

Analisis FEM Pengaruh Tumbukan Gandum Pada Blade Hammer Mill Type Swing

Norman Iskandar^{*}, Fuad Hilmy², Munadi³, Mochammad Ariyanto⁴

^{*234} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Indonesia

*email : norman.undip@gmail.com

Abstrak

Mesin hammer mill adalah mesin yang memanfaatkan prinsip kerja tumbukan dimana produk akan masuk dalam ruangan penghancur, dimana didalamnya ada *blade* yang diputar sebagai media penghancur primer dan dinding mesin dan *screening* sebagai media penghancur sekunder. *Blade hammer mill* ada dua tipe yaitu tipe *fixed* atau tetap dan tipe *swing* atau menggantung. Salah satu penggunaan mesin *hammer mill* dengan tipe *swing blade* adalah pada industri pengolahan gandum dimana lebih spesifik untuk mengolah gandum yang tidak layak proses untuk dibuat tepung untuk dihancurkan sebagai bahan campuran produk pakan ternak. Permasalahan yang sering terjadi pada mesin *hammer mill* adalah faktor keausan *blade* yang sangat tinggi sehingga memiliki umur pakai yang relatif pendek. Efek keausan menyebabkan kerja *hammer mill* tidak akan optimal, seperti kualitas produk yang kurang baik, boros energi, serta kapasitas produksi menurun dan yang paling fatal bisa berakibat kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti fenomena yang terjadi dalam proses tumbukan antara *blade hammer mill* yang digunakan dengan gandum yang diproses. Pengaruh tumbukan gandum pada permukaan *blade* akan dikaji untuk mengetahui daerah-daerah kritisnya yaitu daerah yang mengalami laju keausan yang tinggi. Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan pendekatan software berbasis FEM. Area yang mengalami keausan akan dibagi menjadi 6 titik untuk diuji pengaruh tumbukan dengan gandum. Data yang digunakan dalam proses simulasi yaitu putaran mesin 1500rpm, serta material yang digunakan adalah AISI 1064. Data hasil simulasi berupa nilai stress dan strain pada masing-masing titik tumbukan. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa titik paling ujung atau paling jauh dari sumbu bukan titik yang terbesar mengalami *stress* dan *strain*. Nilai *stress* dan *strain* terbesar ada pada titik kedua dimana hal ini sesuai dengan profil keausan yang terjadi di lapangan. Nilai *stress* dan *strain* berbanding lurus dengan tingkat keausan pada *blade* yang mengalami tumbukan.

Kata kunci: *Hammer mill, Swing blade, FEM, Tumbukan, Keausan.*

Pendahuluan

Industri pengolahan gandum tidak hanya menghasilkan produk luaran berupa tepung, namun juga ada produk sekunder yaitu bahan untuk campuran pembuatan pakan ternak. Produk sekunder ini berasal dari sisa gandum yang tidak terproses menjadi produk tepung. Proses pengolahan produk sekunder pada industri pengolahan gandum menggunakan mesin *hammer mill*.

Hammer mill, yang juga dapat disebut sebagai *Sereal Miller*, adalah mesin yang sebenarnya dirancang untuk pengolahan penggilingan dan pengayakan semua jenis biji-bijian sereal, seperti gandum, padipadian, jagung, sorgum. *Hammer mill* ini juga dapat memproses bahan non - sereal seperti umbi-umbian, singkong kering dan ubi [1]. Mesin ini mempunyai suatu bagian yang berfungsi sebagai penghancur bahan baku, yaitu pisau atau *blade hammer mill* [2]

Dalam industri pengolahan gandum, selain sebagai penghasil produk sekunder, mesin *hammer mill* juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan proses produksi sebagai pengolah sisa-sisa hasil produksi tepung. Maka apabila mesin *hammer mill* mengalami masalah, seluruh proses produksi tepung dapat dihentikan. Hal tersebut dilakukan karena ketika mesin *hammer mill* bermasalah maka tidak ada yang akan menyeimbangkan proses produksi dalam mengolah sisa-sisa produksi tepung yang semakin lama akan semakin banyak.

Mesin *hammer mill* menggunakan prinsip kerja tumbukan untuk menghancurkan material input menjadi butiran. Proses tumbukan ini memberikan efek berupa keausan pada *blade*. Keausan pada *blade* akan memberikan dampak diantaranya menurunnya kuantitas dan kualitas produksi. Dengan *blade* yang aus mesin *hammer mill* tidak dapat memproduksi makanan ternak dengan cepat dan dengan kualitas bagus karena tumbukan yang terjadi antara *blade* dengan gandum menjadi kurang efektif.

Jika proses penghancuran kurang maksimal maka bisa berakibat screen bisa tersumbat sehingga menaikkan suhu ruang *hammer mill*. Hal ini berpotensi memicu timbulnya kebakaran. Kebakaran pada ruang produksi mesin bisa merambat melalui pipa menuju ke silo atau penampungan produk sekunder yang siap kemas.

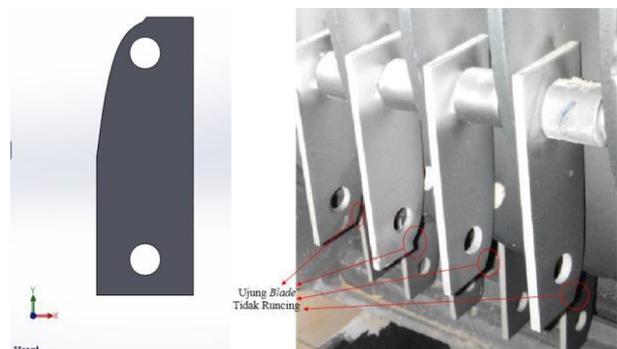
Kualitas *blade hammer mill* menjadi salah satu jawaban agar potensi permasalahan seperti diuraikan diatas tidak terjadi. Selain itu dengan kualitas yang baik maka waktu yang terbuang untuk melakukan proses penggantian *blade* juga akan semakin kecil karena umur pakai yang lebih lama.

Hammer mill berdasarkan jenis *blade* di bedakan menjadi 2 jenis, yaitu tipe *Fix Hammer mill* tipe ini yaitu *hammer mill*

yang mempunyai pisau terpasang *fix* dengan poros, sehingga posisi *hammer* tetap lurus ketika mesin beroperasi. Keuntungan dari mesin *hammer mill* tipe ini yaitu dapat menghasilkan produk lebih halus dengan waktu yang lebih cepat. Hal ini dikarenakan pukulan yang dilakukan *blade/hammer* lebih maksimal karena mempunyai sambungan *fix*. Akan tetapi *fix hammer mill* mempunyai kerugian yaitu poros yang menjadi tumpuan pisau akan mudah mengalami kegagalan atau kerusakan.

Jenis kedua yaitu *swing hammer mill* yang mempunyai pisau terpasang longgar atau *consentric*. Jadi, apabila mesin beroperasi maka palu akan melayang terlempar kearah luar dari pusat putaran karena adanya gaya sentrifugal. Keuntungan *hammer mill* jenis ini yaitu hanya part *hammer/blade/pisau* saja yang sering mengalami keausan, sedangkan poros yang menjadi tumpuan pisau akan lebih tahan lama. Selain itu proses pergantian part juga relative lebih mudah.

Untuk industri pengolahan gandum, mesin *hammer mill* yang digunakan adalah tipe *swing*. Profil aus yang terjadi pada *blade* tipe *swing* pada industri pengolahan gandum adalah seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Profil keausan pada *blade*.

Kualitas *blade* yang baik akan meminimalkan resiko keausan yang terjadi sehingga umur pakai kan semakin panjang.

Kualitas *blade* ditentukan dari kualitas bahan baku serta perlakuan permukaan yang diberikan. Untuk industri besar cenderung memilih *blade* import dimana memang memiliki kualitas ketahanan lebih bagus dibandingkan *blade* lokal.

Untuk meningkatkan daya saing *blade* lokal sehingga bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri maka akan dilakukan eksperimen perlakuan permukaan *blade* lokal sehingga bisa mendekati atau menyamai kualitas *blade* import.

Topik kajian yang nantinya akan di kupas adalah sejauh mana ketebalan permukaan yang akan diproses sehingga kekerasannya meningkat serta menggunakan teknologi apa serta parameter apa yang nanti akan menjadi kunci. Untuk eksperimen direncanakan dua buah metode yaitu nitriding dan induksi.

Untuk material yang akan diproses adalah baja dengan kategori karbon menengah dan tinggi sebagaimana kelaziman bahan yang digunakan untuk *blade hammer mill* di pasaran.

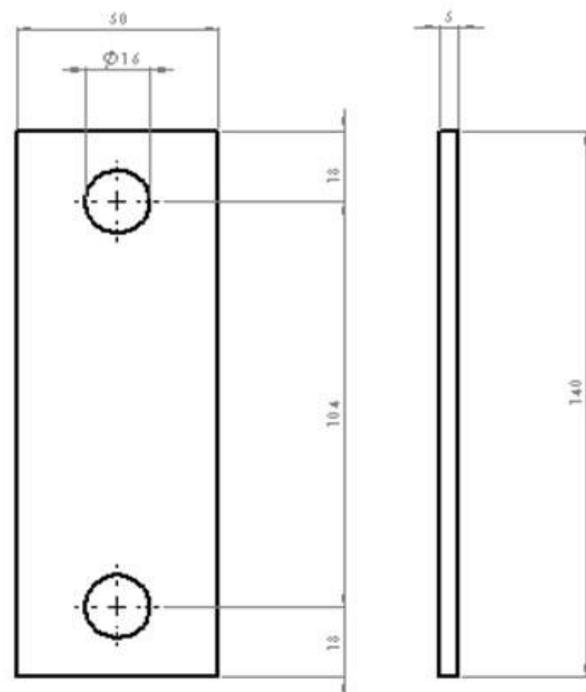
Namun sebelum masuk ke fase eksperimen perlu dilakukan kajian dengan analisis FEM untuk melihat efek dari tumbukan material gandum pada *blade*. Tujuan dari simulasi dan analisis FEM ini adalah untuk memastikan fenomena keausan yang terjadi sehingga nanti bisa ditentukan rancangan proses perlakuan permukaan serta ketebalan yang akan diperkirakan untuk dikeraskan.

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan terkait mesin *hammer mill* diantaranya tentang pemodelan aliran campuran fluida dan partikel dalam mesin *hammer mill* [3]. Analisis aliran fluida dan gerak partikel secara individu dalam dalam mesin *hammer mill* juga telah dikaji [4,5]

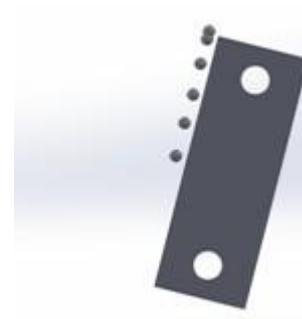
Penelitian tentang tumbukan atau impact yang terjadi dalam proses *milling* dengan memodelkan sebuah partikel juga telah dilakukan dimana ragam bentuk dan ukuran serta berat partikel akan memberikan efek yang beragam [6,7,8]

Metodologi

Dalam penelitian ini untuk input simulasi, data yang digunakan diantaranya adalah *blade* dengan dimensi seperti pada Gambar 2. Pada *blade* akan dibagi menjadi 6 titik untuk diuji pengaruh tumbukan dengan gandum seperti terlihat pada Gambar 3.. Data yang digunakan dalam proses simulasi yaitu putaran mesin 1500 rpm, serta material yang digunakan adalah AISI 1064 massa 264,90 grams.



Gambar 2. Dimensi *blade* (mm).



Gambar 3. Titik tumbukan gandum dengan *blade*.

Mechanical properties dari bulir gandum didapat dari referensi perusahaan yaitu nilai *modulus of elasticity* sebesar 0,2 GPa, sedangkan nilai *poisson ratio* gandum yaitu 0,4. Gandum juga mempunyai nilai *bulk density* sebesar 690-823,2 kg/m³ dan nilai *shear stress* antara ± 8,437 Mpa.

Adapun perumusan yang digunakan dalam proses simulasi ini adalah seperti dalam Persamaan 1, persamaan 2 dan persamaan 3 [9].

Tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

σ = Tegangan (N/m²)
P = Gaya yang bekerja pada benda (N)
A = Luas penampang melintang benda (m²)

Regangan :

$$\epsilon = \frac{\delta l}{l} \quad (2)$$

Dimana:

= Regangan (m/m)
 δl = Perubahan panjang benda (m)
l = Panjang awal benda (m)

Deformasi:

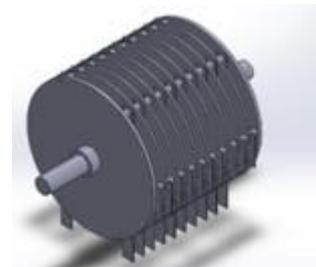
$$\delta l = \epsilon l = \frac{\sigma l}{E} = \frac{Pl}{AE} \quad (3)$$

Dimana:

P = Beban atau gaya yang bekerja pada benda
l = Panjang benda
A = Luas penampang benda

σ = Tegangan yang timbul pada benda
E = Modulus Elastisitas material benda
= Regangan
 δl = Deformasi benda

Tahapan penelitian meliputi proses pemodelan mesin *hammer mill* ke dalam *Software* berdasarkan data mesin yang ada. Hasil pemodelan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Gambar desain blade *hammer mill*

Selanjutnya tahapan simulasi rotasi dan validasi simulasi gerak rotasi. Setelah tervalidasi maka hasil simulasi akan digunakan untuk diukur posisi *blade hammer mill* meliputi jari jari dari sumbu utama dan sudut yang terbentuk. Data hasil pengukuran ini akan dijadikan sebagai data input untuk pemodelan tumbukan secara linier antara biji gandum dan *blade*.

Hasil dan Pembahasan

Dari hasil simulasi rotasi pada Gambar 5 didapat sudut tumbukan saat gandum tepat memasuki mesin. Kemiringan blade yaitu sebesar 14,08° dari garis lurus yang berpusat pada pusat rotasi.

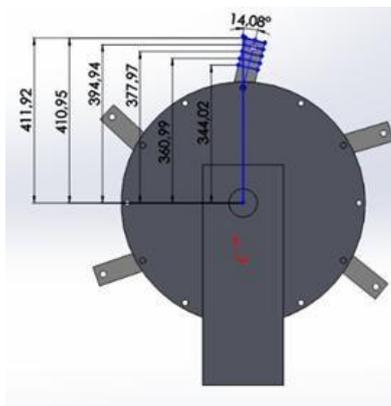
Jarak titik tumbukan yaitu jarak dari pusat rotasi terhadap titik yang terkena tumbukan yaitu titik A, B, C, D, E dan F. Jarak ini yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan kecepatan awal simulasi tumbukan.

Diketahui nilai kecepatan sudut sebesar 1500 rpm, maka di konversikan terlebih dahulu ke dalam rad/s. Setelah diketahui

kecepatan sudut, maka dapat dihitung kecepatan linear awal pada masing-masing titik tumbukan seperti pada Tabel 1 berikut.

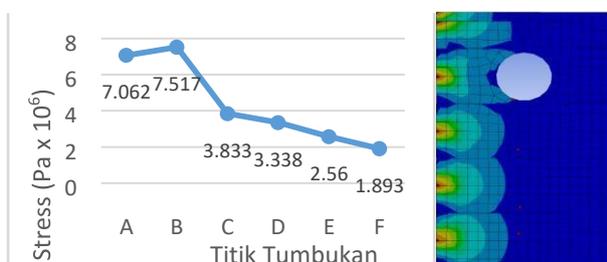
Tabel 1 Kecepatan Linear Awal

No	Nama Titik	Kecepatan Linear Awal (m/s)
1	A	64,7
2	B	64,6
3	C	62,0
4	D	59,4
5	E	56,7
6	F	54,0

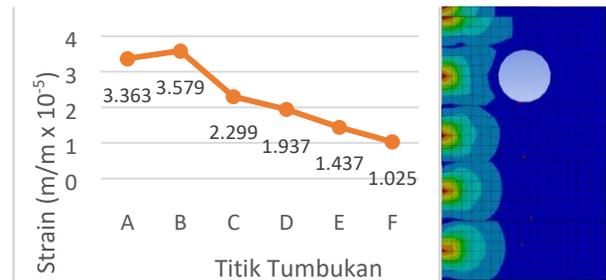


Gambar 5. Simulasi rotasi.

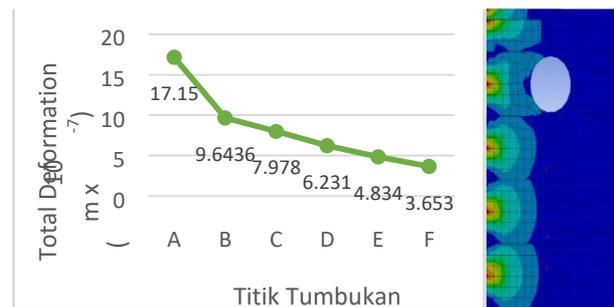
Setelah dilakukan proses simulasi tumbukan maka profil hasil tumbukan yang menggambarkan nilai tegangan, regangan dan deformation bisa dilihat pada Gambar 6 sampai Gambar 8.



Gambar 6. Stress.



Gambar 7. Strain.



Gambar 8. Deformasi.

Pada Gambar 6 dari keenam titik tersebut, titik B mempunyai nilai *maksimum stress* yang paling besar. Hal ini dikarenakan pada titik B tumbukan terjadi sepenuhnya, jika dibandingkan dengan tumbukan pada titik A terjadi hanya sebagian karena titik A berada tepat pada garis ujung blade walaupun titik A mempunyai kecepatan terbesar. Sedangkan apabila dibandingkan dengan titik C yang berada 16,5 mm lebih dalam dari titik B, tumbukan di titik C sama-sama tumbukan sepenuhnya akan tetapi kecepatan tumbukan pada titik C lebih kecil daripada titik B sehingga *maksimum stress* lebih kecil daripada titik B. Sedangkan tumbukan pada titik C, D, E dan F secara kontinyu mengalami penurunan *maksimum stress*. Hal ini disebabkan kecepatan linier yang terjadi pada titik-titik tersebut semakin kecil pula.

Gambar 7 merupakan grafik perbandingan nilai *maksimum strain* dari titik A, B, C, D, E

dan F pada *blade*. Pada titik A, nilai *maksimum strain* yang muncul yaitu sebesar $3,363 \times 10^{-5}$. Sedangkan di titik B nilai *maksimum strain* yaitu sebesar $3,579 \times 10^{-5}$.

Nilai *maksimum strain* yang terjadi pada titik C yaitu $2,299 \times 10^{-5}$. Pada titik D nilai *maksimum strain* sebesar $1,937 \times 10^{-5}$, sedangkan pada titik E sebesar $1,437 \times 10^{-5}$. Pada titik F terjadi *maksimum strain* terkecil yaitu sebesar $1,025 \times 10^{-5}$.

Dari masing-masing nilai *maksimum strain* pada Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa *blade* mempunyai nilai regangan tertinggi pada titik B daripada titik-titik yang lain.

Pada Gambar 8 nilai deformasi semakin menurun dari titik A, B, C, D, E sampai titik F. Sedangkan nilai tertinggi yaitu pada titik A. Hal ini dikarenakan pada bagian ujung adalah bagian yang cenderung lebih mudah diubah dimensinya daripada bagian yang lain.

Kesimpulan

Profil distribusi dan grafik *stress* dan *strain* pada hasil simulasi tumbukan sama seperti profil keausan pada *blade* di lapangan, berarti semakin besar nilai *stress* dan *strain* maka semakin besar pula tingkat keausan *blade*.

Deformasi terbesar berada pada ujung *blade*, karena karakteristik profil yang ada.

Referensi

- [1] Nasir A, *Development and Testing of a Hammer Mill; journal of Manufacture Engineering*, 2005.
- [2] Golfetto S.P.A *Hammer Mill Type GMM Instructions for installation, operation and maintenance*. Padova. Italia.
- [3] Austin, L.G. (2004). A preliminary simulation model for fine grinding in high speed hammer mills. *Powder Technology* 143–144:240–252.
- [4] Jayasundara, C.T., R.Y. Yang, B.Y. Guo, A.B. Yu and J. Rubenstein (2009). Effect of slurry properties on particle motion in IsaMills. *Minerals Engineering*. 22:886– 892.
- [5] Jayasundara, C.T., R.Y. Yang, B.Y. Guo, A.B. Yu, I. Govender, A. Mainza, A. van der Westhuizen, and J. Rubenstein (2011). CFD–DEM modelling of particle flow in IsaMills - comparison between simulations and PEPT measurements. *Minerals Engineering*. 24:181–187.
- [6] G. Unland, Y. Al-khasawneh, The influence of particle shape on parameters of impact crushing, *Minerals Engineering* 22 (2009) 220–228.
- [7] W. Schubert, M. Khanal, J. Tomas, Impact crushing of particle–particle compound — experiment and simulation, *International Journal of Mineral Processing* 75 (2005) 41–52.
- [8] S. Nikolov, Modelling and simulation of particle breakage in impact crushers, *International Journal of Mineral Processing* 74S (22) (2004) S219–S225.
- [9] Khurmi R S, *Strength of Materials*, New Delhi: S. Chand & Company Ltd, 1984.