

Pengembangan Mesin *Pin Mill* menjadi *Hammer Mill with Shifter* untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi

Nelce D Muskita^{1,4*}, M. M Lanny W. Panjaitan², Lukas³

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

³Atma Jaya Artificial Intelligence Center (AJAIC), Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51, Jakarta 12930

⁴Program Studi D4 Teknik Mesin Politeknik Saint Paul Sorong, Jalan. R. A. Kartini N0. 1 Kampung Baru, Sorong 98414

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i> Received 08 April 2026 Accepted 08 Juni 2026 <i>Keywords: Hammer Mill with Shifter, Production Capacity, Energy Efficiency.</i>	<i>The process of upgrading the Pin mill to a Hammer mill with shifter aims to increase the production capacity of the previous machine, which was still far below the target of 1 ton per day. The team reviewed the mechanical design, how the machine performed, and its energy use. The new design includes inverter technology, which lets users adjust the rotor speed to fit different production needs and material types. It also focuses on reducing vibration at high speeds, which helps the machine last longer and run more smoothly. Tests show that the new Hammer mill with shifter can grind up to 20 kilograms per hour, with over 95% of the output meeting the 40 Mesh standard. The machine runs smoothly at high speeds without too much vibration, uses energy efficiently, save on electricity costs, better for the environment, and suitable for large-scale production.</i>

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i> Diserahkan: 08 April 2026 Diterima: 08 Juni 2026 <i>Kata Kunci: Hammer Mill with Shifter, Kapasitas Produksi, Efisiensi Energi.</i>	Proses peningkatan dari penggiling pin menjadi penggiling <i>hammer</i> dengan penggeser bertujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi mesin sebelumnya yang masih jauh di bawah target 1 ton per hari. Peninjauan dilakukan mencakup desain mekanis, kinerja mesin, dan penggunaan energinya. Desain baru ini mencakup teknologi inverter, yang memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan kecepatan rotor agar sesuai dengan kebutuhan produksi dan jenis material yang berbeda serta fokus pada pengurangan getaran pada kecepatan tinggi agar mesin bertahan lebih lama dan berjalan lebih lancar. Pengujian menunjukkan bahwa <i>hammer mill with shifter</i> dapat menggiling hingga 20 kilogram per jam, dengan lebih dari 95% hasil penggilingan memenuhi standar 40 mesh. Mesin berjalan lancar pada kecepatan tinggi tanpa terlalu banyak getaran, menggunakan energi secara efisien, dan membantu menghemat biaya listrik, lebih ramah lingkungan, dan cocok untuk produksi skala besar.

*Corresponding author. Nelce D Muskita
Email address: nelcemuskita1810@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Dunia industri yang terus berkembang menuntut pekerja yang tidak hanya memiliki pemahaman teori mendalam tetapi juga keterampilan praktis yang relevan dengan kebutuhan pasar. Hal ini terutama berlaku dalam bidang manufaktur, di mana efisiensi dan produktivitas mesin memiliki peran sentral dalam keberhasilan operasional (Santoso, B., 2021). Salah satu tantangan yang dihadapi oleh konsumen adalah ketidakefisienan dalam pengoperasian mesin, terutama yang terkait dengan kapasitas produksi dan kualitas hasil yang tidak sesuai dengan kebutuhan. Untuk mengatasi hal ini, maka dilakukan modifikasi dan rekonstruksi mesin agar lebih sesuai dengan kebutuhan konsumen (Sudjoko, T, C., and Sutapa, I, N., 2019).

Rekonstruksi mesin *pin mill* menjadi *hammer mill with shifter* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kapasitas produksi sesuai target dari konsumen sebesar 1 ton per hari (Widiyanti *et al*, 2024). Sebelum rekonstruksi, mesin *pin mill* hanya mampu menggiling 400 gram gelatin setiap 3 menit, yang berarti kapasitas produksi harian hanya sekitar 192 kilogram. Hasil ini jauh dari target produksi yang diminta, sehingga diperlukan langkah perbaikan yang strategis. Disamping itu juga rekonstruksi yang dilakukan untuk mengembangkan desain mesin dari *pin mill* menjadi *hammer mill with shifter* untuk meningkatkan kapasitas produksi dan efisiensi kerja (Kurniawan, S., and Kusnayat, A., 2017), memastikan hasil produksi sesuai spesifikasi yang diinginkan dengan kualitas yang lebih seragam serta mengintegrasikan teknologi modern seperti pengaturan kecepatan dinamis untuk meningkatkan fleksibilitas, stabilitas, serta kemudahan perawatan mesin (Hesa Putra, R,C., 2021).

Rekonstruksi mesin mencakup analisis kebutuhan klien, evaluasi kinerja mesin sebelumnya, perencanaan desain ulang, hingga implementasi rekonstruksi. Proses ini tidak hanya memberikan solusi teknis untuk meningkatkan kinerja mesin tetapi juga melibatkan evaluasi aspek ekonomis seperti biaya produksi dan operasional (Setiawan, A., 2024). Pengalaman ini memberikan wawasan praktis dalam mengaplikasikan teori yang telah dipelajari di bangku kuliah ke dalam dunia kerja nyata (Anggraini, W., 2017).

2. METODE PELAKSANAAN

2.1. Identifikasi Masalah dan Solusi

Pada mesin *pin mill with shifter*, terdapat beberapa kendala teknis yang mempengaruhi kinerja dan efisiensi produksi (Setiawan, D., 2018). Salah satu kendala utama adalah rendahnya kapasitas penggilingan. Mesin ini hanya mampu menggiling 400 gram gelatin setiap 3 menit dari 1 kilogram bahan baku, yang berarti efisiensi penghancuran hanya sekitar 13,3% per menit. Perhitungan ini memberikan gambaran tentang keterbatasan kinerja mesin yang jauh dari target produksi. Permasalahan utama yang ditemukan pada mesin *pin mill*, meliputi rendahnya kapasitas penggilingan, waktu pemrosesan yang lama, dan hasil penggilingan yang tidak seragam, dirangkum secara rinci.

Rendahnya kapasitas penggilingan, waktu pemrosesan yang lama, dan kualitas hasil penggilingan yang tidak seragam menjadi kendala utama yang harus segera diatasi (Indrawan *et al*, 2022). Oleh karena itu, diperlukan langkah rekonstruksi mesin untuk meningkatkan efisiensi dan kapasitas produksi guna mencapai target sebesar 1 ton per hari. Mesin memerlukan peningkatan kapasitas penggilingan dan efisiensi waktu. Rekonstruksi mesin menjadi *hammer mill with shifter* untuk memenuhi target produksi dan kualitas yang lebih baik (Taufiq, M., 2021). Proses perencanaan rekonstruksi mencakup desain ulang, pengadaan bahan, dan pengujian ulang, untuk memastikan mesin mampu beroperasi sesuai

kebutuhan. Efisiensi penghancuran dihitung dengan persamaan berikut (Sutejo *et al*, 2021):

$$E_{3\text{menit}} = \frac{\text{Hasil per 3 menit}}{\text{Total bahan baku}} \times 100\%$$

$$E_{3\text{menit}} = \frac{400 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}} \times 100\% = 40\%$$

Terdapat beberapa kendala teknis pada mesin *pin mill with shifter* yang mempengaruhi kinerja dan efisiensi produksi dapat dilihat pada Tabel 1, dimana kendala utama adalah rendahnya kapasitas penggilingan yang mana mesin ini hanya mampu menggiling 400 gram gelatin setiap 3 menit dari 1 kilogram bahan baku dengan demikian maka efisiensi penghancuran hanya sekitar 13,3% per menit.

Tabel 1.
Kendala Mesin *Pin Mill*

No	Kendala	Dampak
1	Rendahnya Kapasitas Penggilingan	Hanya mampu menggiling 400 gram setiap 3 menit, jauh dibawah target
2	Waktu Pemrosesan yang Lama	Membutuhkan lebih dari 7 menit untuk menggiling 1 kg bahan baku
3	Hasil Penggilingan tidak Seragam	Keseragaman kualitas produk akhir tidak sesuai standar yang diinginkan dan mempengaruhi efisiensi.

2.2. Identifikasi Kebutuhan

Untuk mengatasi kendala yang dihadapi mesin *pin mill with shifter*, diperlukan identifikasi kebutuhan yang menjadi dasar dalam proses rekonstruksi menjadi mesin *hammer mill with shifter* untuk memastikan bahwa mesin baru mampu memenuhi target produksi klien sebesar 1 ton per hari dengan kapasitas penggilingan minimal 1 kilogram setiap 3 menit (Taylor, B., Jehmlich., 2021). Selain itu, hasil penggilingan harus seragam dan sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan oleh klien (Brown, T., 2025).

Kebutuhan lain yang diidentifikasi mencakup peningkatan efisiensi waktu pemrosesan, material mesin yang tahan aus, dan kemudahan perawatan. Untuk mendukung operasional yang stabil, mesin juga perlu dilengkapi dengan sistem pemrosesan berbasis rotor dan mekanisme otomatisasi sederhana (Suryady, S., and Sapto, A, D., 2024). Langkah-langkah ini dirancang untuk memastikan bahwa rekonstruksi mesin menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam kinerja dan daya tahan. Identifikasi kebutuhan mesin *hammer mill with shifter* dirangkum secara jelas dan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Identifikasi Kebutuhan

No.	Kebutuhan	Deskripsi
1.	Kapasitas Penggilingan Tinggi	Mesin harus mampu menggiling 1 kg bahan setiap 3 menit atau 20 kg/jam, dan mencapai target harian 1 ton
2.	Efisiensi Waktu Pemrosesan	Optimalisasi kecepatan penghancuran menggunakan rotor berbahan stainless steel SS304 untuk ketahanan terhadap gesekan dan korosi
3.	Kualitas Hasil Penggilingan Seragam	Menggunakan saringan berbahan perforated stainless steel SS316 dengan ukuran mesh 40 Untuk memastikan ukuran partikel seragam

Tabel 2. (Lanjutan)
Identifikasi Kebutuhan

No.	Kebutuhan	Deskripsi
4.	Material Mesin yang Tahan Aus	Menggunakan material seperti baja karbon tinggi atau stainless steel pada bagian yang sering bergesekan untuk mencegah keausan
5.	Kemudahan Perawatan	Desain mesin harus modular untuk memudahkan pembongkaran dan penggantian komponen seperti rotor dan saringan
6.	Sistem Pemrosesan Berbasis Rotor	Menggunakan dinamo AC 3 fasa dengan daya 7.5 HP (~5.5 kW) dan kecepatan maksimum 1440 RPM. Dinamo ini akan menggerakkan mekanisme pemukul dengan kecepatan tinggi untuk meningkatkan efisiensi penggilingan hingga 90% per batch. Dinamo ini dioptimalkan untuk bekerja dengan sistem rotor melalui pengaturan dinamis menggunakan inverter
7.	Pengintegrasian otomatisasi sederhana	Penambahan inverter untuk mengatur kecepatan rotor secara dinamis, meningkatkan stabilitas kerja, dan mengurangi kebutuhan operator manual

2.3. Konsep Rancangan *Hammer Mill with Shifter*

Mesin *hammer mill* merupakan alat yang digunakan untuk menghancurkan berbagai jenis bahan material menjadi ukuran yang lebih kecil dengan prinsip tumbukan dan dirancang untuk memenuhi kebutuhan berbagai industri, seperti pertanian, peternakan, dan manufaktur (Lubis *et al*, 2023). Prinsip kerjanya mengandalkan energi kinetik dari rotor yang berputar, sehingga palu-palu menghancurkan material secara efisien. Fungsi utama mesin *hammer mill* adalah untuk mereduksi ukuran bahan dengan cepat dan efisien (Nugroho, S, J and Iskandar, N., 2015).

Penggunaan *shifter* untuk menyaring atau memisahkan material berdasarkan ukuran partikel dan juga untuk meningkatkan efisiensi proses produksi (Amaruloh, Y, 2020). Dengan menggunakan saringan yang sesuai, waktu penyaringan dapat diminimalkan, sehingga meningkatkan produktivitas secara keseluruhan. Alat ini bekerja dengan prinsip mengayak material melalui lapisan saringan yang memiliki ukuran mesh tertentu (Khoerunisa, 2020). Secara keseluruhan, *shifter* merupakan alat yang esensial dalam berbagai sektor industri. Dengan kemampuannya untuk menyaring material dengan presisi tinggi, alat ini terus menjadi pilihan utama untuk memastikan kualitas dan efisiensi dalam proses produksi (Sarumaha, V, S, P, D., 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN PERANCANGAN DAN PEMBUATAN OBJEK

3.1. Perancangan dan Pembuatan *Hammer Mill with Shifter*

Proses perancangan mesin *hammer mill with shifter* dimulai dengan analisis kebutuhan berdasarkan spesifikasi yang diinginkan, yang mencakup kapasitas mesin sebesar 1 kg setiap 3 menit atau 20 kg per jam untuk mencapai target harian sebesar 1 ton. Pemilihan material juga menjadi perhatian utama, antara lain penggunaan rotor berbahan stainless steel SS304 dan saringan mesh SS316 untuk memastikan daya tahan dan efisiensi (Wahyudin *et al*, 2021).

Tahap pertama adalah perancangan desain menggunakan *Software SolidWorks*. Desain ini mencakup komponen utama seperti rotor, palu (*hammer*), saringan, rangka mesin, dan sistem penggerak. Pada tahap ini, setiap komponen dirancang secara detail dengan mempertimbangkan faktor efisiensi, ketahanan, dan kompatibilitas antar bagian. Rotor

dirancang untuk menghasilkan putaran yang stabil dengan jumlah palu yang disesuaikan untuk meningkatkan efisiensi penggilingan. Rangka mesin dibuat menggunakan struktur modular agar memudahkan perawatan dan penggantian komponen di masa mendatang. Saringan didesain menggunakan bahan perforated stainless steel dengan ukuran mesh yang dapat disesuaikan untuk memastikan hasil penggilingan seragam.



Gambar 1.

Desain Rangka *Hammer Mill with Shifter*

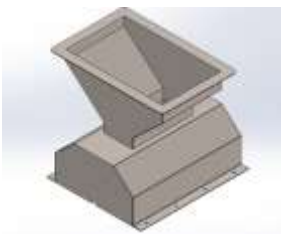
Desain rangka mesin *hammer mill with shifter* dapat dilihat pada Gambar 1 dimana struktur rangka tersebut dirancang untuk mendukung komponen utama mesin agar tetap stabil selama proses operasional. Rangka dibuat agar tahan terhadap getaran dan tekanan selama penggilingan berlangsung, memastikan mesin bekerja dengan efisiensi optimal. Desain palu sebagai komponen utama dalam *hammer mill* dapat dilihat pada Gambar 2, yang mana palu ini dirancang dengan presisi untuk memberikan daya tumbuk yang efisien dalam menghancurkan material.



Gambar 2.

Design Palu (*Hammer*) *Hammer Mill with Shifter*

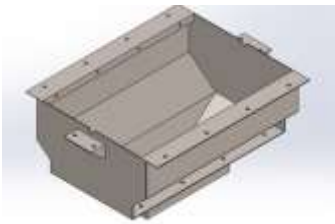
Hopper yang berfungsi sebagai wadah masuk material ke dalam mesin, yang mana *hopper* ini dirancang dengan kemiringan tertentu agar aliran material tetap stabil dan mencegah terjadinya penumpukan atau penyumbatan selama proses penggilingan. Desain *hopper* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3.

Design *Hopper Hammer Mill with Shifter*

Desain penutup *hopper* pada Gambar 4, dirancang untuk melindungi material dari kontaminasi selama proses pengisian serta memastikan keamanan operator saat mengoperasikan mesin.

**Gambar 4.**

Design Penutup Hopper Hammer Mill with Shifter

Semua komponen utama seperti rotor, palu, saringan, dan rangka, yang disusun secara terintegrasi untuk memastikan efisiensi kerja mesin secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5.

**Gambar 5.**

Assembly Design Hammer Mill with Shifter

Baja karbon tinggi dipilih untuk rotor karena ketahanannya terhadap tekanan mekanis, sementara stainless steel digunakan pada komponen yang bersentuhan langsung dengan bahan untuk mencegah korosi dan kontaminasi. Fabrikasi dilakukan melalui beberapa langkah utama yaitu pemotongan dan pengelasan komponen dilakukan dengan mesin CNC untuk memastikan presisi. Selanjutnya, lubang untuk pemasangan palu, saringan, dan motor. Proses perakitan melibatkan pemasangan rotor, saringan, dan motor penggerak. Untuk motor penggerak, digunakan dinamo 7.5 HP dengan kecepatan 1440 RPM (pada Gambar 6), yang dilengkapi dengan *inverter* untuk fleksibilitas pengaturan kecepatan (pada Gambar 7). Pada tahap perakitan motor penggerak, digunakan dinamo 7.5 HP dengan kecepatan 1440 RPM. Dinamo ini dilengkapi dengan inverter untuk mengatur kecepatan rotor secara fleksibel, memungkinkan penyesuaian kecepatan sesuai kebutuhan penggilingan. Selain itu, sistem saringan dipasang dengan mekanisme yang memudahkan pengguna dalam mengganti ukuran mesh sesuai kebutuhan produk akhir. Inverter yang digunakan untuk mengatur kecepatan rotor pada mesin *hammer mill* memungkinkan pengoperasian mesin yang fleksibel, sehingga kecepatan dapat disesuaikan dengan kebutuhan penggilingan bahan.

**Gambar 6.**

Inverter

Dinamo berdaya 7,5 HP yang menjadi penggerak utama mesin *hammer mill* untuk memberikan daya optimal yang mendukung efisiensi dan stabilitas operasional mesin.



Gambar 7.
Dinamo 7,5 HP

Pemasangan saringan mesh berukuran 40 pada mesin *hammer mill* yang berfungsi untuk memastikan hasil penggilingan memiliki ukuran partikel yang seragam sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8.
Pemasangan Saringan Mesh 40

Pengujian awal dilakukan untuk memeriksa keseimbangan rotor, stabilitas rangka, dan efisiensi penggilingan menggunakan bahan uji. Jika ditemukan kekurangan, seperti getaran berlebih atau hasil penggilingan yang tidak seragam, dilakukan perbaikan. Langkah perbaikan mencakup penyesuaian rotor dan penggantian saringan jika diperlukan. Mesin *hammer mill* yang telah dirakit dengan semua komponen terpasang dan siap untuk diuji coba terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9.
Mesin *Hammer Mill*
(Sumber: Hasil Penelitian)

Tahap akhir adalah uji coba final adalah mesin diuji dengan bahan sesuai spesifikasi yang diinginkan. Pengujian ini untuk memastikan mesin mampu memenuhi target kapasitas produksi, menghasilkan hasil gilingan yang seragam, dan beroperasi secara efisien. Dengan langkah-langkah yang sistematis, mesin *hammer mill with shifter* dapat dihasilkan sesuai kebutuhan dan standar operasional industri. Alur pembuatan mesin *hammer mill with shifter*,

yang dapat dijadikan panduan untuk memahami setiap tahapan dalam proses ini, dimana setiap langkah dijelaskan dengan detail untuk memberikan gambaran yang lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.

Alur Pembuatan Mesin *Hammer Mill with Shifter*

Tahap	Langkah Utama	Deskripsi
Analisis Kebutuhan	Identifikasi kebutuhan spesifikasi dan kapasitas	Melibatkan analisis target produksi, bahan yang akan digiling, dan kondisi operasional mesin
Perancangan Desain	Pembuatan desain menggunakan <i>Software Solidworks</i>	Merancang komponen utama seperti rotor, saringan, dan rangka dengan mempertimbangkan efisiensi.
Pengadaan Material	Pengadaan material seperti baja karbon tinggi dan stainless steel	Memastikan material memenuhi standar kualitas dan ketahanan terhadap korosi dan aus
Fabrikasi	Pemotongan, pengelasan, pengeboran, dan perakitan	Pemotongan presisi dengan CNC, pengelasan struktur, dan perakitan rotor serta motor penggerak
Pengujian Awal	Pengujian keseimbangan rotor, stabilitas rangka, dan hasil penggilingan	Menggunakan bahan uji untuk memastikan kinerja sesuai spesifikasi
Perbaikan	Modifikasi dan penyesuaian berdasarkan hasil pengujian awal	Melibatkan penggantian saringan atau penyesuaian kecepatan rotor dengan <i>inverter</i>
Uji Coba Final	Pengujian akhir dengan bahan sesuai spesifikasi klien	Memastikan mesin mampu mencapai kapasitas produksi dan hasil gilingan yang diinginkan

3.2. Uji Coba Mesin *Hammer Mill with Shifter*

Uji coba mesin *hammer mill* dengan *shifter* untuk memastikan kinerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Uji coba ini bertujuan mengevaluasi beberapa aspek utama, yaitu kapasitas penggilingan, keseragaman hasil penggilingan, stabilitas mesin selama operasi, dan efisiensi energi. Tahap awal uji coba dilakukan untuk mengevaluasi kapasitas dan waktu penggilingan. Mesin diuji dengan menggiling 5 kilogram gelatin per batch, menggunakan pengaturan kecepatan rotor melalui inverter yang telah disesuaikan sebelumnya. Pada pengujian pertama, mesin menunjukkan kemampuan menghasilkan 1,690 kilogram bahan dalam waktu 5 menit, yang sesuai dengan target kapasitas produksi sebesar 20 kilogram per jam atau 1 ton per hari. Pengaturan kecepatan rotor, Tahap awal uji coba dilakukan untuk mengevaluasi kapasitas dan waktu penggilingan. Pada Gambar 10, mesin diuji dengan menggiling 1 kilogram gelatin per batch, menggunakan pengaturan kecepatan rotor melalui inverter yang telah disesuaikan sebelumnya. Pada pengujian pertama, mesin menunjukkan kemampuan menghasilkan 1 kilogram bahan dalam waktu 3 menit.



Gambar 10.

Mesin *Hammer Mill* Saat Uji Coba Berlangsung

Berdasarkan hasil yang diperoleh, laju produksi mesin dihitung sebesar 20 kilogram per jam, bahkan melampaui kebutuhan produksi yang ditetapkan.



Gambar 11.

Pemasangan Saringan Mesh 40 dan Penimbangan Bahan Baku Setelah Penggilingan Selama 5 Menit

Selanjutnya, pada Gambar 11 terlihat hasil penggilingan diperiksa untuk memastikan keseragaman ukuran partikel. Proses ini dilakukan dengan menggunakan saringan mesh berukuran 40 untuk memisahkan partikel sesuai spesifikasi. Dari hasil uji penggilingan 5 kilogram gelatin menghasilkan 1,690 kilogram gelatin yang dilakukan selama 5 menit dengan kehalusan mesh 40, mengalami peningkatan dari uji coba sebelum nya, menunjukkan efisiensi tinggi dalam proses penggilingan dan penyaringan.

Stabilitas mesin selama operasi juga menjadi aspek penting yang diuji. Mesin menunjukkan stabilitas tinggi tanpa getaran berlebih, menandakan bahwa rotor dan palu telah terpasang dengan baik terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12.

Rotor dan Palu (*Hammer*) Setelah Uji Coba

Hasil uji coba mesin *hammer mill* yang dirangkum pada Tabel 4, memberikan gambaran mengenai parameter-parameter utama yang diuji, seperti kapasitas penggilingan, waktu penggilingan, keseragaman ukuran partikel, stabilitas mesin, kondisi komponen setelah pengujian, dan konsumsi energi. Informasi ini menunjukkan bahwa mesin mampu beroperasi dengan efisiensi tinggi dan memenuhi bahkan melampaui target yang telah ditetapkan.

Tabel 4.
Hasil Uji Coba Mesin *Hammer Mill*

No.	Parameter Uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Kapasitas Penggilingan	1,690 kilo gram per 5 menit	Setara dengan laju produksi 20,280 kilogram per jam, jauh melebihi target kapasitas
2.	Waktu Penggilingan	5 menit per batch	Menggunakan 5 kilogram gelatin sebagai bahan uji
3.	Keseragaman Ukuran Partikel	Lebih dari 95% partikel sesuai ukuran mesh 40	Hasil disaring menggunakan saringan mesh 40 untuk memastikan keseragaman partikel
4.	Stabilitas Mesin	Stabil, tanpa getaran berlebih	Rotor dan palu terpasang dengan benar, memastikan operasi yang stabil selama penggilingan
5.	Kondisi Komponen Setelah Pengujian	Rotor dan palu tidak menunjukkan keausan atau kerusakan	Diperiksa setelah uji coba untuk memastikan daya tahan mesin
6.	Konsumsi Energi	Efisiensi energi optimal	Pengaturan <i>inverter</i> membantu mengatur kecepatan rotor untuk menghemat energi

Hasil uji coba menunjukkan bahwa mesin *hammer mill* mampu memenuhi kebutuhan produksi klien dengan kapasitas penggilingan 1,690 kilogram dalam waktu 5 menit, setara dengan 20.280 kilogram per jam. Lebih dari 95% hasil penggilingan sesuai dengan spesifikasi saringan mesh 40, dengan operasi mesin yang stabil tanpa getaran berlebih. Selain itu, konsumsi energi yang optimal serta kondisi komponen yang tetap baik setelah pengujian menegaskan bahwa mesin ini siap mendukung proses produksi sesuai kebutuhan klien.

3.3. Implementasi Manajerial

Hasil pengembangan mesin *hammer mill with shifter* memberikan implikasi manajerial yang signifikan terhadap pengelolaan proses produksi. Peningkatan kapasitas penggilingan dari 192 kg/hari menjadi kemampuan produksi yang mendekati target operasional perusahaan memungkinkan manajemen melakukan perencanaan produksi yang lebih efektif dan terukur. Selain itu, penggunaan inverter sebagai pengatur kecepatan rotor memberikan fleksibilitas operasional sehingga operator dapat menyesuaikan parameter kerja mesin berdasarkan karakteristik bahan baku dan target produksi yang diinginkan.

Dari aspek pemeliharaan, desain modular yang diterapkan pada mesin memudahkan proses inspeksi, perawatan, dan penggantian komponen, sehingga dapat mengurangi *downtime* produksi serta menekan biaya pemeliharaan jangka panjang. Implementasi mesin ini juga mendukung peningkatan produktivitas tenaga kerja karena proses penggilingan menjadi lebih cepat, stabil, dan membutuhkan intervensi operator yang lebih sedikit dibandingkan mesin sebelumnya. Dengan demikian, investasi pada pengembangan mesin ini berpotensi meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing perusahaan secara keseluruhan.

3.4. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil yang diperoleh. Pertama, pengujian kinerja mesin hanya dilakukan menggunakan material gelatin sehingga belum dapat menggambarkan performa

mesin secara menyeluruh untuk berbagai jenis material dengan karakteristik fisik yang berbeda, seperti tingkat kekerasan, kadar air, dan densitas material.

Kedua, evaluasi performa mesin difokuskan pada parameter kapasitas produksi, keseragaman ukuran partikel, stabilitas operasi, dan konsumsi energi, sementara analisis umur pakai komponen (*service life*), tingkat keausan palu (*hammer wear*), serta analisis ekonomi yang lebih rinci belum dilakukan. Ketiga, penelitian ini belum melakukan simulasi numerik maupun analisis elemen hingga (*Finite Element Analysis/FEA*) untuk mengevaluasi distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan pada komponen utama mesin selama operasi. Oleh karena itu, hasil penelitian masih perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memperoleh gambaran performa mesin yang lebih komprehensif.

3.5. Rencana Penelitian Selanjutnya

Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan sistem kontrol dan otomatisasi yang lebih cerdas melalui integrasi sensor pemantauan kondisi mesin (*condition monitoring*) dan teknologi *Internet of Things (IoT)* untuk memantau parameter operasi secara real-time. Pengembangan tersebut diharapkan dapat meningkatkan keandalan mesin sekaligus mendukung penerapan konsep industri 4.0 pada proses produksi.

Selain itu juga, perlu dilakukan pengujian menggunakan berbagai jenis material dengan karakteristik yang berbeda untuk mengetahui fleksibilitas dan performa mesin pada berbagai aplikasi industri. Penelitian lanjutan juga dapat mencakup analisis struktur menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)* berbasis *SolidWorks Simulation* atau perangkat lunak sejenis untuk mengevaluasi kekuatan rangka, rotor, dan palu terhadap beban kerja aktual. Di samping itu, analisis kelayakan ekonomi (*techno-economic analysis*) dan kajian konsumsi energi secara lebih mendalam perlu dilakukan untuk menentukan tingkat efisiensi investasi dan biaya operasional mesin dalam jangka panjang.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

- Pengembangan desain mesin dari *pin mill* menjadi *hammer mill with shifter* berhasil meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan, mencapai target harian sebesar 1 ton. Hal ini menunjukkan bahwa desain ulang mesin sesuai dengan kebutuhan produksi dan efisiensi kerja.
- Pengembangan mesin ini menunjukkan keberhasilan dalam menghasilkan alat yang mampu memenuhi target produksi hingga 1 ton per hari dengan kualitas hasil yang beragam. Mesin *hammer mill with shifter* menjadi solusi tepat untuk mendukung kebutuhan klien yang membutuhkan kapasitas besar dan hasil yang sesuai spesifikasi.
- Mesin *hammer mill with shifter* mampu menghasilkan produk dengan kualitas lebih beragam sesuai spesifikasi mesh 40 yang diinginkan, memenuhi standar kualitas klien.
- Mesin *hammer mill with shifter* mampu menggiling 1 kg bahan dalam waktu 3 menit, memungkinkan pencapaian target produksi hingga 1 ton per hari dengan hasil yang konsisten dan waktu proses yang lebih efisien dibandingkan mesin *pin mill* sebelumnya.
- Integrasi teknologi modern, seperti inverter untuk pengaturan kecepatan dinamis dan desain modular, memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam pengoperasian serta memudahkan perawatan.
- Desain modular mesin ini memudahkan perawatan dan penggantian komponen seperti rotor dan saringan, sehingga mengurangi waktu henti operasional dan meningkatkan efisiensi kerja secara keseluruhan.

4.2. SARAN

Sebagai langkah perbaikan dan pengembangan lebih lanjut, berikut adalah beberapa saran yang dapat dipertimbangkan:

- a. Untuk meningkatkan kinerja mesin *hammer mill with shifter* lebih lanjut, disarankan pengembangan lebih lanjut pada sistem otomatisasi, seperti integrasi sensor untuk memantau beban kerja mesin secara *real-time*. Hal ini akan membantu dalam mencegah kerusakan dan meningkatkan efisiensi produksi.
- b. Perawatan berkala harus menjadi prioritas untuk memastikan daya tahan mesin. Penggantian komponen seperti rotor dan saringan secara rutin dapat menjaga hasil penggilingan tetap seragam dan efisien. Pelatihan tambahan untuk operator juga diperlukan agar mereka memahami SOP pengoperasian dan perawatan mesin dengan baik.
- c. Sebagai langkah lanjutan, perusahaan dapat mempertimbangkan pengembangan produk mesin serupa untuk berbagai skala produksi. Dengan memperluas fitur dan kapasitas mesin, perusahaan dapat menjangkau lebih banyak klien dari berbagai sektor industri, seperti farmasi, makanan, dan pertanian.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Amaruloh, Y. (2020). *Rancang Bangun Pegas Vibrator Unit pada Mesin Pengayak Pasir* (pp. 37-69). Skripsi, Bandung: Politeknik TEDC Bandung.
2. Anggraini, W. (2017). Usulan Strategi Perawatan Mesin Breaker dan Mesin Hammer Mill di PT P&P Bangkinang. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 3(2), 71-80.
3. Brown, T. (2020). *Shifter Machine, Dahan Machine*. (<https://www.dahanmachine.com/img/202309201452.jpg>). Diakses tanggal 1 Januari 2025.
4. Eko Indrawan, Bulkia Rahim, Jasman, Primawati, Rizky Ema Wulansari, Febri Prasetya, Fiki Efendi, & Cici Andriani. (2022). Aplikasi Teknologi Tepat Guna pada Mesin Rice Milling di Sawah 14 Imang Kenagarian Koto Sani, Suluah Bendang: *Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 22(3), 510-517.
5. Hesa Putra, R, C. (2021). Analisis Performance Mesin Hammer Mill Menggunakan Metode Reliability Availability Maintainability (RAM) di PT. XYZ. *Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi (JUMINTEN)*, 2(4), 133-144.
6. Khoerunisa, I., Najihudin, A., & Hindun, S. (2020). *Review Artikel: solid Lipid Nanoparticle (SLN) Metode Dan Karakteristik*. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, 3(2), 307-316.
7. Kurniawan, S., and Kusnat, 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), 21-29.
8. Lubis, W., Dariant, D., and Iswandi, I. (2023). Proses Manufaktur Mata Pisau Mesin Penepung Ikan dengan Kapasitas 200 kg/jam. *Jurnal Ilmu Teknik Mesin Indonesia*, 2(2), 77-83.
9. Nugroho, S, J and Iskandar, N. (2015). Karakteristik Blade Hammer Mill Type Swing. *Jurnal Ilmu Teknik Mesin Indonesia JITMI*, 3(4), 89-97.
10. Santoso, B. (2021). Pemanfaatan IoT untuk Supervisi Mesin di Era Industri 4.0 *Jurnal Sistem Informasi Indonesia*. *Jurnal Sistem Informasi Indonesia*, 14(2), 89-97.

11. Sarumaha, V, S, P, D. (2022). *Proses Produksi Tepung Terigu Pada Mill KL PT Indofood Sukses Makmur Tbk. Bogasari Flour Mills Jakarta Utara* (pp. 22-46). Laporan Praktik Kerja Lapang, Gresik: Prodi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Internasional Semen Indonesia.
12. Setiawan, A. (2024). Hammer Crusher: Efisiensi Penghancuran dalam Industri. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 12–20.
13. Setiawan, D. (2018). Efektivitas Supervisi Mesin pada Industri Manufaktur. *Jurnal teknik Industri Indonesia*, 12(1), 45–52.
14. Sudjoko, T, C., and Sutapa, I, N. (2019). Evaluasi Efisiensi Proses Produksi pada Lintasan Original Equipment Manufacturing. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 228–239.
15. Suryady, S., and Sapto, A, D. (2024). Analisis Pembebanan Statis terhadap Rangka Mesin Alat Pengaduk untuk Adonan Donat menggunakan Software FEA. *Jurnal Teknik Mesin*, 13(1), 2749-2758.
16. Sutejo, A., Prasetyo, H., & Wibowo, T. (2021). Uji Performansi Mesin Penepung Tipe Palu (Hammer) untuk Pengolahan Hotong. *Jurnal Agricultural and Biosystem Engineering*, 2(2), 252–260.
17. Taufiq, M. (2021), *Analisis Kekuatan Rangka Mesin Hammer Mill Limbah Kaca Menggunakan Solidworks 2021* (pp. 46-60). Skripsi, Malang: Penerbit Fakultas Teknik Universitas Islam Malang.
18. Taylor, B., Jehmlich. (2021). *Hammer*. (<https://www.jehmlich.info/en/content/precrushing/hammer-mill/>) Diakses tanggal 22 Januari 2025.
19. Wahyudin, F., Faqih Fatkhurrozak., Firman Lukman Sanjaya. (2021). Perancangan Mesin Pncacah Plastik Berpenggerak Mesin Diesel 30 HP Menggunakan Perangkat Lunak Autodesk Inventor 2017. *Nozzle: Jurnal Mechanical Engineering*, 12(1), 2301-6957.
20. Widiyanti, W., Edy, D, L., and Marsono, M. (2024). Implementasi mesin Hammer Type Swing untuk Pengencuran Pakan Ternak Bagi Masyarakat Desa Srigonco, Bantur, Kab. Malang. *Jurnal Pengabdian Pendidikan dan Teknologi. JP2T*, 4(2), 117. doi: 10.17977/um080v4i22023p117-122.