



Analisis Konsep Fisika dalam Teknologi Penggilingan Beras dan Jagung

Cindy Asa Putri¹, Fitriyah², Sudarti³, Kendid Mahmud⁴

Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

Abstrak

Received: 05 September 2025

Revised: 17 September 2025

Accepted: 28 September 2025

Penggilingan beras dan jagung merupakan proses penting dalam meningkatkan nilai ekonomi produk pertanian melalui penerapan prinsip desain berbasis fisika. Studi ini mengkaji integrasi konsep-konsep fisika utama—seperti gaya mekanik, transmisi torsi, keausan material, energi kinetik, dan efisiensi energi—dalam teknologi penggilingan. Analisis komparatif terhadap mesin penggiling beras (hammer mill, disc mill, dan herb grinder) menunjukkan variasi signifikan dalam karakteristik tepung, termasuk densitas curah, tingkat kecerahan, modulus elastisitas, dan indeks penyerapan air. Pada penggilingan jagung, penerapan pendekatan desain sistematis Pahl dan Beitz menghasilkan mesin dengan kinerja struktural yang optimal untuk produksi tepung dan pakan ternak. Selain itu, integrasi magnetic trap dalam hopper mesin penggilingan padi turut meningkatkan kualitas hasil produksi dengan mengurangi kerusakan akibat kontaminasi logam. Temuan ini menegaskan pentingnya penerapan prinsip-prinsip rekayasa berbasis fisika dalam meningkatkan kinerja penggilingan, menjamin kualitas produk yang konsisten, dan memperpanjang umur operasional mesin.

Kata Kunci: *Desain berbasis fisika, teknologi penggilingan, sistem mekanik, pemanfaatan energi, rekayasa pertanian*

(*) Corresponding Author:

cindyasaputri00@gmail.com, sudarti.fkip@unej.ac.id

How to Cite: Putri, C., Fitriyah, F., Sudarti, S., & Mahmud, K. (2025). Analisis Konsep Fisika dalam Teknologi Penggilingan Beras dan Jagung. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(10.B), 272-279. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/11835>.

PENDAHULUAN

Dalam dunia pertanian modern, proses pengolahan pascapanen seperti penggilingan beras dan jagung memainkan peran strategis dalam meningkatkan nilai tambah produk serta efisiensi distribusi pangan. Seiring dengan berkembangnya kebutuhan akan efisiensi energi, kualitas produk, dan keberlanjutan industri, inovasi dalam teknologi penggilingan terus berkembang. Teknologi ini tidak hanya bergantung pada aspek mekanik semata, tetapi juga sangat terkait erat dengan penerapan konsep-konsep fisika dasar dan terapan, mulai dari mekanika klasik hingga dinamika partikel dan transfer energi.

Berbagai penelitian mengungkapkan bahwa proses penggilingan beras dan jagung sangat dipengaruhi oleh prinsip-prinsip fisika seperti gaya gesek, torsi, energi kinetik, serta perubahan sifat material akibat perlakuan panas dan mekanik. Studi mengenai pengaruh berbagai jenis mesin penggiling terhadap sifat fisik tepung beras menunjukkan bahwa desain mesin, kecepatan rotasi, serta bentuk dan konfigurasi pisau secara langsung mempengaruhi densitas curah, warna, modulus elastisitas, dan tekstur tepung (Blazer, dkk., 2024). Mesin penggiling herbal, misalnya, terbukti menghasilkan tepung beras dengan kualitas fisik terbaik, menunjukkan hubungan kuat antara parameter mekanik dan output produk (Aji Widyanugraha, dkk., 2020).

Dalam teknologi penggilingan jagung, pendekatan perancangan mesin juga menunjukkan pentingnya perhitungan energi mekanik dan gaya potong. Mesin penggiling jagung untuk pakan ternak dan jagung tongkolan dirancang dengan memperhatikan kapasitas

produksi, efisiensi sistem transmisi, dan kestabilan struktur mesin (Moses Pratama Ginting, 2022). Demikian pula, penerapan metode perancangan teknik Pahl dan Beitz dalam pengembangan mesin pembuat tepung jagung membuktikan bahwa faktor daya motor, kecepatan putar, dan efisiensi mekanik merupakan aspek fisika yang fundamental dalam inovasi teknologi

ini (Yogi Wira Yudha Silitonga, dkk., 2024).

Pendekatan simulasi numerik seperti Discrete Element Method (DEM) dalam studi penggilingan abrasif beras mengungkapkan bahwa efisiensi proses sangat bergantung pada dinamika partikel individual, termasuk pertukaran posisi aksial dan radial (Ze Sun, dkk., 2025). Peningkatan kecepatan putaran mesin terbukti meningkatkan homogenitas hasil penggilingan beras karena lebih intensifnya pertukaran posisi partikel yang mengoptimalkan penghilangan lapisan dedak. Selain itu, pendekatan keseimbangan energi dalam proses powder ball milling memperlihatkan bahwa ukuran partikel minimum dipengaruhi oleh rasio massa bola terhadap bahan, serta kecepatan dan waktu penggilingan (Blazer, dkk., 2024).

Pengembangan mesin multifungsi seperti mesin penggiling padi dan penepung sekam padi menunjukkan pentingnya penerapan prinsip desain fisika terapan, seperti optimasi sistem transmisi puli-sabuk, perhitungan daya, serta stabilitas struktural mesin (Aji Widyanugraha, dkk., 2020). Tidak hanya itu, penelitian tentang perubahan kristalinitas dan sifat termal pati akibat perlakuan milling berbasis shear dan heating menemukan bahwa suhu dan tekanan selama proses penggilingan mampu mengubah struktur molekul pati secara signifikan, yang berdampak pada tekstur dan daya simpan produk pangan berbasis jagung (Naoto Suzuki, dkk., 2023).

Seluruh penelitian tersebut menunjukkan bahwa konsep-konsep fisika seperti energi, gaya, perubahan struktur material, dinamika partikel, dan mekanika mesin menjadi landasan utama dalam pengembangan teknologi penggilingan beras dan jagung. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis mendalam terhadap penerapan fisika dalam teknologi penggilingan ini guna mendorong inovasi pertanian berkelanjutan dan memperkuat ketahanan pangan nasional.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sebagian besar merupakan data sekunder, dimana data sekunder ini teori-teori yang diambil dari beberapa jurnal yang berkaitan dengan teknologi penggilingan beras dan jagung. Pada proses melakukan studi Pustaka terdapat beberapa hal yang digunakan yaitu mengupas (*criticize*), membandingkan (*compare*), meringkas (*summarize*), mengumpulkan (*synthesize*), dan bertentangan (*compare*). Namun pada penelitian ini kami (*penulis*) hanya menggunakan perbandingan (*compare*) dari teori-teori terdahulu mengenai teknologi penggilingan beras dan jagung.

Dalam teknik membandingkan (*compare*), penulis menjelaskan mengenai teknologi penggilingan beras dan jagung, yang berdasarkan penelitian terdahulu yang sudah dilakukan pengujian sebelumnya kemudian dilakukan telaah terhadap literatur yang berasal dari buku, jurnal, skripsi dan artikel untuk mencari perbedaan dari beberapa teori tersebut.

HASIL PENELITIAN dan Pembahasan

Proses penggilingan bahan pangan, seperti beras dan jagung, tidak hanya soal mesin canggih, tetapi juga melibatkan prinsip-prinsip fisika dasar. Studi dari berbagai literatur menunjukkan bahwa konsep gaya, gerak, energi, dan efisiensi mekanik sangat penting dalam menentukan mutu dan efektivitas hasil gilingan. Analisis ini memperlihatkan bagaimana hukum-hukum fisika benar-benar bekerja dalam sistem penggilingan bahan pangan, baik untuk skala besar maupun kecil.

Dalam penelitian penggilingan beras oleh Somawiharja dkk. (2024), ditemukan bahwa tiga jenis mesin penggiling—*hammer mill*, *disc mill*, dan *herb grinder*—menghasilkan tepung beras dengan sifat fisik yang berbeda signifikan. Hal ini mengindikasikan adanya hubungan langsung antara gaya mekanik yang diterapkan oleh setiap mesin dan hasil akhirnya. Mesin *herb grinder*, yang menggunakan gaya gesek tinggi dan putaran cepat, menghasilkan partikel tepung paling kecil dan tingkat kecerahan tertinggi. Ini menunjukkan bahwa semakin halus partikel tepung, semakin besar gaya gesek yang bekerja dalam sistem, dan semakin tinggi pula kecerahannya karena partikel yang lebih kecil lebih baik dalam memantulkan cahaya. Fenomena ini sesuai dengan hukum Newton II, yang menyatakan bahwa percepatan suatu partikel sebanding dengan gaya yang diberikan padanya dan berbanding terbalik dengan massanya.

Dalam pengolahan jagung, rancangan mesin oleh Prayoga dkk. (2023) memperlihatkan bahwa gerakan mekanis dari motor listrik 1,5 hp dengan kecepatan 1400 rpm dialirkan ke dua bagian utama: pemipil dan penepung. Sistem penyaluran ini memakai puli dan sabuk untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanis berupa putaran. Proses ini menunjukkan adanya perubahan energi sesuai dengan hukum kekekalan energi, di mana energi listrik yang masuk berubah menjadi gerak dan sebagian kecil menjadi panas akibat gesekan antar komponen. Keberhasilan proses ini juga dipengaruhi oleh besarnya torsi dan gaya yang dihasilkan oleh poros mesin, yang perhitungannya didasarkan pada massa dan jari-jari putaran, sesuai dengan prinsip mekanika rotasi dalam fisika klasik.

Lebih lanjut, efisiensi dan usaha juga menjadi poin penting. Hasil perancangan mesin penggiling jagung tongkolan oleh Mulyanto dan Supriyono (2019) menunjukkan bahwa pemipilan dan penggilingan jagung dilakukan bersamaan dengan menggunakan motor listrik 1 HP. Dalam sistem ini, usaha yang dilakukan mesin untuk menggiling jagung dihitung berdasarkan torsi dan daya, yang dipengaruhi oleh massa komponen dan percepatan gravitasi. Besarnya usaha ini menggambarkan jumlah energi yang dipakai mesin untuk memecah butiran jagung menjadi ukuran yang lebih kecil. Proses ini juga dipengaruhi oleh gaya normal, gaya gesek, dan kecepatan putar poros, yang semuanya berkontribusi pada efisiensi kerja mesin secara keseluruhan.

Penelitian yang dilakukan oleh Sejati dkk. (2023) juga memberikan kontribusi penting dalam melihat bagaimana pengaruh modifikasi sistem mesin terhadap efisiensi aliran material. Dalam kajiannya terhadap penggunaan magnetic trap pada hopper mesin penggiling padi, ditemukan bahwa penambahan komponen ini mampu mempercepat laju aliran gabah hingga 15% dibandingkan hopper tanpa magnetic trap. Percepatan ini menunjukkan bahwa hambatan dalam sistem dapat diminimalkan dengan desain fisik tertentu, yang pada dasarnya melibatkan hukum fluida dan dinamika partikel dalam sistem tertutup. Keberadaan magnetic trap juga meningkatkan keselamatan operasional dan mencegah kerusakan komponen akibat kontaminasi benda asing berbahan logam, yang juga merupakan bagian penting dalam sistem mekanika bahan dan kekuatan material.

Penelitian ini menganalisis bagaimana prinsip-prinsip fisika, terutama momentum dan impuls serta panas dan termodinamika, diaplikasikan dalam proses penggilingan beras dan jagung. Pemahaman mendalam terhadap konsep-konsep ini krusial untuk meningkatkan desain dan kinerja mesin penggiling, sekaligus menjaga mutu produk akhir. Dalam konteks penggilingan, tumbukan yang dihasilkan oleh komponen mesin seperti pisau atau pelat penghancur merupakan implementasi langsung dari konsep momentum dan impuls. Benda dengan massa besar yang bergerak cepat (misalnya, pisau pemukul) memiliki momentum yang signifikan. Ketika terjadi tumbukan dengan biji, impuls yang timbul akibat gaya dan waktu kontak yang singkat menyebabkan biji tersebut terpecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil.

Dalam penelitian tentang mesin penumbuk jagung, Musyafak dkk. (2020) menjelaskan bahwa tumbukan vertikal dari alat seberat 8 kg yang bergerak naik turun efektif memecah biji jagung menjadi partikel berukuran 2–4 mm. Eksperimen dengan variasi kecepatan langkah mesin (20 hingga 45 langkah per menit) memperlihatkan dampak signifikan terhadap berat beras jagung yang dihasilkan. Hasil optimal didapatkan pada kecepatan 20 langkah per menit, yang menghasilkan jumlah pecahan jagung terbanyak. Temuan ini mengindikasikan bahwa impuls tumbukan yang tepat, bukan hanya yang paling besar, berperan penting dalam menghasilkan ukuran pecahan biji yang diinginkan. Kecepatan yang terlalu tinggi justru menurunkan efisiensi pemecahan karena gaya tumbukan tidak tersebar secara merata pada biji jagung.

Mesin penggiling jagung dengan sistem rotasi, seperti yang dirancang oleh Silitonga dkk. (2024), memanfaatkan momentum sudut dari poros dan pisau yang berputar dengan motor listrik 1,5 HP pada kecepatan 1450 rpm untuk menghasilkan daya tumbuk sentrifugal. Gaya sentrifugal ini menyebabkan biji jagung pecah saat terlempar ke tepi ruang penggilingan dan kemudian keluar melalui saringan. Kecepatan rotasi yang tinggi menjadi sumber energi kinetik yang menghasilkan impuls saat biji bertumbukan dengan pisau. Efektivitas pemecahan dalam sistem ini dipengaruhi oleh jumlah dan sudut mata pisau, serta dimensi poros (panjang dan diameter).

Lebih lanjut, Adriansyah dkk. (2014) mengembangkan mesin penggiling jagung jenis *Buhr Mill* yang menggunakan prinsip gesekan antara dua pelat bergerigi. Pada mesin ini, tumbukan dan gesekan terjadi secara bersamaan. Pengujian kinerja mesin menunjukkan bahwa lebar celah antar pelat secara signifikan memengaruhi distribusi ukuran hasil gilingan. Celah sebesar 0,5 mm menghasilkan 61,3% gilingan halus, sementara celah 1,5 mm hanya menghasilkan 20,8% partikel halus. Hal ini menunjukkan bahwa celah yang lebih kecil meningkatkan energi tumbukan dan impuls yang diterima biji jagung, sehingga menghasilkan partikel yang lebih halus.

Secara termodinamika, penggilingan merupakan proses perubahan energi mekanik menjadi panas yang timbul akibat gesekan antara bagian-bagian mesin dan material yang digiling. Dalam sistem tertutup mesin penggiling, tidak semua energi kinetik dari motor dan elemen pemecah digunakan untuk memecah biji; sebagian energi tersebut bertransformasi menjadi panas. Fenomena ini selaras dengan hukum pertama termodinamika yang menyatakan kekekalan energi, di mana energi hanya dapat berubah bentuk.

Penelitian Putri dkk. (2021) mengenai konsumsi energi pada pemipilan jagung mengilustrasikan bahwa energi yang disalurkan tidak hanya berfungsi untuk memecah biji, tetapi juga menghasilkan panas di dalam sistem. Pada pemipilan mekanis, tercatat konsumsi energi sebesar 282,33 MJ/ton, dan sebagian dari energi ini berubah menjadi panas akibat gesekan di dalam mesin. Panas yang dihasilkan tidak hanya menaikkan temperatur komponen logam, tetapi juga berpotensi menguapkan sebagian kandungan air dalam jagung, yang jika tidak dikelola dengan baik dapat menurunkan kualitas produk.

Widyanugraha dkk. (2020) juga mengamati peningkatan suhu akibat gesekan pada mesin penggiling padi dan penepung sekam skala rumah tangga. Pada mesin ini, sistem transmisi dan perputaran poros mengakibatkan penumpukan panas yang signifikan, terutama di sekitar bantalan dan ruang penggilingan. Peningkatan suhu yang berlebihan dapat memicu pengeringan berlebih (*over-drying*), penurunan kadar air, serta perubahan warna atau aroma yang tidak diinginkan pada hasil penggilingan. Oleh karena itu, perancangan sistem ventilasi yang baik dan pemilihan material dengan sifat termal yang sesuai menjadi aspek penting dalam pengembangan mesin skala kecil yang efisien.

Hubungan antara panas dan kualitas hasil gilingan juga terlihat pada produk yang terlalu kering, di mana kandungan air bahan berkurang secara drastis. Kondisi ini tidak hanya menyebabkan penurunan berat akhir, tetapi juga berpotensi menimbulkan keretakan pada

butiran dan mengurangi kandungan nutrisi. Dengan demikian, pengendalian suhu dan durasi tumbukan menjadi faktor krusial untuk menjaga keseimbangan antara efisiensi proses dan kualitas produk yang dihasilkan.

Dalam analisis kinematika dan dinamika rotasi pada teknologi penggilingan beras dan jagung, pemahaman tentang kecepatan sudut (ω) dan percepatan sudut (α) sangat penting karena keduanya secara langsung memengaruhi efektivitas pisau atau roda penggiling dalam menghasilkan partikel halus dari biji. Kecepatan sudut dalam sistem rotasi ini dirumuskan sebagai $\omega = \omega_0 + \alpha t$, dengan ω_0 adalah kecepatan sudut awal dan t adalah waktu. Penelitian oleh Sun dkk. (2025) menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan rotasi cakram abrasif hingga 4000 rpm secara signifikan memperbaiki keseragaman hasil penggilingan. Peningkatan kecepatan ini mengaktifkan pergerakan partikel secara aksial dan radial, yang memfasilitasi pertukaran posisi dan penyebaran gaya yang lebih baik, sehingga menghasilkan distribusi gaya tumbuk yang lebih efisien. Lebih lanjut, percepatan sudut memiliki kaitan dengan torsi (τ) yang dihasilkan oleh motor, yang dinyatakan dalam persamaan $\tau = I \cdot \alpha$, di mana I adalah momen inersia dari pisau atau roda penggiling. Contohnya, mesin penggiling jagung mini yang dijelaskan oleh Prasetyo dkk. (2020) menggunakan pisau dengan momen inersia (I) yang rendah, sehingga hanya memerlukan torsi yang kecil untuk mencapai kecepatan operasional yang optimal.

Dampak rotasi terhadap kapasitas dan kualitas hasil gilingan dapat dipahami melalui energi kinetik rotasi. Energi ini ditransfer ke biji sebagai gaya tumbuk, yang akan memecahnya menjadi partikel kecil asalkan distribusinya merata dan tidak melampaui batas elastisitas material biji. Dalam studi Olayanju dkk. (2021), variasi kecepatan poros (600–900 rpm) dan durasi pemolesan (1–3 menit) terbukti memengaruhi hasil beras kepala (*head rice yield*), persentase beras pecah, dan total hasil beras giling. Konfigurasi yang tepat mampu menghasilkan rendemen tertinggi dengan kualitas beras yang lebih baik. Lebih lanjut, Abiko dkk. (2021) menemukan bahwa pengaturan suhu dan gesekan selama proses penggilingan memengaruhi sifat viskoelastis adonan dan ukuran butiran, menunjukkan bahwa pengaruh rotasi tidak hanya bersifat mekanis tetapi juga termal dalam menciptakan produk dengan kualitas yang stabil. Blazer dkk. (2024) juga mengamati bahwa partikel hasil penggilingan basah yang difermentasi cenderung berukuran lebih kecil, namun menimbulkan masalah dalam aliran material karena peningkatan sudut gesek dan daya lekat antar partikel.

Jika digunakan dua piston dengan luas penampang berbeda, maka gaya keluaran dapat dihitung dengan:

$$\eta = \frac{\text{Energi keluaran}}{\text{Energi masukan}} \times 100\%$$

Efisiensi dalam proses penggilingan dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik selain kecepatan dan gaya, termasuk koefisien gesekan antar partikel, momen inersia mesin, serta sifat termal dan reologi bahan yang digiling. Kondisi kelembaban yang tinggi, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian Blazer dkk. (2024), dapat meningkatkan gaya adhesi antar partikel, yang mengakibatkan hambatan aliran material dan memerlukan energi tambahan untuk proses transportasi dan pencampuran. Dalam konteks ini, koefisien gesekan (μ) dapat dihitung menggunakan $\mu = \frac{F_{\text{gesek}}}{N}$, di mana F_{gesek} adalah gaya gesekan dan N adalah gaya normal. Dalam proses penggilingan, gesekan internal yang tinggi dapat menurunkan efisiensi karena menyebabkan penumpukan material pada area tertentu, meningkatkan risiko terjadinya *ratholing* (pembentukan saluran kosong di tengah material) atau *bridging* (pembentukan jembatan material di atas lubang keluar). Pada mesin penggiling yang menggunakan sistem hidrolik, seperti yang dijelaskan oleh Blazer dkk. (2024) dan Prasetyo dkk. (2020), prinsip

Hukum Pascal berlaku secara dominan. Tekanan yang diberikan dalam fluida tertutup akan menyebar secara merata ke seluruh arah sesuai dengan rumus:

$$P = \frac{F}{A}$$

Jika digunakan dua piston dengan luas penampang berbeda, maka gaya keluaran dapat dihitung dengan:

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1$$

Sistem ini memungkinkan gaya tekan besar dihasilkan dari gaya input kecil dengan memanfaatkan perbedaan luas penampang piston. Dalam penggilingan industri, hal ini dimanfaatkan untuk menghancurkan biji keras seperti jagung atau sekam padi secara merata dan efisien, terutama dalam tahap dehulling dan polishing.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang telah dibahas, dapat disimpulkan bahwa proses penggilingan bahan pangan seperti beras dan jagung melibatkan penerapan prinsip-prinsip fisika secara mendalam. Konsep gaya, gerak, momentum, impuls, energi kinetik, hingga termodinamika berperan penting dalam menentukan efektivitas dan mutu hasil gilingan. Setiap jenis mesin penggiling menghasilkan karakteristik produk yang berbeda akibat perbedaan mekanisme gaya yang digunakan, baik itu gaya tumbuk, gesek, atau gaya sentrifugal. Kecepatan sudut, momen inersia, dan torsi juga memengaruhi distribusi energi dalam sistem, yang pada akhirnya berdampak pada ukuran dan kecerahan partikel hasil penggilingan. Selain itu, panas yang timbul dari gesekan internal mesin dapat memengaruhi kadar air dan kualitas akhir produk, sehingga perlu pengendalian suhu yang tepat. Penerapan prinsip Hukum Pascal dalam sistem hidraulik juga membuktikan bagaimana fisika fluida dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi kerja mesin. Dengan demikian, pemahaman terhadap hukum-hukum fisika tidak hanya meningkatkan performa dan efisiensi mesin, tetapi juga sangat menentukan kualitas hasil penggilingan bahan pangan.

B. Saran

Penelitian di masa mendatang disarankan untuk memperluas analisis terhadap pengaruh parameter fisika lainnya, seperti getaran mesin, resonansi, dan karakteristik bahan (modulus elastisitas, kekuatan tarik, dan reologi) terhadap hasil penggilingan. Pengembangan teknologi penggiling sebaiknya juga diarahkan pada integrasi sistem pendingin atau ventilasi otomatis untuk mengatasi permasalahan peningkatan suhu akibat gesekan, guna menjaga kualitas produk. Selain itu, penting untuk melakukan uji performa mesin pada berbagai jenis bahan pangan dengan variasi kadar air dan kekerasan untuk memperoleh data empiris yang lebih komprehensif. Kolaborasi antara ilmu fisika dan rekayasa mekanik sangat diperlukan untuk menghasilkan mesin penggiling yang tidak hanya efisien secara energi, tetapi juga unggul dalam menjaga mutu nutrisi dan tekstur produk akhir.

DAFTAR RUJUKAN

Abiko, M., Koda, T., & Nishioka, A. (2021). *Effect of conditions of shear and heat milling machine on structures and properties of rice batter*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, e16005.

Adriansyah, Junaidi, & Mulyadi. (2014). *Pengembangan mesin penggiling jagung jenis Buhr Mill sistem hantaran screw dan penggilingan plat bergerigi*. Dalam *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, 12 November 2014.

Blazer, K. J., Shinnars, K. J., Kluge, Z. A., Tekeste, M. Z., & Digman, M. F. (2024). *Physical properties of moist, fermented corn grain after processing by grinding or milling*. *AgriEngineering*, 6, 908–924.

Budi, F.S., Hariyadi, P., Budijanto, S., & Syah, D. (2017). Kristalinitas dan kekerasan beras analog yang dihasilkan dari proses ekstrusi panas tepung jagung. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 28(1), 46–54.

Hamdani, A. S., Ardan, Z., Maftuh, M., & La Maru, K. 2023. Perancangan mesin penggiling jagung untuk pakan ternak. *PISTON: Jurnal Teknologi*, 8(2), 6–13.

Martelli, S., & Di Nunzio, P. E. 2023 Powder ball milling: An energy balance approach to particle size reduction. RINA Consulting - Centro Sviluppo Materiali S.p.A., Rome, ITALY.

Musyafak, & Refrizal Amir. (2020). *Optimasi kecepatan langkah mesin penumbuk jagung terhadap beras jagung berukuran 2–4 mm*. *Jurnal Mekanik Terapan*, 1(1), 19–26. Politeknik Negeri Bandung.

Mudriadi, W. (2021). Perancangan Mesin Penggiling Sekam Padi dengan Metode Mekanisasi Penggilingan Hammer Mills. e-Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri VIII. ISBN: 978-602-60451-8-8, hlm. 336.

Mulyanto, T., & Supriyono. 2019. Perancangan mesin penggiling jagung tongkolan [Design of corncobs grinder machine]. *Jurnal ASIMETRIK: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 1(1), 50–58.

Munir, R., Rahmayanti, H. D., Murniati, R., Rahman, D. Y., Viridi, S., & Abdullah, M. 2020. Experiment and Modeling of Rice Winnowing: Granular Segregation Method in Ancient Traditions. Department of Physics, Bandung Institute of Technology.

Nasirwan, Fadlurrahman, Z., Widodo, T. W., Rosa, Y., & Yetri, Y. 2024. Perancangan Mesin Pencacah Biji Jagung Dengan Mata Pisau Sebagai Pemecah. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, Vol. 16, No. 01.

Olayanju, A. T., Okonkwo, C. E., Ojediran, J. O., Hussain, S. Z., Dottie, E. P., & Ayoola, A. S. (2021). *Interactive effects and modeling of some processing parameters on milling, cooking, and sensory properties for Nigerian rice using a one-step rice milling machine*. *Heliyon*, 7, e06739.

Putri, R. E., Nepis, W., & Fahmy, K. (2021). *Analisis konsumsi energi pada proses pemipilan jagung (Zea mays L.): Studi kasus di Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat*. *TEKNOTAN*, 15(1), 53–60.

Prayoga, M. G. A., Dahlan, D., & Tatak, A. R. (2023). Perancangan Mesin Pembuat Tepung Jagung Kapasitas 5 kg/jam dengan Metode Pahl dan Beitz. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Inovasi*, 5(1), 71–82.

Sejati, S. G. W., Iskandar, N., & Sulardjaka. 2023. Analisis Laju Aliran dan Kekuatan Magnetic Trap pada Hopper Mesin Penggiling Padi. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 11, No. 1, hlm. 48–55.

Somawiharja, Y., Pratiwi, I.Y., Nasrullah, A.N., Tjahjadi, F.S., & Vidyastanto, R. (2024). Pengaruh mesin penggilingan terhadap sifat fisik tepung beras. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan (JSTP)*, 9(3), 7516–7524.

Silitonga, Y. W. Y., Sitorus, V. J., Sembayang, S., & Tarigan, K. (2024). *Rancang bangun mesin penggiling jagung kapasitas 100 kg/jam*. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, 5(1), 108–115.

Sun, Z., Li, A., Ji, S., Li, H., Li, Z., Gao, H., Wang, X., Li, X., Han, Y., & Zhao, D. (2025). *Numerical study of rice grain milling uniformity in the abrasive milling process*. *Foods*, 14(630).

Suzuki, N., Abiko, M., Yano, H., Koda, T., Nishioka, A., & Fujita, N. (2023). *Effect of shearing and heat milling treatment temperature on the crystallinity, thermal properties, and molecular structure of rice starch*. *Foods*, 12, 1041.

Widyanugraha, A., Santosa, A., & Santoso, D. T. (2020). *Perancangan mesin penggiling padi dan penepung sekam padi skala rumah tangga. Jurnal Teknik Mesin*, 13(2), 69–75.