

ANALISIS DESAIN MATA PISAU MESIN PENCACAH SAMPAH ORGANIK DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE SOLIDWORKS*

NELCE D. MUSKITA
GABRIELLA J. TELUSSA

Program Studi Diploma IV Teknik Mesin Politeknik Saint Paul Sorong
Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Pancasila
Email : nelcemuskita779@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain mata pisau mesin pencacah sampah organik menggunakan software SolidWorks melalui metode Finite Element Method (FEM). Analisis dilakukan untuk mengetahui distribusi tegangan, displacement, strain, dan factor of safety pada mata pisau akibat pembebanan statik sebesar 1.000 N. Model simulasi menggunakan material alloy steel dengan sifat mekanik berupa yield strength sebesar $6,20422 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan modulus elastisitas sebesar $2,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$. Proses simulasi dilakukan menggunakan SolidWorks Simulation dengan metode meshing berbasis blended curvature-based mesh. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimum von Mises yang terjadi sebesar $223.856.544 \text{ N/m}^2$, displacement maksimum sebesar 0,51 mm, strain maksimum sebesar 0,0005, serta factor of safety minimum sebesar 2,8. Nilai tegangan yang diperoleh masih berada di bawah batas kekuatan luluh material sehingga desain mata pisau dinyatakan aman terhadap kegagalan struktur. Selain itu, nilai displacement dan strain yang relatif kecil menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan dan stabilitas yang baik selama proses operasi. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan metode simulasi berbasis FEM pada SolidWorks mampu memberikan analisis yang efektif dalam mengevaluasi kekuatan dan keamanan desain mata pisau mesin pencacah sampah organik sebelum proses manufaktur dilakukan.

Kata Kunci : mesin pencacah sampah organik, mata pisau, SolidWorks, factor of safety.

ABSTRACT

The aims of this study to analyze the blade design of an organic waste shredding machine using SolidWorks software through the Finite Element Method (FEM). The analysis was conducted to determine the stress distribution, displacement, strain, and factor of safety of the blade under a static load of 1,000 N. The simulation model used alloy steel material with mechanical properties including a yield strength of $6.20422 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ and an elastic modulus of $2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$. The simulation process was carried out using SolidWorks Simulation with a blended curvature-based mesh method. The results showed that the maximum von Mises stress was $223,856,544 \text{ N/m}^2$, the maximum displacement was 0.51 mm, the maximum strain was 0.0005, and the minimum factor of safety was 2.8. The obtained stress value was still below the material yield strength limit, indicating that the blade design was safe against structural failure. In addition, the relatively small displacement and strain values indicated that the structure had good stiffness and stability during operation. Based on the results, the FEM-based simulation method in SolidWorks proved effective in evaluating the strength and safety of the blade design for an organic waste shredding machine before the manufacturing process is carried out.

Keywords: organic waste shredding machine, blade design, SolidWorks, factor of safety.

PENDAHULUAN

Sampah menjadi permasalahan yang serius dalam kehidupan masyarakat di kota-kota besar. Dalam kegiatan kehidupan sehari-hari, setiap manusia memproduksi sejumlah sampah dalam bentuk padatan dengan volume ruang antara 3-5 liter atau sekitar 1-3 kg sampah perhari, baik sampah

organik (sisa dapur, kulit buah) maupun sampah anorganik (plastik, kaca dan karet).

Jika bisa ditangani dan dikelola dengan baik bukan hanya mengatasi permasalahan yang ditimbulkan dari sampah namun juga sekaligus dapat mengembangkan potensi ekonomi dari sampah. Suatu sistem pengelolaan sampah terpadu yang beroperasi lebih banyak mengikutsertakan partisipasi masyarakat, lebih ramah lingkungan,

dan secara operasional lebih hemat energi dan biaya, serta produktif dapat meningkatkan pemberdayaan dan ekonomi masyarakat (Crawford, 1986).

Permasalahan sampah organik di Indonesia hingga saat ini masih menjadi isu lingkungan yang serius. Peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas rumah tangga menyebabkan volume sampah organik terus meningkat setiap tahunnya. Sampah organik yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, bau tidak sedap, serta menjadi sumber penyakit. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah melalui proses pencacahan sampah organik agar ukuran material menjadi lebih kecil sehingga mempercepat proses pengolahan lanjutan seperti pengomposan maupun fermentasi (Rahayu & Basuki, 2023).

Mesin pencacah sampah organik merupakan alat yang berfungsi untuk memperkecil ukuran material menggunakan sistem pemotongan oleh mata pisau yang berputar. Komponen mata pisau memiliki peranan yang sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap kualitas hasil cacahan, kapasitas produksi, kebutuhan daya, serta umur pakai mesin. Desain mata pisau yang kurang tepat dapat menyebabkan proses pencacahan tidak optimal, konsumsi energi meningkat, dan terjadinya kegagalan struktur akibat tegangan berlebih pada pisau. Oleh karena itu, diperlukan perancangan dan analisis desain mata pisau yang sesuai dengan karakteristik material sampah organik (Nasrul *et al.*, 2024).

Perkembangan teknologi desain dengan bantuan komputer (*Computer Aided Design/CAD*) dan analisis rekayasa dengan bantuan komputer (*Computer Aided Engineering/CAE*) memungkinkan proses perancangan komponen mekanik dilakukan secara lebih efektif dan efisien. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan dalam bidang teknik mesin adalah *SolidWorks*. *Software* ini mampu digunakan untuk membuat model tiga dimensi, melakukan simulasi pembebanan, analisis tegangan, deformasi, serta menentukan faktor keamanan suatu komponen sebelum diproduksi secara nyata. Penggunaan simulasi pada tahap desain dapat mengurangi risiko kegagalan komponen dan menekan biaya pengembangan produk (Sthiefandy *et al.*, 2023).

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait perancangan mesin pencacah sampah organik. Variasi sudut mata pisau berpengaruh terhadap kebutuhan daya mesin pencacah sampah organik, di mana sudut pisau

yang berbeda menghasilkan kebutuhan daya yang berbeda pula (Rahayu & Basuki, 2023). Penggunaan metode elemen hingga untuk menganalisis variasi sudut mata pisau terhadap tegangan statis dan deformasi pada material pisau JIS SUP9 (Sthiefandy *et al.*, 2023). Selain itu, desain dan analisis mata pisau pencacah menggunakan metode finite element analysis menunjukkan bahwa simulasi mampu memberikan informasi terkait distribusi tegangan von Mises, displacement, dan faktor keamanan pada komponen mata pisau (Wicaksono *et al.*, 2022).

Meskipun beberapa penelitian telah dilakukan, analisis desain mata pisau mesin pencacah sampah organik menggunakan *software SolidWorks* masih perlu dikembangkan, khususnya dalam menentukan desain yang mampu menghasilkan kekuatan struktur optimal dengan deformasi minimum. Analisis ini penting untuk mengetahui karakteristik mekanik mata pisau sebelum proses manufaktur dilakukan sehingga dapat meningkatkan efisiensi kerja mesin dan memperpanjang umur pakai komponen.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain mata pisau mesin pencacah sampah organik menggunakan *software SolidWorks* melalui simulasi pembebanan dan analisis tegangan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan desain mata pisau yang lebih efektif, kuat, dan efisien untuk mendukung proses pengolahan sampah organik.

KAJIAN PUSTAKA

Sampah Organik dan Teknologi Pengolahannya

Sampah organik merupakan limbah yang berasal dari sisa makhluk hidup seperti dedaunan, sisa makanan, ranting, dan limbah pertanian yang mudah terurai secara biologis. Volume sampah organik yang terus meningkat menyebabkan perlunya teknologi pengolahan yang efektif guna mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah mesin pencacah sampah organik, yang berfungsi memperkecil ukuran material sehingga mempercepat proses dekomposisi maupun pengomposan. Mesin pencacah juga membantu meningkatkan efisiensi penanganan limbah organik dalam skala rumah tangga maupun industri. Sehingga penggunaan mesin pencacah

limbah organik mampu meningkatkan efektivitas proses pengolahan pupuk kompos karena ukuran material menjadi lebih homogen dan mudah terurai. Selain itu, kapasitas produksi pengolahan limbah juga meningkat dibandingkan proses manual (Saputro *et al.*, 2020).

Mesin Pencacah Sampah Organik

Mesin pencacah sampah organik merupakan alat mekanis yang bekerja menggunakan sistem pemotongan oleh pisau berputar untuk mencacah material menjadi ukuran yang lebih kecil. Secara umum, komponen utama mesin pencacah terdiri atas rangka, motor penggerak, poros, hopper, casing, dan mata pisau pencacah. Kinerja mesin sangat dipengaruhi oleh desain mata pisau, kecepatan putar, jenis material pisau, dan kapasitas motor penggerak.

Tipe mata pisau hammer mampu menghasilkan proses pencacahan yang lebih cepat pada material organik berserat dibandingkan tipe pisau datar. Namun demikian, penggunaan tipe pisau tertentu harus mempertimbangkan kekuatan material dan distribusi beban selama proses pencacahan agar tidak terjadi kerusakan komponen (Sthiefandy *et al.*, 2023).

Sampah organik merupakan jenis limbah yang berasal dari sisa makhluk hidup seperti dedaunan, sisa makanan, dan limbah pertanian yang mudah terurai secara biologis. Pengelolaan sampah organik memerlukan penanganan yang efektif agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan maupun gangguan kesehatan masyarakat. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah mesin pencacah sampah organik karena mampu mempercepat proses pengolahan limbah menjadi kompos atau bahan baku lainnya (Groover, 2019).

Mesin pencacah sampah bekerja dengan prinsip pemotongan menggunakan mata pisau yang berputar untuk memperkecil ukuran material. Kinerja mesin sangat dipengaruhi oleh desain mata pisau, karena komponen tersebut menerima beban mekanik secara langsung selama proses pencacahan berlangsung (Budynas & Nisbett, 2015).

Oleh sebab itu, desain pisau harus memiliki kekuatan yang memadai agar tidak mengalami deformasi maupun kegagalan struktur saat menerima pembebanan. Material baja paduan dipilih karena memiliki ketahanan mekanik yang tinggi terhadap beban dan keausan (Callister & Rethwisch, 2018).

Mata Pisau Mesin Pencacah

Mata pisau merupakan komponen utama yang berfungsi melakukan proses pemotongan material. Desain mata pisau mempengaruhi kualitas hasil cacahan, konsumsi daya, getaran mesin, serta umur pakai alat. Parameter penting dalam desain mata pisau meliputi bentuk geometri, sudut pemotongan, ketebalan pisau, jenis material, dan susunan pemasangan pisau pada poros. Variasi sudut mata pisau berpengaruh terhadap kebutuhan daya mesin pencacah sampah organik. Sudut pisau yang lebih tajam menghasilkan gaya potong yang lebih kecil sehingga kebutuhan daya motor menjadi lebih rendah. Akan tetapi, sudut yang terlalu kecil dapat menyebabkan pisau lebih cepat mengalami keausan dan deformasi. Selain itu, material mata pisau juga sangat menentukan kekuatan dan ketahanan terhadap beban impact. Baja pegas seperti JIS SUP9 sering digunakan karena memiliki sifat kekerasan dan ketangguhan yang baik untuk aplikasi pencacahan (Rahayu & Basuki, 2023).

Desain mata pisau merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kapasitas dan efisiensi proses pencacahan. Bentuk geometri, sudut pemotongan, ketebalan pisau, dan jumlah mata pisau akan memengaruhi distribusi tegangan selama proses kerja berlangsung (Budynas & Nisbett, 2015). Desain yang tidak tepat dapat menyebabkan konsentrasi tegangan tinggi yang berpotensi menimbulkan retak atau patah pada mata pisau.

Perkembangan teknologi *Computer Aided Design (CAD)* memungkinkan proses perancangan dilakukan secara lebih akurat dan efisien. Salah satu *software CAD* yang banyak digunakan dalam bidang teknik mesin adalah *SolidWorks* karena mampu membuat model tiga dimensi sekaligus melakukan analisis teknik berbasis simulasi numerik (Kurowski, 2016).

Analisis Tegangan dan Metode Elemen Hingga

Analisis tegangan merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan pada suatu komponen mekanik akibat pembebanan tertentu. Salah satu metode yang umum digunakan dalam analisis struktur adalah *Finite Element Method (FEM)* atau metode elemen hingga. Metode ini membagi objek menjadi elemen-elemen kecil sehingga perilaku struktur dapat dianalisis secara lebih detail dan akurat dan juga merupakan metode numerik yang digunakan untuk

menganalisis perilaku struktur akibat pembebanan tertentu dengan cara membagi model menjadi elemen-elemen kecil (Rao, 2018).

Metode ini memungkinkan distribusi tegangan, regangan, dan perpindahan pada struktur dapat dianalisis secara detail. Dalam analisis struktur mekanik, tegangan von Mises digunakan sebagai parameter utama untuk menentukan keamanan material terhadap kegagalan luluh (Logan, 2017). Tegangan von Mises dihitung berdasarkan teori energi distorsi sebagai berikut:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (1)$$

Keterangan:

σ_v = tegangan von Mises

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ = tegangan utama

Menurut teori kegagalan von Mises, material dinyatakan aman apabila tegangan maksimum yang terjadi lebih kecil dibandingkan kekuatan luluh material (Budynas & Nisbett, 2015).

Dalam bidang teknik mesin, metode elemen hingga banyak digunakan untuk menganalisis komponen yang menerima beban dinamis maupun statis, termasuk mata pisau mesin pencacah. Hasil analisis biasanya meliputi tegangan von Mises, *displacement*, *strain*, dan *safety factor*. Penggunaan metode elemen hingga untuk menganalisis pengaruh variasi sudut mata pisau terhadap tegangan statis dan deformasi pada mesin pencacah sampah organik pelepah kelapa sawit, yang menunjukkan bahwa perubahan sudut mata pisau mempengaruhi distribusi tegangan dan besar deformasi yang terjadi pada pisau (Wicaksono et al., 2022)

Analisis Displacement dan Strain

Displacement merupakan perpindahan posisi suatu titik pada struktur akibat adanya pembebanan. Dalam analisis struktur mekanik, displacement digunakan untuk mengetahui tingkat kekakuan suatu komponen terhadap gaya yang bekerja (Rao, 2018). Nilai displacement yang terlalu besar dapat menyebabkan ketidakstabilan struktur, perubahan geometri, serta menurunkan performa kerja mesin (Budynas & Nisbett, 2015).

Pada mata pisau mesin pencacah, displacement yang kecil menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan yang baik sehingga mampu mempertahankan bentuk dan posisi saat proses pencacahan berlangsung. Secara teoritis, displacement dipengaruhi oleh besar gaya yang

diberikan, modulus elastisitas material, dan geometri struktur. Material dengan modulus elastisitas tinggi cenderung memiliki displacement yang lebih kecil karena lebih kaku terhadap pembebanan (Callister & Rethwisch, 2018).

Selain displacement, parameter penting lainnya adalah strain atau regangan. Strain merupakan ukuran deformasi material akibat gaya yang bekerja dan menunjukkan perubahan panjang relatif suatu material terhadap panjang awalnya (Logan, 2017). Analisis strain penting dilakukan untuk mengetahui apakah deformasi yang terjadi masih berada pada daerah elastis atau telah memasuki daerah plastis material.

Hubungan antara tegangan dan regangan pada daerah elastis mengikuti hukum Hooke sebagai berikut (Callister & Rethwisch, 2018):

$$\sigma = E\epsilon \quad (2)$$

Keterangan:

σ = Tegangan

E = Modulus Elastisitas

ϵ = Regangan

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa regangan berbanding lurus dengan tegangan selama material masih berada dalam batas elastis. Semakin besar tegangan yang diterima material, maka regangan yang terjadi juga akan meningkat.

Distribusi strain yang merata pada suatu struktur menunjukkan bahwa desain memiliki distribusi beban yang baik dan tidak mengalami konsentrasi tegangan berlebih pada titik tertentu (Logan, 2017).

Faktor Keamanan (*Factor of Safety*)

Factor of Safety (FoS) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat keamanan suatu struktur terhadap kegagalan material (Budynas & Nisbett, 2015). Faktor keamanan diperoleh dari perbandingan antara kekuatan luluh material dengan tegangan maksimum yang terjadi pada struktur. Persamaan factor of safety dapat dituliskan sebagai berikut:

$$FoS = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \quad (3)$$

Keterangan:

FoS = *Factor of Safety*

σ_y = Kekuatan luluh material

σ_{max} = Tegangan maksimum

Dalam perancangan elemen mesin, nilai FoS umumnya berada pada rentang 1,5–3 tergantung jenis pembebanan dan kondisi kerja (Budynas & Nisbett, 2015).

Penggunaan software SolidWorks dalam Perancangan Teknik

SolidWorks Simulation merupakan modul analisis berbasis FEM yang digunakan untuk mengevaluasi perilaku struktur secara virtual sebelum proses manufaktur dilakukan (Kurowski, 2016). *Software* ini mampu melakukan analisis tegangan, displacement, strain, thermal analysis, hingga fatigue analysis secara terintegrasi dengan model CAD. *SolidWorks* merupakan perangkat lunak berbasis *Computer Aided Design (CAD)* dan *Computer Aided Engineering (CAE)* yang banyak digunakan dalam proses perancangan dan analisis komponen mekanik. *Software* ini juga mampu membuat model tiga dimensi serta melakukan simulasi pembebanan secara virtual sebelum proses manufaktur dilakukan. Penggunaan *SolidWorks* memberikan keuntungan berupa efisiensi waktu desain, pengurangan biaya produksi, serta kemampuan memprediksi kegagalan struktur lebih awal. Fitur simulasi pada *SolidWorks* memungkinkan pengguna melakukan analisis statis terhadap komponen untuk mengetahui distribusi tegangan dan deformasi akibat pembebanan tertentu.

Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan desain dan analisis mata pisau mesin pencacah sampah organik dapat dirangkum sebagai berikut:

Tabel 1. Kajian Pustaka

No	Peneliti	Fokus Penelitian	Hasil Penelitian
1	Rahayu dan Basuki (2023)	Variasi sudut mata pisau terhadap kebutuhan daya	Sudut mata pisau mempengaruhi kebutuhan daya motor mesin pencacah
2	Wicaksono dkk. (2022)	Analisis elemen hingga variasi sudut mata pisau	Variasi sudut mempengaruhi tegangan dan deformasi pisau
3	Pranoto dkk. (2020)	Analisis FEA mata pisau pencacah	Diperoleh distribusi tegangan von

No	Peneliti	Fokus Penelitian	Hasil Penelitian
			Mises dan faktor keamanan
4	Sthiefandy dkk. (2023)	Perancangan mesin pencacah tipe hammer	Tipe hammer efektif untuk material organik berserat
5	Saputro dkk. (2020)	Desain mesin pencacah limbah organik	Mesin mampu meningkatkan efektivitas proses pengomposan

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode simulasi numerik menggunakan pendekatan *Finite Element Method (FEM)* untuk menganalisis kekuatan struktur mata pisau mesin pencacah sampah organik. Metode FEM digunakan karena mampu memberikan analisis distribusi tegangan, *displacement*, *strain*, dan *factor of safety* secara detail pada suatu komponen mekanik (Rao, 2018).

Pendekatan simulasi dipilih karena dapat memprediksi perilaku struktur sebelum proses manufaktur dilakukan sehingga lebih efisien dari segi waktu dan biaya dibandingkan pengujian eksperimental secara langsung (Kurowski, 2016). Proses pemodelan dan simulasi dilakukan menggunakan *SolidWorks* dengan modul *SolidWorks Simulation* yang terintegrasi dengan sistem CAD.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Perangkat komputer/laptop dengan spesifikasi yang mendukung simulasi numerik.
- *Software SolidWorks* untuk pemodelan tiga dimensi.
- Modul *SolidWorks Simulation* untuk analisis struktur berbasis FEM.

Software SolidWorks dipilih untuk penelitian ini karena memiliki kemampuan pemodelan geometri dan simulasi teknik secara terintegrasi sehingga memudahkan proses desain dan analisis struktur mekanik (Kurowski, 2016).

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa model desain mata pisau mesin pencacah sampah organik yang dianalisis menggunakan material *alloy steel*. Berdasarkan data simulasi, material memiliki kekuatan luluh sebesar $6,20422 \times 10^8$ N/m², kekuatan tarik sebesar $7,23826 \times 10^8$ N/m², dan modulus elastisitas sebesar $2,1 \times 10^{11}$ N/m².

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas:

Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pembebanan statik sebesar 1.000 N yang diberikan pada permukaan mata pisau.

Variabel Terikat

Variabel terikat meliputi:

- Tegangan von Mises (*von Mises stress*)
- *Displacement*
- *Strain*
- *Factor of Safety (FoS)*

Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat keamanan dan kekuatan struktur mata pisau terhadap pembebanan kerja (Budynas & Nisbett, 2015).

Prosedur Penelitian

Prosedur atau tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan referensi terkait desain mata pisau mesin pencacah, sifat mekanik material, metode FEM, dan penggunaan software *SolidWorks Simulation*. Studi literatur bertujuan memperoleh dasar teori yang mendukung proses analisis dan interpretasi hasil penelitian (Logan, 2017).

2. Pembuatan Model 3D

Tahap berikutnya adalah membuat desain tiga dimensi mata pisau menggunakan software *SolidWorks*. Pemodelan dilakukan berdasarkan dimensi dan bentuk geometris yang direncanakan. Model tiga dimensi diperlukan agar simulasi FEM dapat dilakukan secara akurat terhadap distribusi tegangan dan deformasi struktur (Kurowski, 2016).

3. Penentuan Material

Setelah model selesai dibuat, dilakukan penentuan material pada model simulasi. Material yang digunakan adalah *alloy steel* dengan sifat mekanik sebagai berikut:

<i>Yield strength</i>	= $6,20422 \times 10^8$ N/m ²
<i>Tensile strength</i>	= $7,23826 \times 10^8$ N/m ²
<i>Elastic modulus</i>	= $2,1 \times 10^{11}$ N/m ²
<i>Poisson ratio</i>	= 0,28

Pemilihan material menjadi faktor penting karena sifat mekanik material sangat memengaruhi hasil simulasi tegangan dan deformasi struktur (Callister & Rethwisch, 2018).

4. Penentuan Kondisi Batas dan Pembebanan

Tahap selanjutnya adalah menentukan kondisi batas (*boundary condition*) dan pembebanan pada model simulasi. Kondisi batas menggunakan *fixed geometry* pada bagian tertentu mata pisau untuk mensimulasikan kondisi pemasangan sebenarnya. Pembebanan diberikan berupa gaya statik sebesar 1.000 N pada beberapa sisi dan permukaan mata pisau. Beban tersebut digunakan untuk merepresentasikan gaya kerja yang diterima pisau saat proses pencacahan berlangsung. Dalam analisis FEM, penentuan *boundary condition* sangat penting karena memengaruhi distribusi tegangan dan hasil deformasi pada struktur (Rao, 2018).

5. Proses Meshing

Meshing dilakukan dengan membagi model menjadi elemen-elemen kecil agar proses perhitungan numerik dapat dilakukan oleh software. Penelitian ini menggunakan solid mesh dengan metode blended curvature-based mesh. Hasil meshing menunjukkan jumlah node sebanyak 19.151 dan elemen sebanyak 8.801 dengan kualitas mesh tinggi. Mesh berkualitas tinggi digunakan untuk meningkatkan ketelitian analisis terutama pada daerah yang mengalami konsentrasi tegangan (Logan, 2017).

6. Proses Simulasi

Setelah proses meshing selesai, simulasi statik dijalankan menggunakan modul *SolidWorks Simulation*. Analisis statik digunakan untuk mengetahui respons struktur akibat pembebanan tetap terhadap waktu (Rao, 2018).

- Parameter yang dianalisis meliputi:
- *Tegangan von Mises*
- *Displacement*
- *Strain*

- *Factor of Safety*

Analisis tegangan von Mises digunakan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya kegagalan luluh pada material (Budynas & Nisbett, 2015).

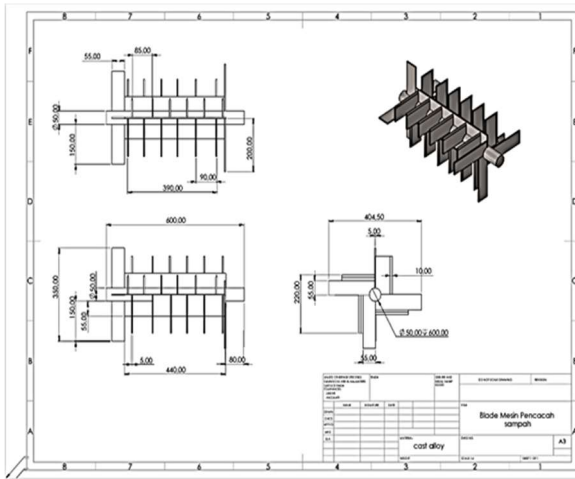
7. Analisis Hasil Simulasi

Hasil simulasi dianalisis berdasarkan nilai maksimum tegangan, displacement, strain, dan factor of safety yang diperoleh.

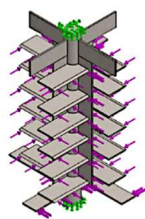
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik

Dengan menggunakan *software SolidWorks* untuk gambar desain mata pisau, maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut:



Gambar 1.
Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik



Gambar 2.
Model blade mesin pencacah sampah organik

Gambar desain tersebut dibuat dengan asumsi:

1. Material pisau mesin pencacah sampah diasumsikan menggunakan baja paduan (*alloy steel*) dengan sifat material seperti kekuatan luluh $6,20422 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, kekuatan tarik $7,23826 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, modulus elastisitas $2,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, dan koefisien ekspansi termal

$1,3 \times 10^{-5} /\text{K}$. Material ini dianggap isotropik dan linear elastis.

2. Beban yang diterapkan berupa gaya statis sebesar 1.000 N yang terdistribusi pada beberapa permukaan pisau. Arah dan posisi beban didasarkan pada skenario operasional yang dianggap ideal.
3. Sambungan antar komponen menggunakan asumsi bonded contact, yang berarti tidak ada gerakan relatif atau kelonggaran antar permukaan yang terhubung selama simulasi berlangsung.
4. Pisau dianggap terpasang dengan kondisi fiksasi sempurna (*fixed geometry*) pada bagian tertentu untuk mencerminkan keadaan operasional sebenarnya.
5. Simulasi ini tidak mencakup efek kelelahan material, gesekan, atau dampak dari gaya dinamis seperti getaran atau kejutan.
6. Mesh yang digunakan adalah jenis solid mesh dengan kualitas tinggi, menggunakan elemen berbasis kurva untuk meningkatkan akurasi hasil pada daerah yang mengalami konsentrasi tegangan.

Simulasi Desain Mata Pisau

Analisis desain mata pisau mesin pencacah sampah organik dilakukan menggunakan *SolidWorks Simulation* dengan metode analisis statik berbasis *Finite Element Method (FEM)*. Simulasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan struktur mata pisau dalam menerima pembebanan kerja berupa gaya statis sebesar 1.000 N.

Model simulasi menggunakan *material alloy steel* dengan sifat mekanik berupa *yield strength* sebesar $6,20422 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, *tensile strength* sebesar $7,23826 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, dan modulus elastisitas sebesar $2,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$. Material tersebut dipilih karena memiliki kekuatan dan kekakuan tinggi sehingga sesuai digunakan pada komponen pemotong

Simulasi menggunakan *mesh tipe solid mesh* dengan metode *blended curvature-based mesh*. Jumlah node yang digunakan sebanyak 19.151 dan jumlah elemen sebanyak 8.801 dengan kualitas mesh tinggi. Penggunaan mesh berkualitas tinggi bertujuan meningkatkan ketelitian hasil simulasi terutama pada daerah yang mengalami konsentrasi tegangan.

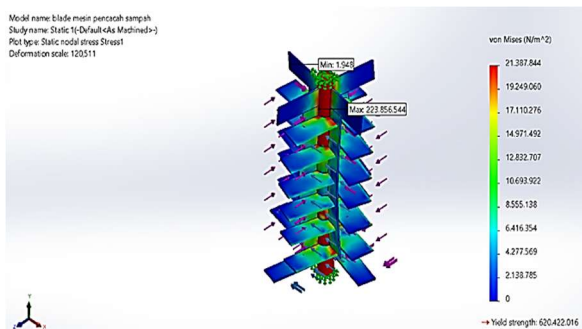
Analisis Tegangan (*Von Mises Stress*)

Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimum (*von Mises stress*) yang

terjadi pada mata pisau sebesar: $\sigma_{\max} = 223.856.544 \text{ N/m}^2$. Sedangkan tegangan minimum yang terjadi sebesar 282 N/m^2 . Tegangan maksimum terjadi pada area tertentu yang menerima konsentrasi beban terbesar, terutama pada bagian sudut dan area sambungan mata pisau.

Menurut teori kegagalan *von Mises*, suatu struktur dinyatakan aman apabila tegangan kerja lebih kecil dibandingkan tegangan luluh material. Berdasarkan hasil simulasi, nilai tegangan maksimum masih berada di bawah *yield strength material alloy steel* sebesar: $\sigma_y = 6,20422 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

Dengan demikian, desain mata pisau masih berada pada kondisi aman dan tidak mengalami kegagalan luluh selama proses operasi. Selain itu, distribusi tegangan yang relatif merata menunjukkan bahwa desain geometri mata pisau mampu mendistribusikan beban dengan baik sehingga mengurangi risiko konsentrasi tegangan berlebih pada titik tertentu.



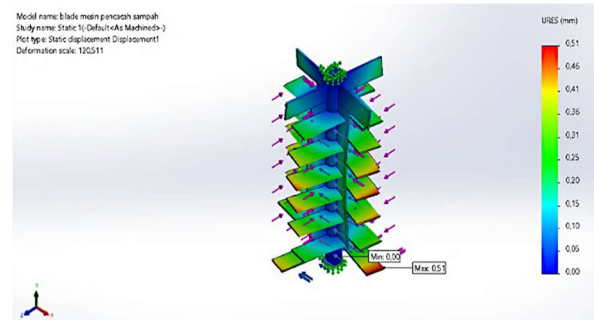
Gambar 3. Distribusi Tegangan Von Mises (*Von Mises Stress*)

Analisis Displacement

Displacement merupakan perpindahan posisi struktur akibat pembebanan yang bekerja. Nilai displacement maksimum hasil simulasi sebesar: $\delta_{\max} = 0,51 \text{ mm}$. Sedangkan displacement minimum sebesar $0,00 \text{ mm}$ terjadi pada bagian yang mengalami fixed geometry atau penahanan penuh. Nilai displacement maksimum yang relatif kecil menunjukkan bahwa struktur mata pisau memiliki tingkat kekakuan yang baik.

Menurut teori mekanika material, displacement yang kecil menunjukkan bahwa struktur mampu mempertahankan bentuk geometrinya selama menerima pembebanan. Nilai displacement dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti modulus elastisitas material, bentuk geometri, dan besar gaya yang diterima.

Pada penelitian ini, penggunaan *alloy steel* dengan modulus elastisitas tinggi menyebabkan deformasi yang terjadi relatif kecil sehingga stabilitas struktur tetap terjaga selama proses pencacahan. Selain itu, displacement yang rendah menunjukkan bahwa mata pisau mampu bekerja secara stabil tanpa mengalami perubahan bentuk signifikan yang dapat mengganggu proses pemotongan material organik.



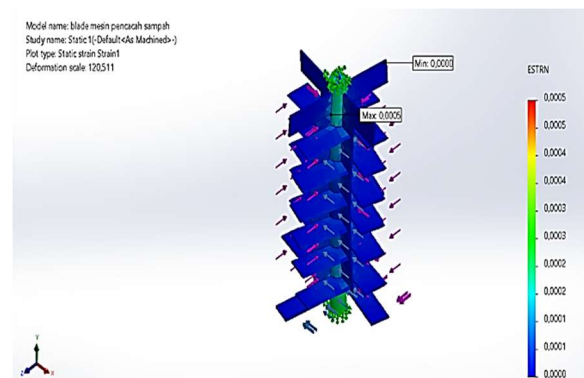
Gambar 4. Hasil Analisis Displacement

Analisis Strain

Strain atau regangan merupakan perubahan bentuk relatif material akibat adanya pembebanan. Berdasarkan hasil simulasi, nilai strain maksimum yang terjadi sebesar: $\epsilon_{\max} = 0,0005$. Sedangkan nilai strain minimum sebesar $0,0000$. Nilai regangan yang sangat kecil menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi masih berada pada daerah elastis material.

Hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke: $\sigma = E\epsilon$

Regangan yang kecil menunjukkan bahwa struktur masih mampu kembali ke bentuk semula setelah beban dilepaskan. Hal ini menunjukkan bahwa desain mata pisau memiliki kemampuan elastisitas yang baik dan tidak mengalami deformasi permanen selama operasi.



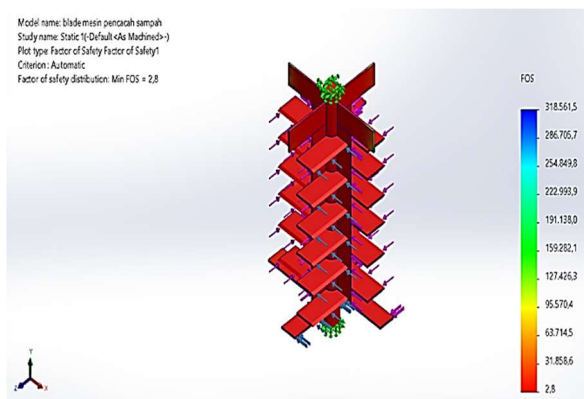
Gambar 5. Hasil Analisis *Strain*

Distribusi strain yang relatif merata juga menunjukkan bahwa pembebanan pada struktur

tersebar dengan baik sehingga mengurangi risiko kerusakan lokal pada material.

Analisis Factor of Safety (FoS)

Factor of Safety (FoS) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat keamanan suatu struktur terhadap kemungkinan kegagalan material. Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh nilai *factor of safety* minimum sebesar: $FoS_{min}=2,8$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa struktur mata pisau masih memiliki cadangan kekuatan sebesar 2,8 kali terhadap beban kerja yang diterima. Dalam perancangan elemen mesin, nilai FoS di atas 1,5 sudah dianggap aman untuk kondisi pembebanan statik.



Gambar 6. Analisis *Factor of Safety (FoS)*

Hasil ini menunjukkan bahwa desain mata pisau memiliki tingkat keamanan yang baik dan mampu menahan beban operasional tanpa risiko kegagalan material. Selain itu, distribusi *factor of safety* yang cukup tinggi menunjukkan bahwa desain masih dapat dikembangkan lebih lanjut untuk optimasi berat maupun efisiensi material.

Pembahasan Keseluruhan Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *SolidWorks Simulation*, desain mata pisau mesin pencacah sampah organik menunjukkan performa struktur yang baik terhadap pembebanan statis mampu menahan beban yang diberikan dengan performa struktur yang memadai. Nilai tegangan maksimum sebesar $223.856.544 \text{ N/m}^2$ berada jauh di bawah kekuatan luluh material baja paduan ($6,20422 \times 10^8 \text{ N/m}^2$), masih berada di bawah kekuatan luluh material sehingga struktur dinyatakan aman terhadap kegagalan luluh dengan kata lain dapat memastikan keamanan struktur dalam kondisi operasional. Nilai *displacement* maksimum sebesar 0,51 mm menunjukkan deformasi yang kecil sehingga struktur tetap stabil saat menerima pembebanan masih dalam batas

toleransi untuk memastikan integritas dan stabilitas komponen selama penggunaan. Selain itu, *strain* maksimum sebesar 0,0005 menunjukkan bahwa deformasi material masih berada pada daerah elastis dan tidak menyebabkan perubahan bentuk permanen, menunjukkan deformasi material yang sangat kecil, sehingga tidak memengaruhi kinerja keseluruhan dari desain. Dengan *factor of safety* minimum sebesar 2,8 maka desain pisau ini dinilai aman untuk menahan beban yang diberikan tanpa risiko kegagalan material dan juga memiliki tingkat keamanan yang baik untuk digunakan dalam proses pencacahan sampah organik secara operasional. Simulasi menggunakan mesh berkualitas tinggi memberikan hasil yang akurat, dengan distribusi beban yang merata dan tanpa elemen yang terdistorsi secara signifikan.

Secara keseluruhan, hasil simulasi membuktikan bahwa desain mata pisau yang dianalisis menggunakan metode FEM pada *SolidWorks Simulation* layak digunakan karena memenuhi kriteria kekuatan, kekakuan, dan keamanan struktur.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis desain mata pisau pada mesin pencacah sampah organik, dapat disimpulkan bahwa bentuk geometri, sudut potong, serta pemilihan material memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja dan efisiensi proses pencacahan. Hasil simulasi dan analisis menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* menunjukkan bahwa variasi desain mata pisau menghasilkan distribusi tegangan dan tingkat deformasi yang berbeda, sehingga berpengaruh langsung terhadap ketahanan dan umur pakai komponen.

Desain mata pisau yang optimal adalah desain yang mampu menghasilkan gaya potong yang efektif dengan tegangan maksimum masih berada di bawah batas izin material, sehingga risiko kegagalan dapat diminimalkan. Selain itu, konfigurasi sudut potong yang tepat juga terbukti meningkatkan kemampuan pemotongan material organik menjadi lebih seragam dan efisien.

Dengan demikian, analisis ini menegaskan bahwa pendekatan berbasis simulasi sangat penting dalam proses perancangan komponen mesin pencacah sampah organik. Penggunaan *SolidWorks* sebagai alat bantu analisis mampu memberikan gambaran yang akurat terhadap performa desain sebelum dilakukan proses

manufaktur, sehingga dapat menghemat biaya, waktu, dan meningkatkan keandalan produk akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Sthiefandy, R. O. K. Munaiseche, dan M. F. Pomalingo, "Perancangan Mesin Pencacah Sampah Organik dengan Menggunakan Tipe Mata Pisau Hammer," *Steam Engineering*, vol. 6, no. 1, 2023.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design*. New York: McGraw-Hill Education.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. New York: Wiley.
- Crawford, D.L., 1986, The role of actionomycetes in the decomposition of lignocelluloses, *FEMS Symp*.
- Groover, M. P. (2019). *Fundamentals of Modern Manufacturing*. Wiley.
- Kurowski, P. M. (2016). *Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation*. SDC Publications.
- Logan, D. L. (2017). *A First Course in the Finite Element Method*. Boston: Cengage Learning.
- N. I. Nasrul, F. Y. Utama, D. Riandadari, dan D. Puspitasari, "Pengaruh Mata Pisau Dynaflo Blade 4 dan 12 Cutter Pada Mesin Pencacah Sampah Organik Terhadap Waktu Produksi," *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2024.
- N. W. E. Saputro, A. S. Nurrohkayati, dan S. H. Pranoto, "Analisis desain mesin pencacah limbah organik sebagai bahan dasar pupuk," *Teknosains: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, vol. 9, no. 2, 2020.
- P. Wicaksono, B. Delfian P., S. Bekti W., dan B. Basuki, "Analisis Pengaruh Variasi Sudut Mata Pisau (Blade) Pada Perancangan Mesin Pencacah Sampah Organik Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 4, no. 2, 2022.
- Rao, S. S. (2018). *The Finite Element Method in Engineering*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- S. H. Pranoto, S. Yatnikasari, M. N. Asnan, dan R. I. Yaqin, "Desain dan Analisis Mata Pisau Pencacah Untuk Pengolahan Sampah Plastik Menggunakan Finite Element Analysis", *Infotekmesin*, vol. 11, no. 2, 2020.
- S. Rahayu dan B. Basuki, "Analisa Optimasi Kebutuhan Daya Mesin Pencacah Sampah Kering Organik dengan Variasi Parameter Sudut Mata Pisau", *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 5, no. 2, 2023.