhitungan menggunakan persamaan di atas yaitu pada ukuran < 1 mm memiliki persentase 16,8 %, ukuran 1-2 mm memiliki persentase 24,8%, ukuran 2-3 mm memiliki persentase 22,4%, dan ukuran >3 mm memiliki persentase 34,6 %.

Tabel 20. Hasil perhitungan persentase tiap ukuran butir jagung pada pengujian mesin *hammer mill* 6 pisau.

Pengujian Kualitas Hasil Produksi												
Ketebalan pisau	Persentase (%)											
	2400 rpm				2800 rpm				3200 rpm			
	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm
2 mm	16,76	24,76	22,48	34,52	17,44	25,92	23,16	31,16	23,28	35,04	22,20	17,16
	16,00	24,00	21,76	36,12	18,96	27,68	22,80	28,84	21,80	32,16	22,68	21,00
	15,44	22,76	21,00	37,56	18,52	26,60	22,32	30,52	20,84	31,36	22,24	23,36
rata-rata	16,07	23,84	21,75	36,07	18,31	26,73	22,76	30,17	21,97	32,85	22,37	20,51
4 mm	16,40	22,80	21,84	36,52	18,20	26,40	24,72	28,40	23,20	35,04	22,20	17,08
	17,20	24,00	23,00	32,88	18,20	25,40	24,20	28,92	21,72	32,00	22,64	21,00
	15,88	22,04	22,20	35,92	19,28	27,16	24,28	27,16	20,88	31,32	22,24	22,52
rata-rata	16,49	22,95	22,35	35,11	18,56	26,32	24,40	28,16	21,93	32,79	22,36	20,20
6 mm	16,32	23,64	22,44	34,00	18,04	28,40	23,88	27,12	23,20	27,72	22,28	23,92
	15,56	22,08	21,92	38,28	20,24	31,86	24,60	20,84	23,24	28,60	22,64	22,80
	15,00	21,56	21,64	38,64	19,52	30,06	24,20	24,26	23,60	27,60	23,92	21,60
rata-rata	15,63	22,43	22,00	36,97	19,27	30,11	24,23	24,07	23,35	27,97	22,95	22,77

Dari tabel di atas dapat diketahui kualitas hasil produksi dengan ukuran butir jagung 1-3 mm dengan persentase yang paling besar terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 6 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 3.200 rpm dengan total nilai persentase sebesar 55,23% namun nilai persentase untuk ukuran <1 mm masih lebih besar daripada persentase butir jagung dengan ukuran >3 mm dengan selisih persentase

sebesar 1,46%. Untuk hasil pengujian yang terendah yaitu pada pengujian mesin *hammer mill* 6 pisau ketebalan 6 mm pada kecepatan 2.400 rpm dengan nilai persentase total pada ukuran 1-3 mm sebesar 44,43%.



Gambar 9. Grafik kualitas hasil produksi mesin *hammer mill* 6 pisau.

Pada gambar grafik disimpulkan bahwa untuk butir jagung dengan ukuran <1 mm dan 1-2 mm mengalami kenaikan pada setiap peningkatan kecepatan putar mesin, sedangkan untuk butir jagung dengan ukuran > 3 mm jika kecepatan putar bertambah maka persentase butir akan mengalami penurunan.

2. Pengujian mesin *hammer mill* dengan jumlah 8 pisau.

Pada pengujian kualitas hasil produksi mesin *hammer mill* 8 pisau dilakukan dengan proses penyaringan dari hasil output yang dibagi menjadi 4 ukuran yaitu <1 mm, 1-2 mm, 2-3 mm, dan >3 mm kemudian setiap berat butir jagung dari masing ukuran dibagi dengan berat bahan masuk. Berikut ini merupakan data hasil pengayakan pada hasil output penggilingan jagung :

Tabel 21. Pengayakan hasil output produksi mesin *hammer mill* 8 pisau.

Pengujian Kualitas Hasil Produksi												
Ketebalan pisau	Berat Bahan Tiap Ukuran (kg)											
	2400 rpm				2800 rpm				3200 rpm			
	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm
2 mm	0,78	1,09	1,13	1,89	0,87	1,42	1,23	1,36	1,00	1,70	1,19	0,98
	0,82	1,18	1,19	1,69	0,87	1,48	1,24	1,29	1,14	1,57	1,20	0,93
	0,85	1,18	1,23	1,60	0,85	1,42	1,22	1,40	1,18	1,57	1,18	0,96
4 mm	0,89	1,27	1,24	1,46	0,97	1,26	1,14	1,52	1,08	1,51	1,19	1,07
	0,86	1,21	1,16	1,68	0,88	1,25	1,17	1,57	1,28	1,61	1,11	0,84
	0,91	1,26	1,18	1,57	0,95	1,32	1,19	1,41	1,35	1,61	1,09	0,82
6 mm	0,95	1,27	1,16	1,50	0,98	1,40	1,23	1,27	1,26	1,52	1,22	0,80
	0,95	1,29	1,27	1,39	1,04	1,36	1,29	1,16	1,30	1,55	1,22	0,75
	0,88	1,20	1,26	1,52	1,11	1,48	1,18	1,06	1,31	1,60	1,17	0,76

Dari tabel di atas dapat ditentukan persentase dari setiap ukuran butir jagung dengan persamaan perhitungan pada pisau dengan tebal 2 mm kecepatan putar 2.400 rpm menghasilkan butir jagung dengan ukuran <1 mm sebesar 0,78 kg, 1-2 mm sebesar 1,09 kg, 2-3 mm sebesar 1,13 kg, dan >3 mm sebesar 1,89 kg.

$$PKH = \frac{BBJ}{BBM} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Maka untuk persentase ukuran butir <1 mm :

$$PKH = \frac{0,78}{5} \times 100\% = \mathbf{15,6\%}$$

Persentase ukuran butir 1-2 mm:

$$PKH = \frac{1,09}{5} \times 100\% = \mathbf{21,8\%}$$

Persentase ukuran butir 2-3 mm :

$$PKH = \frac{1,13}{5} \times 100\% = \mathbf{22,6\%}$$

Persentase ukuran butir >3 mm :

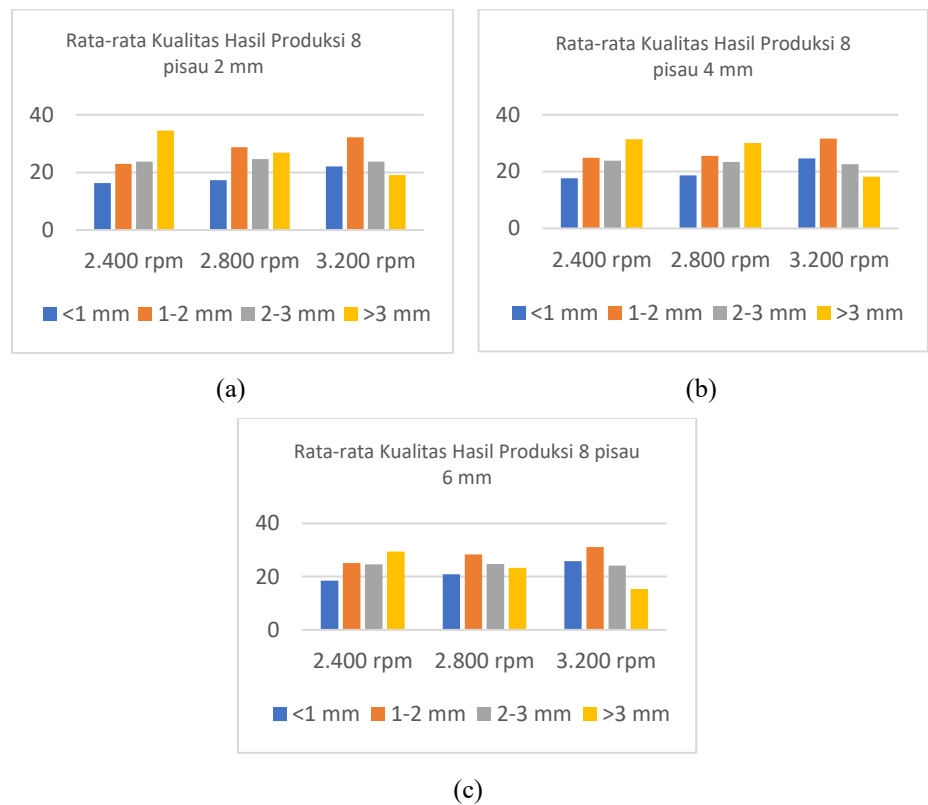
$$PKH = \frac{1,89}{5} \times 100\% = \mathbf{37,8\%}$$

Maka dari hasil perhitungan menggunakan persamaan di atas yaitu pada ukuran < 1 mm memiliki persentase 15,6 %, ukuran 1-2 mm memiliki persentase 21,9%, ukuran 2-3 mm memiliki persentase 22,6%, dan ukuran >3 mm memiliki persentase 37,8 %. Kemudian pengukuran lainnya dihitung menggunakan rumus persamaan yang sama kemudian dimasukan ke dalam tabel untuk mencari nilai kualitas hasil produksi yang terbaik pada penelitian ini. Setelah menghitung semua hasil pengukuran, kemudian menentukan nilai rata-rata yang dihasilkan pada setiap variasi desain pisau yang digunakan pada mesin *hammer mill* untuk mengetahui variasi desain pisau yang menghasilkan kualitas hasil produksi yang terbaik.

Tabel 22. Hasil perhitungan persentase tiap ukuran butir jagung pada pengujian mesin hammer mill 8 pisau.

Pengujian Kualitas Hasil Produksi												
Ketebalan pisau	Persentase (%)											
	2400 rpm				2800 rpm				3200 rpm			
	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm
2 mm	15,6	21,9	22,6	37,8	17,5	28,4	24,5	27,2	20,0	34,0	23,9	19,6
	16,4	23,5	23,8	33,8	17,4	29,6	24,8	25,7	22,9	31,3	24,1	18,6
	17,0	23,7	24,6	32,0	17,0	28,4	24,4	27,9	23,5	31,4	23,6	19,2
rata-rata	16,3	23,0	23,7	34,5	17,3	28,8	24,6	26,9	22,1	32,2	23,8	19,1
4 mm	17,8	25,3	24,7	29,3	19,4	25,2	22,8	30,4	21,6	30,3	23,7	21,4
	17,2	24,2	23,2	33,6	17,6	25,1	23,5	31,5	25,6	32,3	22,2	16,8
	18,1	25,1	23,6	31,3	19,1	26,5	23,8	28,2	27,0	32,3	21,9	16,4
rata-rata	17,7	24,9	23,9	31,4	18,7	25,6	23,4	30,0	24,7	31,6	22,6	18,2
6 mm	19,1	25,4	23,3	30,0	19,7	28,0	24,7	25,4	25,2	30,3	24,4	16,0
	18,9	25,8	25,3	27,7	20,9	27,2	25,8	23,3	26,0	31,0	24,4	14,9
	17,6	24,0	25,2	30,4	22,3	29,6	23,6	21,2	26,2	32,0	23,4	15,3
rata-rata	18,5	25,1	24,6	29,4	20,9	28,3	24,7	23,3	25,8	31,1	24,1	15,4

Dari tabel di atas dapat diketahui kualitas hasil produksi yang terbaik ada pada pengujian mesin *hammer mill* 8 pisau dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 3.200 rpm dengan total ukuran partikel 1-3 mm sebesar 56,1%, namun persentase butir <1 mm masih lebih besar dibandingkan persentase butir >3 mm dengan selisih persentase sebesar 3%. Sedangkan untuk hasil yang terendah terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 8 pisau ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm dengan nilai persentase total ukuran butir 1-3 mm sebesar 46,7%. Meskipun persentase butir dengan ukuran <1 mm lebih rendah namun untuk ukuran butir yang baik 1-3 mm belum tercapai.



Gambar 10. Grafik kualitas hasil produksi mesin *hammer mill* 8 pisau.

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa kesimpulan pada pengujian mesin *hammer mill* 8 pisau masih sama seperti pengujian sebelumnya, yaitu Ketika kecepatan putar bertambah maka ukuran butir jagung < 1 mm dan 1-2 mm akan mengalami peningkatan, sedangkan ukuran butir >3 mm mengalami penurunan.

3. Pengujian mesin hammer mill dengan jumlah 10 pisau.

Pada pengujian kualitas hasil produksi mesin hammer mill 10 pisau dilakukan dengan proses penyaringan dari hasil output yang dibagi menjadi 4 ukuran yaitu <1 mm, 1-2 mm, 2-3 mm, dan >3 mm kemudian setiap berat butir jagung dari masing ukuran dibagi dengan berat bahan masuk. Berikut ini merupakan data hasil pengayakan pada hasil output penggilingan jagung :

Tabel 23. Pengayakan hasil output produksi mesin *hammer mill* 10 pisau

Pengujian Kualitas Hasil Produksi												
Ketebalan pisau	Berat Bahan Tiap Ukuran (kg)											
	2400 rpm				2800 rpm				3200 rpm			
	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm
2 mm	0,64	1,07	1,04	2,17	0,81	1,42	1,18	1,50	1,07	1,71	1,15	0,93
	0,68	1,17	1,07	2,00	0,84	1,46	1,21	1,41	1,08	1,65	1,15	1,01
	0,71	1,17	1,07	1,96	0,84	1,51	1,19	1,38	1,00	1,64	1,17	1,08
4 mm	1,05	1,55	1,34	0,97	1,31	1,79	1,18	0,60	1,48	1,91	1,02	0,43
	0,90	1,36	1,35	1,32	1,30	1,80	1,19	0,62	1,47	1,81	1,09	0,48
	0,88	1,29	1,32	1,44	1,20	1,70	1,24	0,75	1,52	1,84	1,05	0,46
6 mm	0,85	1,12	1,18	1,70	0,97	1,71	1,24	0,95	1,25	1,63	1,26	0,70
	0,86	1,07	1,17	1,79	0,92	1,71	1,23	1,04	1,20	1,94	1,08	0,68
	0,84	1,26	1,25	1,52	0,95	1,58	1,24	1,13	1,08	2,01	1,11	0,64

Dari tabel di atas dapat ditentukan persentase dari setiap ukuran butir jagung dengan persamaan berikut :

Contoh perhitungan pada pisau dengan tebal 2 mm kecepatan putar 2.400 rpm menghasilkan butir jagung dengan ukuran <1 mm sebesar 0,64 kg, 1-2 mm sebesar 1,07 kg, 2-3 mm sebesar 1,04 kg, dan >3 mm sebesar 2,17 kg.

$$PKH = \frac{BBJ}{BBM} \times 100\%$$

Maka untuk persentase ukuran butir <1 mm :

$$PKH = \frac{0,64}{5} \times 100\% = 12,8\%$$

Persentase ukuran butir 1-2 mm:

$$PKH = \frac{1,07}{5} \times 100\% = 21,4\%$$

Persentase ukuran butir 2-3 mm :

$$PKH = \frac{1,04}{5} \times 100\% = 20,8\%$$

Persentase ukuran butir >3 mm :

$$PKH = \frac{2,17}{5} \times 100\% = 43,4\%$$

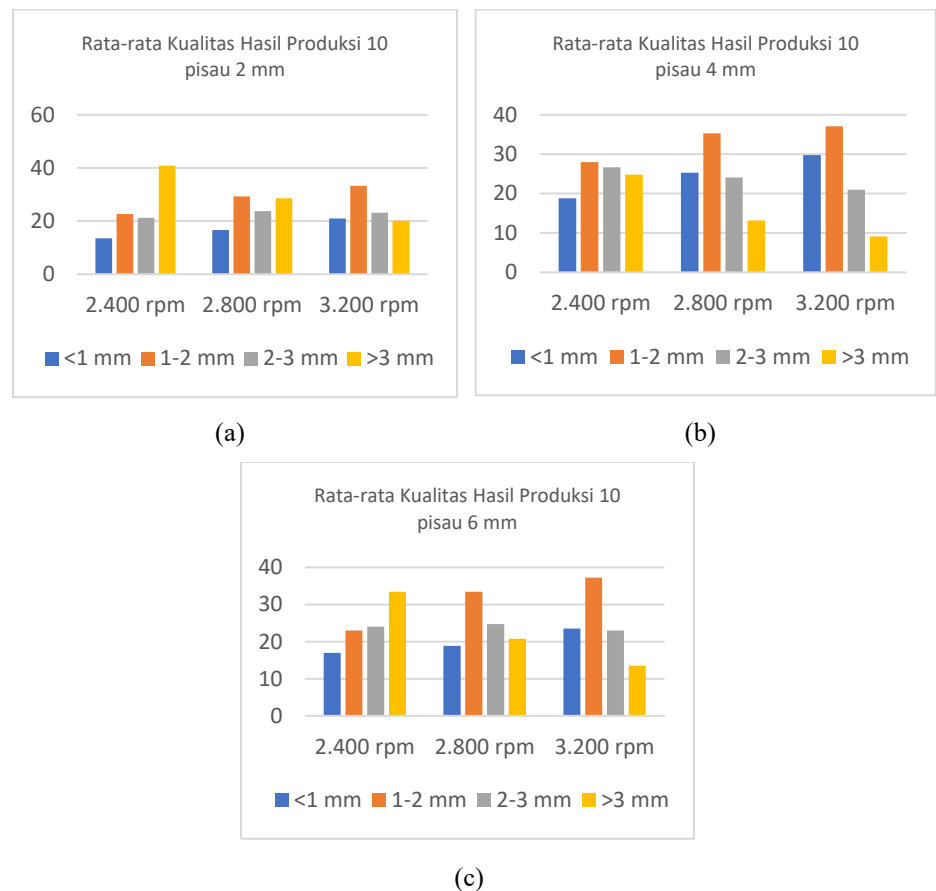
Maka dari hasil perhitungan menggunakan persamaan di atas yaitu pada ukuran < 1 mm memiliki persentase 12,8 %, ukuran 1-2 mm memiliki persentase 21,4%, ukuran 2-3 mm memiliki persentase 20,8%, dan ukuran >3 mm memiliki persentase 43,4 %. Kemudian masukan data hasil perhitungan ke dalam tabel dan menghitung nilai rata-rata dari setiap variasi desain pisau yang diaplikasikan pada mesin *hammer mill* untuk menentukan variasi desain pisau yang menghasilkan kualitas hasil yang terbaik.

Tabel 24. Hasil perhitungan persentase tiap ukuran butir jagung pada pengujian mesin hammer mill 10 pisau.

Pengujian Kualitas Hasil Produksi												
Ketebalan pisau	Persentase (%)											
	2400 rpm				2800 rpm				3200 rpm			
	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm	<1 mm	1-2 mm	2-3 mm	>3 mm
2 mm	12,8	21,4	20,8	43,4	16,2	28,4	23,5	30,0	21,5	34,2	23,0	18,7
	13,7	23,3	21,3	40,0	16,8	29,2	24,1	28,1	21,6	33,0	23,0	20,1
	14,2	23,3	21,5	39,3	16,7	30,3	23,8	27,6	20,0	32,8	23,4	21,6
rata-rata	13,5	22,7	21,2	40,9	16,6	29,3	23,8	28,6	21,0	33,3	23,1	20,1
4 mm	21,0	31,0	26,7	19,4	26,2	35,9	23,5	12,1	29,7	38,2	20,3	8,6
	17,9	27,1	27,0	26,4	25,9	35,9	23,9	12,4	29,4	36,2	21,8	9,5
	17,6	25,8	26,4	28,7	23,9	34,0	24,8	15,0	30,4	36,8	20,9	9,2
rata-rata	18,8	28,0	26,7	24,8	25,3	35,3	24,1	13,2	29,8	37,1	21,0	9,1
6 mm	17,1	22,4	23,6	34,0	19,5	34,3	24,8	19,1	25,1	32,5	25,3	14,1
	17,2	21,4	23,4	35,8	18,4	34,3	24,6	20,8	24,0	38,8	21,6	13,5
	16,8	25,1	25,1	30,4	19,0	31,5	24,9	22,6	21,6	40,2	22,3	12,9
rata-rata	17,0	23,0	24,0	33,4	18,9	33,4	24,7	20,8	23,5	37,2	23,0	13,5

Dari tabel di atas dapat diketahui kualitas hasil produksi yang terbaik ada pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau dengan ketebalan 6 mm pada kecepatan putar 3.200 rpm dengan total ukuran partikel 1-3 mm sebesar 60,2%, namun persentase butir jagung dengan ukuran <1 mm masih lebih besar daripada persentase butir dengan ukuran >3 mm. Kualitas hasil yang baik ke 2 terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau ketebalan 4 mm pada kecepatan putar 2.800 rpm dengan totan nilai persentase ukuran butir 1-3 mm sebesar 59,4%, namun persentase ukuran butir <1 mm masih lebih besar daripada ukuran butir >3 mm. Sedangkan hasil pengujian dengan kualitas hasil baik ke 3 terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau ketebalan 6 mm pada kecepatan putar 2.800 rpm dengan total persentase butir jagung 1-3 mm sebesar 58,1%, dan persentase butir <1 mm lebih kecil dibandingkan dengan persentase butir ukuran >3 mm.

Maka dapat disimpulkan pada pengujian kualitas hasil produksi dengan hasil terbaik terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau ketebalan 6 mm pada kecepatan putar 2.800 rpm.



Gambar 11. Grafik kualitas hasil produksi mesin *hammer mill* 10 pisau.

Setelah melakukan beberapa pengujian pada mesin *hammer mill* dengan berbagai variasi meliputi ketebalan pisau, jumlah pisau serta kecepatan putar yang digunakan menghasilkan beberapa hasil penelitian mengenai kinerja dari mesin *hammer mill* meliputi efisiensi produksi, kapasitas produksi, dan kualitas hasil produksi.

Pada pengujian efisiensi produksi diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh adalah kecepatan putaran mesin, semakin bertambah kecepatan putaran mesin, maka semakin banyak partikel biji jagung yang terlalu halus (debu) sehingga sangat rentan hilang pada saat proses produksi berlangsung. Dari tabel pengujian yang telah dilakukan, efisiensi tertinggi terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* dengan jumlah pisau 10 dengan tebal 4 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm yang menghasilkan efisiensi produksi sebesar 98,4% dengan nilai konsumsi energi listrik rata-rata sebesar 1,58 kWh.

Pada pengujian kapasitas produksi diketahui bahwa semua faktor berpengaruh terhadap kapasitas produksi, ketebalan pisau serta banyaknya pisau membantu meningkatkan proses penumbukan biji jagung, serta kecepatan putar membantu untuk mempercepat proses penumbukannya, namun perlu diperhatikan kemampuan dari motor penggerak yang digunakan. Dari tabel pengujian yang sudah dilakukan, hasil kinerja mesin dengan kapasitas paling optimal terdapat pada mesin *hammer mill* dengan jumlah pisau 10 dengan ketebalan 2 mm pada kecepatan 2.400 rpm dan 2.800 rpm.

Pengujian kualitas hasil didasari atas beberapa kebutuhan pakan mengenai ukuran butir biji jagung yang telah digiling yang bertujuan untuk menjaga sistem pencernaan pada ternak unggas yang ada pada Lana Farm. Kebutuhan yang diperlukan pada peternakan Lana farm merupakan hasil produksi dengan standar kualitas untuk pakan ayam petelur pada fase *production* yakni butiran jagung dengan ukuran 1-3 mm dengan komposisi 55-85%, dengan pertimbangan ukuran <1 mm harus lebih sedikit dibandingkan ukuran butir jagung >3 mm. Maka dari semua pengujian yang telah

dilakukan, dapat diketahui bahwa kualitas hasil produksi yang tertinggi yaitu pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau dengan ketebalan 6 mm pada kecepatan putar 3.200 rpm dengan kualitas hasil produksi dengan ukuran 1-3 mm sebesar 60,2%, tetapi ditemukan bahwa persentase butir ukuran <1 mm masih terlalu banyak dibandingkan dengan persentase butir dengan ukuran >3 mm. Maka peneliti menentukan hasil pengujian kualitas hasil produksi yang paling optimal terdapat pada pengujian mesin *hammer mill* 10 pisau ketebalan 6 mm pada kecepatan 2.800 rpm dengan hasil persentase total ukuran 1-3 mm sebesar 58,1%, dengan persentase butir <1 mm sebesar 18,9% dan persentase butir ukuran >3 mm sebesar 20,8% sehingga mesin *hammer mill* ini sudah bisa digunakan untuk keperluan pengolahan pakan ternak unggas ayam petelur pada fase *developer* dan *production*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari variasi ketebalan pisau, jumlah pisau dan kecepatan putar terhadap efisiensi produksi, kapasitas produksi, serta kualitas hasil produksi yang paling optimal adalah mesin *hammer mill* dengan jumlah pisau 10 ketebalan 6 mm pada kecepatan putar mesin 2.800 rpm dengan hasil efisiensi produksi sebesar 98%, kapasitas produksi 75,79 gr/det, dan kualitas hasil produksi dengan persentase butir ukuran 1-3 mm sebesar 58,1%, ukuran <1 mm sebesar 18,9 %, serta ukuran >3 mm sebesar 20,8%. Sedangkan hasil kerja mesin yang terburuk terdapat pada pengujian mesin dengan jumlah pisau 10 ketebalan 2 mm pada kecepatan putar 2.400 rpm dengan hasil efisiensi produksi sebesar 98%, kapasitas produksi sebesar 79 gr/det dan kualitas hasil produksi dengan persentase butir ukuran 1-3 mm sebesar 43,9%.
2. Dari variasi ketebalan pisau, jumlah pisau, dan kecepatan putar mesin terhadap hasil kerja mesin sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan kualitas hasil produksi, semakin banyak pisau yang digunakan dan semakin cepat putaran mesin lebih banyak menghasilkan kualitas hasil produksi dengan komposisi butir jagung yang halus (<1mm). Sedangkan semakin sedikit pisau dan semakin pelan kecepatan putar akan lebih banyak menghasilkan butiran jagung yang lebih besar (>3mm).

5. SARAN

Dari hasil penelitian pada penelitian ini, saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Pada pengujian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan topik seperti pemilihan material mata pisau dan porosnya untuk meningkatkan *durability* pada mesin *hammer mill*.
2. Melakukan pengujian dengan level parameter yang lebih bervariasi untuk mengurangi suara kebisingan yang dihasilkan pada mesin *hammer mill*.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pembimbing Tris Sugiarto, S.Pd., S.T., M.T., yang telah membantu penulis dalam merampungkan artikel pada Jurnal Rekayasa Mesin ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Wilmansyah, Dariantio and Iswandi, "Proses Manufaktur Mata Pisau Mesin Hummer Mill Penepung Ikan dengan Kapasitas 200 kg/jam," *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Elektro (JITEK)*, vol. 2, no. 2, pp. 77-83, 2023.
- [2] G. Paraschiv, G. Moiceanu, G. Voicu, M. Chitoiu, P. Cardei, M. N. Dinca and P. Tudor, "Optimization Issues of a Hammer Mill Working Process Using Statistical Modelling," *Sustainability*, vol. 13, p. 973., 2021.

- [3] S. M. Henderson and R. L. Perry, *Agricultural Process Engineering*, 3rd ed., Wesport, Connecticut, USA: The AVI Publ. Co., Inc, 1976.
- [4] Harmen, "Analisis Kebutuhan Jagung Untuk Pakan Ternak Unggas di Sumatera Barat," *Jurnal Pembangunan Nagari*, vol. 6, pp. 148-159, 2021.
- [5] Zheng, Shuhe, C. Chongcheng and G. Yuming, "Analysis and Structural Optimization Test on the Collision Mechanical Model of Blade Jun-Cao Grinding Hammer," *Agriculture*, vol. 14, no. 3, p. 492., 2024.
- [6] F. Hillmy, M. Ariyanto and N. Iskandar, "Analisis FEM Pengaruh Tumbukan Gandum Pada Blade," *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV)*, 5-6 Oktober 2016.
- [7] N. Yance, C. T. Wright and T. L. Westover, "Optimizing Hammer Mill Performance Through Screen Selection and Hammer Design,," *Biofuels*, vol. 4, no. 1, pp. 85-94, 2013.
- [8] Zulnadi, Indovilandri and Irfandi, "Rancang Bangun Alat Mesin Hammer Mill Untuk Pengolahan Jagung Pakan," *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, vol. 20, p. 1, 2016.
- [9] Ezurike, Osazuwa, okoronkwo and Okoji, "Design, Construction and Performance Evaluation Of A Flat Screen Hammer Mill Machine," *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 2018.
- [10] M. Nasih, I. Qiram dan A. Mukhtar, "Pengaruh Dimensi Ujung Pemukul Terhadap Penggilingan Kulit Kerang Dengan Mesin Hammer Mill," *V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article)*, vol. 6, no. 1, pp. 26-29, 2021.
- [11] S. B. Zuingli, M. N. H. Amaluddin, N. Wernandi and R. Sasmigo, "Rancang Bangun Mesin Pemecah Biji Kering Untuk Pakan Ternak Ayam," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, vol. 1, pp. 93-98, 2024.
- [12] J. N. Stevanus and I. Norman, "Karakteristik Blade Hammer Mill Type Swing," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 4, pp. 376-381, 2015.
- [13] R. P. Ekwista and R. Mono, "Efisiensi Pemupukan NPK Pada Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb)," *Jurnal LITTRI*, vol. 14, no. 4, pp. 162-170, 2008.
- [14] K. Ardana, T. Azhari and F. Anang, "Manajemen Produksi Akuakultur," 2015. [Online]. Available: https://www.academia.edu/15536896/Laporan_Manajemen_Produksi_Akuakultur. [Accessed 28 08 2025].
- [15] T. Sugianto and S. Dahlan, "Optimasi Mesin Penghancur Kotoran Hewan Ternak Kapasitas 300 Kg/Jam Berpenggerak Motor 1,5 PK, Menggunakan V Belt," *Intuisi Teknologi dan Seni*, vol. 9, no. 2, 2017.
- [16] Risandewi and Tri, "Analisis Efisiensi Produksi Kopi Robusta di Kabupaten Temanggung," *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, vol. 11, no. 1, pp. 87-102, 2013.
- [17] H.-L. International, "The Poultry Site," 26 Juni 2023. [Online]. Available: <https://www.thepoultrysite.com/articles/feed-granulometry-and-the-importance-of-feed-particle-size-in-layers>. [Accessed Senin Juli 2025].
- [18] Medion, "Ancaman Mikotoksin yang Tidak Kunjung Usai," 01 09 2020. [Online]. Available: <https://www.medion.co.id/info-medion/ancaman-mikotoksin-yang-tidak-kunjung-usai/>. [Accessed 28 08 2025].
- [19] H. M. Munawar, "Pengaruh Jenis Elektroda LAS SMAW Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Micro," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 11, no. 1, 2023.

- [20] E. Rahmat, T. D. Susanto, B. Sugiantoro and R. Amanulloh, "Perbandingan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW 3G UP /PF Pada Baja AISI 1030 Metoda Single Pass dan Multi Pass Capping," *Intuisi Teknologi dan Seni*, vol. 15, no. 2, 2023.
- [21] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jilid 7 ed., Jakarta: Penerbit Pradnya Paramita, 1996.
- [22] D. Mulyani and D. Hartono, "Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial terhadap Permintaan Listrik di Indonesia," *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, vol. 11, p. 1, 2018.