



## Desain Rekayasa dan Analisis FEA Mesin *Depackaging* Sampah Tipe *Hammer Mill*

Fakhri Iqbal Maulana<sup>1\*</sup>, Sigit Mujiarto<sup>2</sup>, Arif Rahman Saleh<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas, Tidar

\*Penulis Korespondensi: [fakhri.iqbal.maulana@students.untidar.ac.id](mailto:fakhri.iqbal.maulana@students.untidar.ac.id)

**Abstract.** Management of household waste in Final Disposal Sites (TPA) faces a serious problem, where most of the waste accumulates and is difficult to decompose due to its complex nature. This condition substantially inhibits natural decomposition processes and limits the effectiveness of recycling efforts. Pre-processing operations, such as sorting and crushing, which are still dominated by manual methods, are proven to be inefficient, high-risk, and require large allocations of land resources and manpower. Therefore, automated technological innovation is needed to facilitate the efficient separation of organic components from inorganic materials (packaging). This research was conducted to determine the design and structural strength analysis of a hammer mill type *depackaging* machine, carried out using Solidworks software. Structural analysis simulation utilizes Finite Element Analysis (FEA) to determine the structural strength of the machine. The specifications of the hammer mill type *depackaging* machine include a capacity of 3000 kg/hour, a hammer mill input power of 12 KW, and a rotational speed of 2500 rpm with a torque of 34.54 Nm. Meanwhile, the screw conveyor input power is 0.75 KW and the rotational speed is 20 rpm. The FEA simulation analysis results for the hammer mill type *depackaging* machine showed that the maximum Von Mises stress value recorded is  $3,022 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , the maximum displacement value measured is very minimal, namely  $2,793 \times 10^{-1} \text{ mm}$ , and the Factor of Safety (FOS) obtained is 8.3. This FOS value significantly exceeds the required minimum safety limit ( $>3$ ), confirming that the machine design has optimal reliability, fatigue resistance, and structural integrity for operation under intensive working conditions at the TPA. The conclusion of this study indicates that the engineering design of this hammer mill type *depackaging* machine is safe and meets structural technical requirements to proceed to the implementation phase, potentially becoming a sustainable technological solution in improving the efficiency of waste pre-processing.

**Keywords:** *Depackaging*; Design; Finite Element Analysis; Hammer Mill; Household Waste.

**Abstrak.** Pengelolaan sampah rumah tangga di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menghadapi masalah serius, di mana sebagian besar sampah menumpuk dan sulit terurai karena sifatnya yang kompleks. Kondisi ini secara substansial menghambat proses dekomposisi alamiah dan membatasi efektivitas upaya daur ulang. Operasi pra-pemrosesan, seperti pemilahan dan penghancuran, yang masih didominasi oleh metode manual, terbukti tidak efisien, berisiko tinggi, dan memerlukan alokasi sumber daya lahan serta tenaga kerja yang besar. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang terautomasi untuk memfasilitasi pemisahan komponen organik dari material anorganik (kemasan) secara efisien. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perancangan dan analisis kekuatan struktur mesin *depackaging* tipe *hammer mill* yang dilakukan melalui *software* Solidworks. Simulasi analisis struktur menggunakan Finite Element Analysis (FEA) untuk mengetahui kekuatan struktur pada mesin tersebut. Spesifikasi mesin *depackaging* tipe *hammer mill* memiliki kapasitas 3000 kg/jam, daya input *hammer mill* 12 KW, dan kecepatan putar 2500 rpm dengan torsi sebesar 34,54 Nm. Sedangkan daya input *screw conveyor* 0,75 KW dan kecepatan putar 20 rpm. Hasil analisis simulasi FEA mesin *depackaging* tipe *hammer mill* mendapatkan hasil nilai tegangan Von Mises maksimum tercatat sebesar  $3,022 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  nilai perpindahan (*Displacement*) maksimum yang diukur sangat minimal, yaitu  $2,793 \times 10^{-1} \text{ mm}$  dan nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety* - FOS) yang diperoleh adalah 8,3. Nilai FOS ini secara signifikan melampaui batas aman minimum yang dipersyaratkan ( $>3$ ), menegaskan bahwa rancangan mesin memiliki keandalan, ketahanan lelah, dan integritas struktural yang optimal untuk dioperasikan dalam kondisi kerja yang intensif di TPA. Simpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa desain rekayasa mesin *depackaging* tipe *hammer mill* ini aman dan memenuhi persyaratan teknis struktural untuk dilanjutkan ke fase implementasi, berpotensi menjadi solusi teknologi yang berkelanjutan dalam meningkatkan efisiensi proses pra-pemrosesan sampah.

**Kata kunci:** *Depackaging*; Finite Element Analysis; Hammer Mill; Perancangan; Sampah Rumah Tangga.

### 1. LATAR BELAKANG

Lingkungan dan kesehatan manusia terdampak negatif oleh meningkatnya jumlah sampah rumah tangga seiring pertumbuhan populasi. Meskipun Dinas Kebersihan Kota

menangani sebagian besar pengelolaan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), hanya 76% sampah di TPA yang kini diolah (dengan 3R, pembakaran, atau pengolahan). Karena sifatnya yang kompleks, sampah-sampah tersebut tetap menumpuk dan sulit terurai (Rahmawati dkk., 2021). Sampah yang tidak ditangani dengan baik akan memberikan dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Sampah dapat berasal dari berbagai sumber seperti sampah rumah tangga, sampah komersial, dan sampah rumah tangga industri (Sukarno dkk., 2023). Oleh karena itu, daur ulang sampah rumah tangga sangat penting untuk menurunkan biaya lingkungan dan meningkatkan potensi ekonomi lokal. Pengolahan awal, terutama pemilahan dan penyimpanan sampah, merupakan hambatan utama dalam daur ulang. Penyortiran yang masih dilakukan secara manual dianggap lambat dan tidak efisien serta memerlukan banyak ruang dan tenaga kerja (Alfita dkk., 2021). Penciptaan alat yang dapat memisahkan sampah organik dan anorganik secara lebih efektif dan metodis diperlukan untuk mengatasi keterbatasan ini.

Membuat peralatan *depackaging* yang mirip dengan *hammer mill* adalah salah satu opsi yang disarankan. Menurut Gomez (2022), Proses menghilangkan bahan yang menempel pada permukaan produk atau kemasan dikenal dengan istilah *depackaging*. Oleh karena itu, mesin *hammer mill* bekerja dengan menggunakan palu untuk mengecilkan ukuran material hingga melewati saringan, sedangkan mesin *depackaging* memecah dan membuka kemasan sampah rumah tangga yang tercampur (Roger, 1984). Saat ini, sebagian besar mesin *hammer mill* dirancang untuk memproses, menggiling, dan menyaring berbagai jenis biji-bijian, termasuk jagung, gandum, millet, jagung, dan sorgum. Mesin ini juga dapat memproses berbagai jenis umbi kering. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Ojomo & Fawohunre (2020), yang menciptakan *hammer mill*, alat yang digunakan untuk memproses biji-bijian dan hasil pertanian lainnya. Dengan efisiensi penghancuran maksimum 79,3% dan kecepatan mesin 2000 rpm, mesin ini dapat memproses 51,5 kg per jam. Akmarullah & Kardiman (2024), meneliti penggunaan truk AMMDes untuk mengolah garri (tepung singkong) di daerah pedesaan menggunakan mesin *hammer mill* bergerak. Mesin ini berukuran 1157 x 985 x 580 mm, dengan mesin diesel 14 HP yang berputar pada 1500 rpm dan diameter poros 30 mm. (Hakim dkk., 2019) Selain itu, penelitian dilakukan untuk mengembangkan alat *hammer mill* yang akan menggiling cangkang inti kelapa sawit untuk menghasilkan pelet biomassa untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Mesin ini memiliki 21 palu dan berukuran 1085 mm x 650 mm x 1206 mm. Mesin ini memiliki daya motor 0,5 HP, yang menghasilkan putaran motor 1400 rpm dan putaran rotor 800 rpm. Mengingat pengolahan sampah yang efektif dan metodis diperlukan, hal ini dapat menjadi alternatif untuk menciptakan suatu alat khusus untuk

pengelolaan sampah. Desain dan analisis struktural diperlukan untuk mewujudkan alat tersebut. Sebelum suatu produk diproduksi massal, analisis struktural bertujuan untuk memastikan ketahanan operasionalnya dan mengoptimalkan desain atau materialnya. Dengan mengabaikan pengujian fisik yang mahal, perangkat lunak simulasi uji kekuatan struktural seperti SolidWorks dapat menghemat biaya dan waktu produksi.

Mengingat konteksnya, tujuan penelitian ini adalah menciptakan mesin *depackaging* model *hammer mill* yang menggunakan sistem dua rotor untuk memisahkan sampah organik dan anorganik guna meningkatkan produktivitas. Selain itu, penelitian ini menggunakan perangkat lunak Solidworks untuk memastikan hasil analisis elemen hingga (FEA).

## 2. KAJIAN TEORITIS

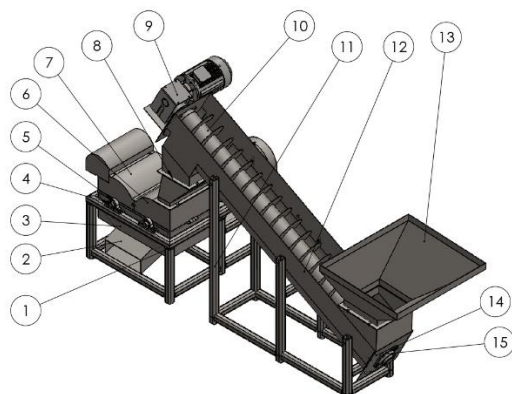
Beberapa penelitian terdahulu terkait dengan penelitian ini di antaranya untuk penelitian yang dilakukan oleh R. Kurniawan (2024), dengan judul Rancang Bangun Mesin Pengolah Sampah Organik dan Pemilah Sampah Plastik Kapasitas 180 kg/jam dengan menggunakan mesin diesel 8 HP dan putaran 2600 rpm. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan peralatan yang efisien dan berguna untuk memilah dan menghancurkan sampah plastik dan organik. Sampah anorganik akan dibuang ke saluran pembuangan, sedangkan sampah organik yang dihancurkan akan diubah menjadi bubur. Darsini (2021), menciptakan alat pemilah sampah plastik yang memanfaatkan gaya sentrifugal untuk membantu proses pemilahan. Untuk mengurangi beban kerja yang dibutuhkan dalam proses pemilahan, penelitian ini mencoba mengembangkan mesin pemilah sampah plastik berdaya 22 kW dan putaran 750 rpm. Hasil penelitian dari perancangan mesin pemilah sampah plastik sentrifugal ini menunjukkan adanya penurunan konsumsi energi menjadi 8 orang, penurunan hasil pemilahan menjadi 2844,692 kg, dan peningkatan sampah yang tidak termanfaatkan menjadi 1355,308 kg. Taufiq (2022), menggunakan Solidworks 2021 sebagai program perancangan dan analisis rangka mesin untuk melakukan penelitian tentang perancangan dan analisis kekuatan rangka mesin *hammer mill*. Tiga ukuran profil berongga yang berbeda 20×20×1,4 mm, 40×40×1,4 mm, dan 60×60×1,4 mm, digunakan dalam pengujian menggunakan baja AISI 1020. Studi simulasi rangka dengan empat perubahan pembebanan berurutan menghasilkan nilai tegangan maksimum sebesar 15.550 N/mm<sup>2</sup>, 3.690 N/mm<sup>2</sup>, dan 1.658 N/mm<sup>2</sup>, serta nilai lendutan maksimum sebesar 0,338 mm, 0,041 mm, dan 0,013 mm. Temuan ini menunjukkan bahwa ukuran profil berongga yang lebih besar (60×60×1,4 mm) mengurangi tegangan dan lendutan, sehingga lebih stabil untuk digunakan pada rangka mesin *hammer mill*.

### 3. METODE PENELITIAN

Pendekatan studi ini mencakup pembangunan model desain dan pemeriksaan struktur FEA mesin *depacking* limbah yang menyerupai *hammer mill*. Terdapat beberapa langkah dalam metodologi studi ini. Langkah pertama adalah menggunakan perangkat lunak SolidWorks untuk membuat model desain peralatan *depacking* limbah yang mirip dengan *hammer mill*. Pemilihan material yang tepat untuk setiap komponen dan perakitan semua komponen yang diperlukan merupakan tahap awal dalam pembuatan model desain. Geometri kemudian dibagi menjadi komponen-komponen yang lebih kecil melalui proses *meshing*. Setelah itu, kondisi batas ditetapkan untuk menentukan kondisi batas desain. Berikutnya, memanfaatkan analisis struktur FEA rekayasa struktur untuk mengevaluasi kekuatan dan stabilitas desain serta menemukan setiap titik lemah yang mungkin ada. Hasil pengukuran FEA yang diperoleh antara lain pengujian tegangan *von Mises* untuk mengetahui tegangan pada struktur mesin dan memastikannya berada di bawah nilai kekuatan luluh, pengujian perpindahan untuk mengetahui pergeseran dan memastikannya tidak melampaui batas toleransi, serta pengujian faktor keamanan untuk mengetahui faktor keamanan dan memastikannya memenuhi faktor keamanan yang direkomendasikan.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk memastikan analisis kekuatan struktural dan ide desain mesin *depacking hammer mill*. Perangkat lunak *Solidworks* digunakan untuk mengembangkan ide desain peralatan *depacking hammer mill*. Ide desain ini merupakan desain rakitan yang menggabungkan sejumlah komponen desain. Gambar 1 menggambarkan ide desain untuk mesin *depacking* yang mirip dengan *hammer mill*.



PARTS LIST	
No	PART NAME
1	Rangka <i>hammer mill</i>
2	Saluran keluar sampah organik
3	Cover bawah <i>hammer mill</i>
4	Rotor <i>hammer mill</i>
5	Bearing rotor
6	Cover atas inlet sampah
7	Cover atas outlet sampah plastik
8	Penghubung <i>hammer mill</i> dengan <i>screw conveyor</i>
9	<i>Gearbox</i> dan motor

10	<i>Screw</i>
11	Rangka <i>srew conveyor</i>
12	<i>Trough</i>
13	<i>Hopper</i>
14	<i>Trough end</i>
15	<i>Bearing screw</i>

**Gambar 1.** Konsep desain mesin *depackaging* tipe *hammer mill*.

Limbah dimasukkan melalui *hopper* pada konveyor sekrup dalam peralatan *depackaging hammer mill*. Sampah tersebut kemudian diangkut secara terus-menerus oleh sistem konveyor sekrup ke sistem *hammer mill* melalui ruang inti *depackaging*. Sistem *hammer mill* ini menggunakan sejumlah palu yang berputar terus-menerus dengan kecepatan tinggi untuk menghancurkan sampah. Saringan bawah *hammer mill* digunakan untuk mendorong material yang hancur. Saringan bawah *hammer mill* memungkinkan sampah organik yang hancur keluar, sementara material yang tidak lolos saringan didorong ke rotor kedua dan akhirnya keluar ke saluran pembuangan sampah plastik. Tabel 1 menampilkan parameter mesin *depackaging* tipe *hammer mill*.

**Tabel 1.** Spesifikasi mesin *depackaging* tipe *hammer mill*.

Parameter	Keterangan
Kapasitas	3000 kg/jam
Daya input <i>hammer mill</i>	12 kW
Daya input <i>screw conveyor</i>	0,75 kW
Kecepatan putar <i>hammer mill</i>	2500 rpm
Kecepatan putar <i>screw conveyor</i>	20 rpm
Diameter poros <i>hammer mill</i>	30 mm
Diameter poros <i>screw conveyor</i>	150 mm
Panjang mesin	2050 mm
Lebar mesin	1000 mm
Tinggi mesin	1020 mm

Dalam rekayasa struktur, analisis struktur FEA digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan stabilitas desain serta mengidentifikasi potensi kegagalan. Berikut adalah prosedur penggunaan perangkat lunak *SolidWorks* untuk melakukan studi simulasi struktur FEA pada mesin *depackaging hammer mill*:

1) Menentukan material

Pemilihan material untuk mesin *depackaging hammer mill* merupakan langkah awal dalam menjalankan simulasi FEA. Material yang cukup kuat untuk aplikasi yang

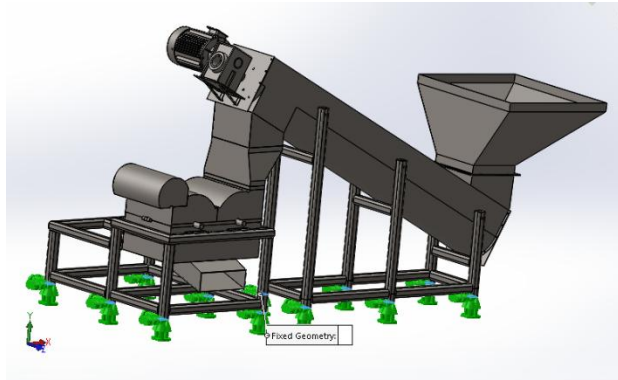
diinginkan akan dipilih selama proses pemilihan material. Opsi "Terapkan Material" pada perangkat lunak *SolidWorks* digunakan untuk memilih material. Komponen mesin *depackaging* terbuat dari berbagai material. Tabel 2 mencantumkan material yang digunakan dalam perancangan mesin *depackaging hammer mill*.

**Tabel 2.** Jenis-jenis material yang digunakan dalam perancangan mesin *depackaging* tipe *hammer mill*.

No	Komponen	Material
1	Rangka <i>hammer mill</i>	ASTM A36
2	Saluran keluar sampah organik	ASTM A36
3	Cover Bawah <i>hammer mill</i>	ASTM A36
4	Rotor <i>hammer mill</i>	AISI 1045 <i>cold drawn</i>
5	Bearing rotor	-
6	Cover atas inlet sampah	ASTM A36
7	Cover atas outlet sampah	ASTM A36
8	Penghubung <i>hammer mill</i> dengan <i>screw conveyor</i>	ASTM A36
9	<i>Gearbox</i> dan motor	-
10	Saringan	Stainless steel 304
11	<i>Screw</i>	Stainless steel 304
12	Rangka <i>screw conveyor</i>	ASTM A36
13	Trough	ASTM A36
14	<i>Hopper</i>	ASTM A36
15	<i>Trough end</i>	ASTM A36
16	<i>Bearing screw</i>	-

## 2) Menentukan titik tumpuan

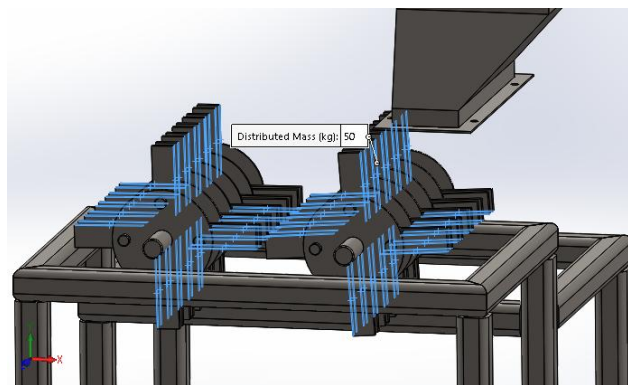
Tahap selanjutnya adalah menemukan titik tumpu, yang berfungsi sebagai pusat beban struktur yang diusulkan. Titik tumpu ini, yang terletak di bagian bawah rangka, akan berfungsi sebagai titik distribusi beban simulasi. Gambar 2 menunjukkan lokasi titik tumpu.



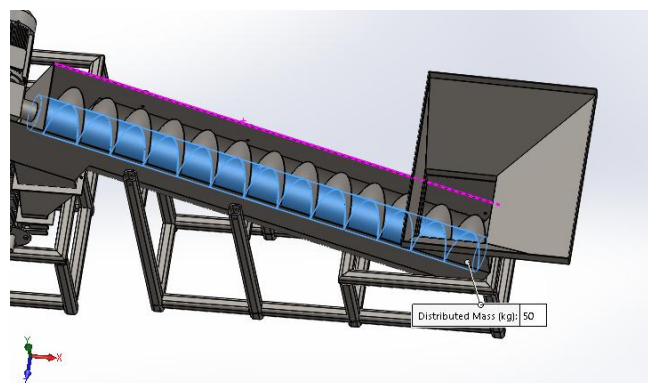
**Gambar 2.** Pemilihan titik tumpuan dalam *software* Solidworks.

3) Menentukan titik pembebanan

Tahap selanjutnya adalah menemukan lokasi titik pembebanan pada model mesin yang akan diemulasi. Pada titik pembebanan, permukaan palu dan sekrup akan dibebani massa sebesar 50 kg limbah, kedua rotor akan mengalami torsi sebesar 34,54 Nm, dan sekrup akan berputar pada kecepatan 20 rpm. Gambar 3 dan 4 menunjukkan lokasi titik pembebanan massa.

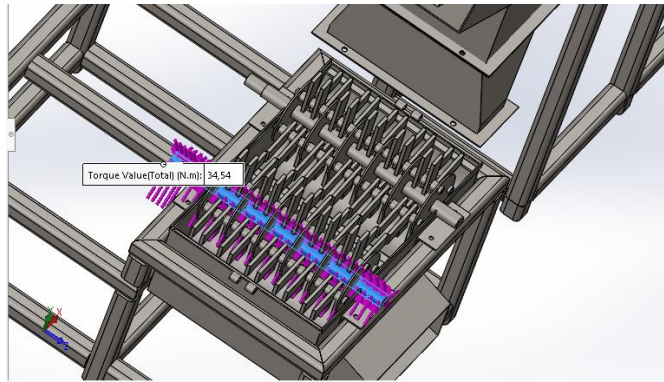


**Gambar 3.** Posisi titik pembebanan massa pada *hammer*.

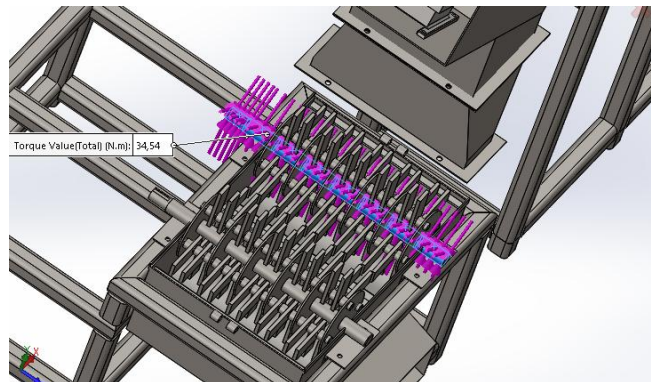


**Gambar 4.** Posisi titik pembebanan massa pada *screw*.

Terdapat beban torsi selain beban massa. Gambar 5 dan 6 menunjukkan lokasi titik-titik pembebanan torsi.

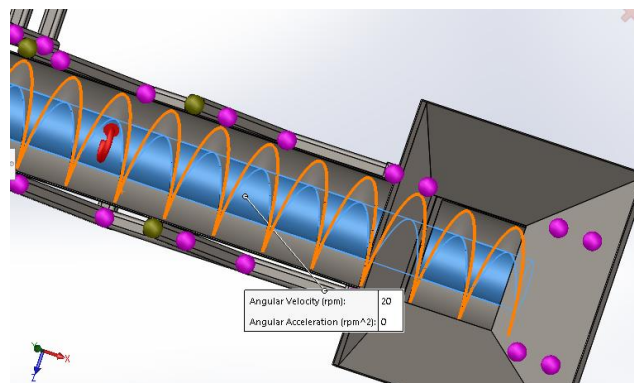


**Gambar 5.** Posisi titik pembebanan torsi pada rotor 1.



**Gambar 6.** Posisi titik pembebanan torsi pada rotor 2.

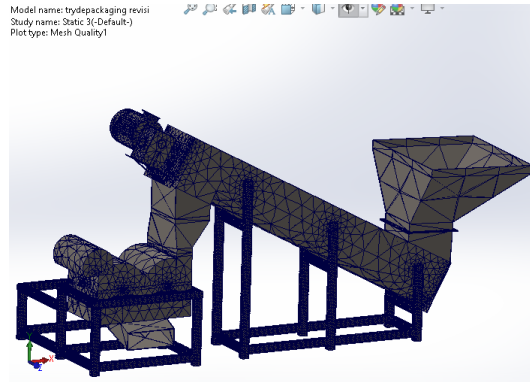
Selain itu, terdapat beban berputar. Gambar 7 menunjukkan lokasi titik-titik beban berputar.



**Gambar 7.** Posisi titik pembebanan putar pada *screw*.

#### 4) Proses *meshing*

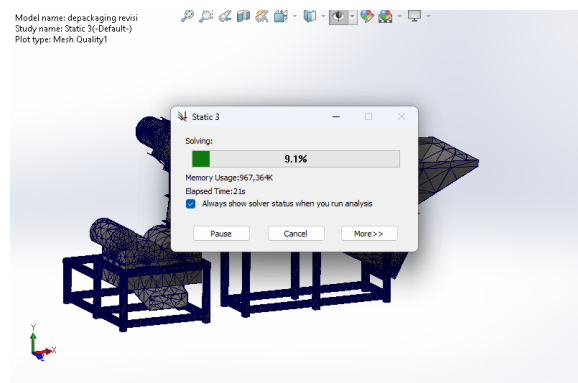
Tujuan proses *meshing* adalah untuk mereduksi geometri menjadi komponen-komponen yang lebih kecil. Simulasi akan semakin menyerupai situasi dunia nyata jika semakin banyak potongan *mesh* yang digunakan. Gambar 8 mengilustrasikan prosedur *meshing*.



**Gambar 8.** Proses *meshing* dalam *software* Solidworks.

#### 5) Proses *running simulation*

Setelah fase pengembangan dan analisis *mesh* selesai, simulasi proses *running* dilakukan. Langkah ini menghasilkan berbagai statistik, termasuk perpindahan, faktor keamanan, dan tegangan maksimum (tegangan *von Mises*). Gambar 9 menampilkan simulasi proses *running*.

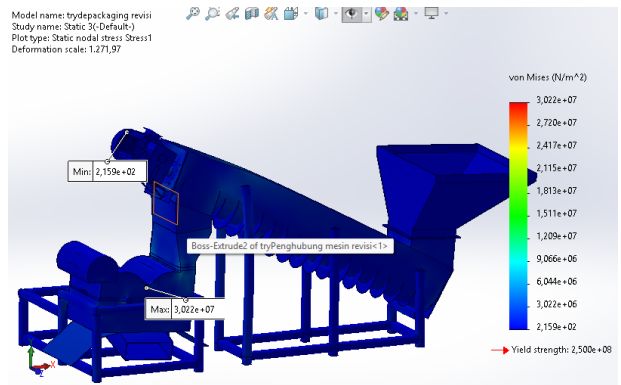


**Gambar 9.** Proses *running simulation* dalam *software* Solidworks.

Hasil untuk nilai tegangan *Mises*, perpindahan, dan faktor keamanan akan dihasilkan setelah prosedur simulasi. Berikut adalah temuan simulasi FEA:

#### 1) Pengujian *Von Mises Stress*

Untuk menemukan tegangan maksimum dan memastikan tegangan tersebut lebih rendah dari kekuatan luluh, uji tegangan *von Mises* digunakan. Gambar 10 menampilkan hasil simulasi tegangan *von Mises*.

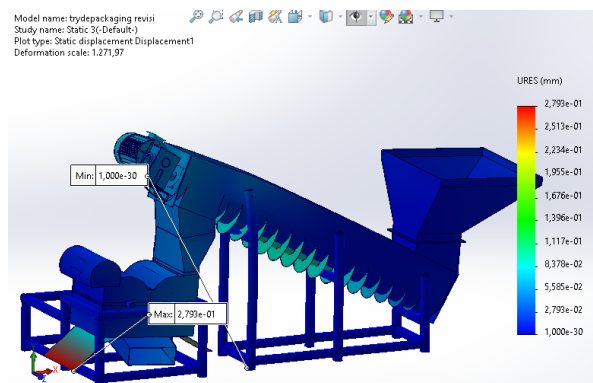


Gambar 10. Hasil simulasi *von mises stress*.

Berdasarkan hasil simulasi tegangan von Mises, bagian penyangga rotor memiliki nilai tertinggi, yaitu  $3,022 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Bagian motor dan kotak roda gigi memiliki nilai terendah, yaitu  $2,159 \times 10^2 \text{ N/m}^2$ .

2) Pengujian *Displacement*

Pastikan perpindahan tidak melampaui batas toleransi dengan mengujinya. Gambar 11 menampilkan hasil simulasi perpindahan.

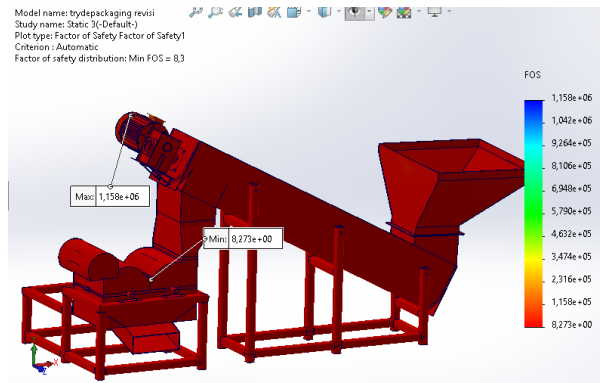


Gambar 11. Hasil simulasi *displacement*.

Bagian corong keluar bubuk limbah memiliki nilai perpindahan terbesar, yaitu  $2,793 \times 10^{-1} \text{ mm}$ , berdasarkan hasil simulasi perpindahan. Di sisi lain, bagian rangka konveyor sekrup memiliki nilai terendah, yaitu  $1 \times 10^{-30} \text{ mm}$ , berdasarkan simulasi yang ditunjukkan pada gambar.

3) Pengujian *Safety Factor*

Untuk memastikan faktor keamanan dan menjamin kepatuhan terhadap faktor keamanan yang disarankan, pengujian faktor keamanan digunakan. Gambar 12 menampilkan hasil simulasi faktor keamanan.



**Gambar 12.** Hasil *Factor of Safety* (FOS)

Berdasarkan gambar yang diperoleh, skor Faktor Keamanan (FOS) adalah 8,3. Desain ini aman untuk dilanjutkan dalam proses manufaktur karena grafik menunjukkan bahwa nilai FOS yang disimulasikan  $>3$  atau di atas batas aman.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Parameter mesin *depackaging* tipe *hammer mill* meliputi kapasitas 3000 kg/jam atau 50 kg/menit, kebutuhan daya 0,788 kW untuk konveyor sekrup, dan 12 kW untuk setiap rotor pada *hammer mill*. Satu rotor *hammer mill* berputar pada 2500 rpm, sedangkan konveyor sekrup berputar pada 20 rpm. Pengujian berbasis simulasi terhadap struktur mesin *depackaging* tipe *hammer mill* menghasilkan tegangan *von Mises* dengan nilai terbesar sebesar  $3,022 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  dan nilai terendah sebesar  $2,159 \times 10^2 \text{ N/m}^2$ . Hasil simulasi perpindahan terbesar adalah  $2,793 \times 10^{-1} \text{ mm}$ , sedangkan yang terendah adalah  $1 \times 10^{-30} \text{ mm}$ . Hasil simulasi untuk faktor keamanan adalah 8,3. Dengan demikian, proses produksi aman untuk dilanjutkan berdasarkan hasil simulasi.

## DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, I. N., & Arif, L. (2023). Evaluasi kebijakan pengelolaan sampah di Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Ilmiah Riset dan Pengembangan*, 8(6), 1–15. <https://doi.org/10.71040/irpia.v8i6.217>
- Akmarullah, S., & Kardiman. (2024). Perancangan mesin hammer mill pada aplikasi pengolahan garri mobile di PT. XYZ. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), 7838–7844. <https://doi.org/10.32672/jse.v9i1.756>
- Alfita, R., Wibisono, K. A., & Anwar, M. W. (2021). Rancang bangun alat pemilah sampah organik dan anorganik. *Journal Zetroem*, 3(1), 18–25. <https://doi.org/10.36526/ztr.v3i1.1252>
- Darsini, Dian, Y. N. D., & Suprpto. (2021). Perancangan mesin centrifugal untuk optimalisasi tenaga sortir sampah plastik. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy (JAMERE)*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.52158/jamere.v1i1.98>

- Gomez, R. (2022). *Depackaging apparatus with improved cleaning* (U.S. Patent No. 11,376,603 B2).
- Guarnizo, J. A. Y., Muniz, G. L., Cano, N. D., Benitez, J. S., & Camargo, A. P. de. (2025). Determination of filtration grade in woven screen filters: Influence of material, weave pattern, and filtration rate. *AgriEngineering*, 7(292), 1–21. <https://doi.org/10.3390/agriengineering7090292>
- Gupta, M., & Kumar, S. (2019). Design efficiency analysis towards product improvement using DFMA. *2019 8th International Conference on Modeling Simulation and Applied Optimization (ICMSAO)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICMSAO.2019.8880339>
- Hakim, L., Japri, Ridwan, A., & Irnanda, W. (2019). Perancangan mesin penghalus tempurung biji buah kelapa sawit (endocarp crusher hammer mill) untuk komposisi bahan bakar alternatif. *Surya Teknika*, 6(1), 55–63. <https://doi.org/10.37859/jst.v6i1.1868>
- Irawan, D., & Silaen, A. F. A. (2020). Perencanaan rancangan mesin hammer mill untuk proses produksi pupuk organik dengan kapasitas 400 kg/jam. *Majalah Teknik Simes*, 14(2), 24–29.
- Kurniawan, R., Setiawan, A., & Wijaya, R. (2024). Perancangan mesin bubuk sampah organik dan pemilah sampah plastik kapasitas 180 kg/jam. *Jurnal V-Mac*, 9(1), 1–6. <https://doi.org/10.36526/v-mac.v9i1.3437>
- Manurung, D. W., & Santoso, E. B. (2020). Penentuan lokasi tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah yang ramah lingkungan di Kabupaten Bekasi. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), C123–C130. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.48801>
- Mohammad, N. N., Rosli, M. F., Fadzly, M. K., Salikan, N. S. M., & Effendi, M. S. M. (2020). Design for manufacturing and assembly (DFMA): Redesign of joystick. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 864(1), 012212. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/864/1/012212>
- Mulyanto, T., & Supto, A. D. (2017). Analisis tegangan Von Mises poros mesin pemotong umbi-umbian dengan software SolidWorks. *Presisi*, 18(2), 24–29.
- Ojomo, O. A., & Fawohunre, A. J. (2020). Development of a hammer mill with double sieving screens. *European Journal of Engineering Research and Science*, 5(5), 617–621. <https://doi.org/10.24018/ejers.2020.5.5.1763>
- Putra, R. P., Yuvenda, D., & Adri, J. (2023). Stress analysis of the frame of a corn harvesting tractor. *EUREKA: Physics and Engineering*, 6, 47–58. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002862>
- Rahmawati, A. F., Amin, Rasminto, & Syamsu, F. D. (2021). Analisis pengelolaan sampah berkelanjutan pada wilayah perkotaan di Indonesia. *Bina Gogik*, 8(1), 1–12.
- Ratri, I. S., Meidiana, C., & Sari, K. E. (2022). Peran TPST dan TPS 3R dalam mereduksi sampah di Kota Batu. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 11(1), 121–132.
- Roger, L. (1984). *Effects of prebreaking on the efficiency of hammermill particle size reduction systems in feed manufacturing*.
- Sukarno, S. A., Mulia, S. B., Salam, A., & Erdani, Y. (2023). Perancangan mesin pemilah sampah rumah tangga organik dan anorganik. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur*, 5(2), 129–138. <https://doi.org/10.48182/jtrm.v5i1.124>

- Suryady, S., & Nugroho, E. A. (2022). Simulasi faktor keamanan dan pembebanan statik rangka pada turbin angin Savonius. *Jurnal JUKIM*, 1(2), 42–48. <https://doi.org/10.56127/jukim.v1i2.94>
- Tambunan, M. F., Herisiswanto, & Nazaruddin. (2019). Pengembangan mesin bakso dengan metode DFMA (Design for Manufacturing and Assembly). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 6, 1–7.
- Taufiq, M., Robbi, N., & Choirotin, I. (2022). Analisis kekuatan rangka mesin hammer mill limbah kaca menggunakan SolidWorks 2021. *Jurnal Teknik Mesin*, 18(1), 40–45.