

Analisis Pengaruh Variasi Sudut Mata Pisau (*Blade*) Pada Perancangan Mesin Pencacah Sampah Organik Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elemen Hingga

Pintien Wicaksono^{1*}, Braam Delfian P¹, Setyawan Bekti W¹, dan Budi Basuki¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Mesin, Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Jl. Yacarana, Sekip Unit VI, Catur Tunggal, Kec. Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281

*Corresponding author: pintienwicaksono75@mail.ugm.ac.id

Artikel info: Diterima: 17 Juli 2023 | Disetujui: 29 Agustus 2023 | Tersedia online: 31 Agustus 2023
DOI: 10.32722/jmt.v4i2.5854

Abstrak

Mesin pencacah sampah organik digunakan untuk menghaluskan sampah organik terutama pelepah kelapa sawit, menjadi partikel yang lebih kecil dan halus. Salah satu komponen utama mesin ini adalah mata pisau. Sudut ketajaman mata pisau menjadi faktor penting dalam menentukan kekuatan dan ketahanan mesin saat mengolah pelepah kelapa sawit sehingga dalam mengatasi permasalahan ini digunakan metode numerik yaitu metode elemen hingga. Pada penelitian ini dilakukan analisis tiga variasi sudut mata pisau terhadap pembebanan statis. Variasi sudut mata pisau yaitu 25°, 30°, 45° dengan menggunakan material JIS SUP9. Hasil dari penelitian ini diperoleh sebaran von-mises stress sudut mata pisau 25° sebesar 12,43 Mpa, sudut mata pisau 30° sebesar 14,78 Mpa, sudut mata pisau 45° sebesar 19,918 MPa. Selain itu, nilai safety factor terendah terjadi pada sudut mata pisau 45° sebesar 5,3, sedangkan nilai safety factor tertinggi terjadi pada sudut mata pisau 25° sebesar 8,5, serta nilai sebaran total deformation setiap sudut mata pisau memiliki perbedaan yaitu 0,0021409 mm – 0,0024555 mm dan nilai safety factor pada sudut mata pisau 30° adalah 7,17.

Kata-kata kunci: Pembebanan Statis, Variasi Sudut Mata Pisau, Metode Elemen Hingga

Abstract

The organic waste shredder is used to finely grind organic waste, especially palm fronds, into smaller and finer particles. One of the main components of this machine is the blade. The sharpness angle of the blade is a crucial factor in determining the strength and durability of the machine when processing palm fronds. To address this issue, a numerical method called the finite element method is used. In this study, an analysis of three different blade angle variations was conducted under static loading. The blade angle variations were 25°, 30°, and 45°, using JIS SUP9 material. The research yielded the distribution of von Mises stress for the blade angles: 12,43 MPa for 25°, 14,78 MPa for 30°, and 19,918 MPa for 45°. Additionally, the lowest safety factor occurred at the 45° blade angle (5,3), while the highest safety factor was observed at the 25° blade angle (8,5). Moreover, there were variations in the total deformation values for each blade angle, ranging from 0,0021409 mm to 0,0024555 mm. The safety factor for the 30° blade angle was 7,17.

Keywords: Static Structural, Variation of Blade Angle, Finite Element Metode



1. PENDAHULUAN

Penggunaan pupuk dan pestisida secara terus menerus dapat mengakibatkan kehilangan produktivitas kualitas tanah, pengerasan tanah, degradasi tanah, penurunan kualitas lingkungan, dan kesehatan manusia akibat dari kontaminasi dari bahan-bahan kimia tersebut [2]. Potensi dari pemanfaatan sisa limbah pertanian menjadi alternatif sebagai penggunaan kompos, sehingga penggunaan pupuk kimia dapat berkurang dan kualitas lingkungan meningkat [9].

Oleh karenanya, diberikan solusi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Teknologi yang dirancang adalah mesin pencacah sampah organik. Mesin pencacah ini bertujuan untuk memperkecil ukuran limbah sampah organik, karena ukuran yang lebih kecil membuat proses penguraian limbah sampah menjadi kompos berjalan lebih cepat untuk dapat di dekomposisi dengan maksimal oleh mikroorganisme selama proses penguraian [7]. Adapun penelitian yang dilakukan Sugiarto, R. A., dkk pada variasi sudut mata pisau adalah melakukan analisa sudut dan jumlah mata pisau untuk pencacah daun kering dengan cara memodifikasi nilai sudut mata pisau dan ketebalan pisau menjadi 10° , 20° , 30° serta ketebalan 3 mm dan 5 mm dengan jumlah mata pisau 10 buah pisau. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil rata-rata cacahan sebesar 6,1 – 6,3 mm [10]. Pranoto, S.H., dkk melakukan penelitian terkait perancangan desain dan analisis mata pisau pencacah untuk pengolahan sampah plastik menggunakan metode elemen hingga. Penelitian tersebut melakukan analisis variasi pembebanan terhadap mata pisau sudut 45° sebesar 300 N, 500 N, dan 700 N. Hasil dari analisis mendapatkan nilai tegangan tertinggi sebesar $3,989 \times 10^{-3}$ MPa. Pada analisis *displacement* permodelan mata pisau sangat kecil dibuktikan dengan nilai *displacement* tertinggi $1,575 \times 10^{-1}$ mm pada pembebanan 700 N sedangkan nilai *safety factor* sekitar 15 termasuk kategori cukup aman karena minimumnya adalah 1 [8]. Yaqin, R.I., dkk juga melakukan penelitian terkait analisis elemen hingga dilakukan pada penerapan pemilihan *material* pada desain pisau pencacah sampah plastik. Pada penelitian ini menggunakan pemilihan *material* pisau antara lain HSS, SKD 11, JIS SUP 9, dan VCN 150. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa JIS SUP 9 merupakan *material* yang direkomendasikan dari segi teknis dan mekanik dalam proses pembuatan pisau plastik. *Material* JIS SUP 9 memiliki tegangan *equivalent (von-mises)* ($27,695 \times 10^{-2}$ MPa), *equivalent elastic strain* ($12,882 \times 10^{-7}$ m/m) dan deformasi total ($17,722 \times 10^{-10}$ m) serta memiliki nilai faktor keamanan sebesar 15 dari hasil simulasi paling optimal diantara *material* lainnya [11].

Komponen yang terpenting dalam mesin pencacah sampah adalah mata pisau salah satunya di sudut mata pisau yang berfungsi untuk mencacah sampah menjadi potongan lebih kecil. Pemilihan variasi sudut mata pisau perlu dilakukan untuk mengidentifikasi penggunaan sudut ketajaman yang optimal terhadap kelelahan material pada sudut mata pisau, keausan, dan ketahanan terhadap kegagalan ketika melakukan gaya pemotongan. Analisa pembebanan statis juga dilakukan terhadap sudut mata pisau menggunakan metode elemen hingga guna mengetahui ketahanan material yang digunakan terhadap pembebanan yang diberikan ketika melakukan gaya pemotongan. Metode elemen hingga dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis serta metode ini mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menentukan jenis *material* mata pisau terhadap pengaruh pembebanan statis, untuk mengetahui nilai deformasi, sebaran tegangan maksimal, dan faktor keamanan terhadap variasi sudut mata pisau, serta menentukan nilai sudut mata pisau yang paling efektif pada perancangan mesin pencacah sampah pelepah kelapa sawit.:

2. METODE PENELITIAN

Software (Perangkat Lunak)

Penelitian ini melakukan permodelan gambar *blade* atau mata pisau digambar dengan menggunakan *software* CAD (*solidworks* 2018) sebelum dilakukannya analisa menggunakan *software* CAE. *Software* metode elemen hingga pada kasus penelitian menggunakan perangkat lunak ANSYS yang memanfaatkan fitur analisis *static structural* di *software* tersebut. Dunia teknik *software* analisis seperti pada penelitian ini menggunakan *software* ANSYS AIM 21.2. *Software* ini merupakan salah satu jenis penyelesaian yang dapat digunakan dengan metode elemen hingga. ANSYS AIM 21.2 dilengkapi berbagai jenis tipe *mesh* (grid), salah satunya 2D *triangular-quadrilateral*, 3D *tetrahedral-hexahedral-pyramid-wedge*, dan *meshing hybrid*. *Software* ANSYS AIM 21.2 memiliki berbagai fitur salah satunya adalah *static structural*.

Data Mechanical Properties

Material pada komponen elemen mesin pencacah sampah organik pelepah kelapa sawit menggunakan material baja pegas yang digunakan dalam pembuatan mata pisau (*blade*) termasuk dalam baja karbon sedang. Material baja pegas yang diambil merupakan dari standar tiga negara yaitu Jepang, Amerika, dan Jerman. Masing-masing memiliki kandungan yang sama yaitu jenis material dengan *grade* JIS SUP9, AISI 5155, dan DIN 55Cr3 yang tidak mendapatkan perlakuan *surface finishing* mempunyai kandungan komposisi seperti C 0,54%, Mn 0,78%, Si 0,27%, Cr 0,81%, P 0,014%, S 0,020%, dan Cu 0,24% [5]. Data material tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Material Baja Pegas

Spesifikasi	Keterangan
<i>Interantional Material Name</i>	JIS SUP 9, AISI 5155, DIN 55Cr3
<i>Density</i>	8000 Kg/m ³
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	870 MPa
<i>Yield Strength</i>	530 MPa
<i>Young's Modulus of Elasticity</i>	210 GPa
<i>Poisson Ratio</i>	0,3
<i>Hardness</i>	255 HB
<i>Melting Point</i>	1520 °C
<i>Thermal Conductivity</i>	45 W/mK

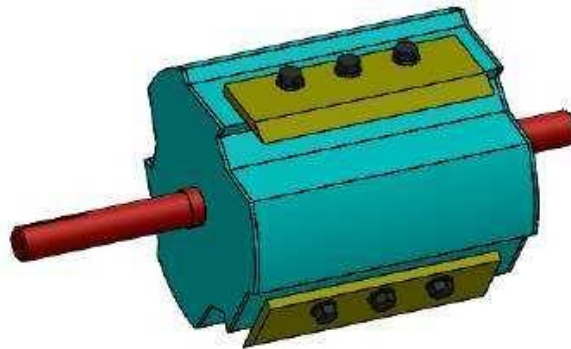
Metode Analisis

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan analisis metode elemen hingga pada variasi sudut mata pisau penelitian ini sebagai berikut:

1. Desain Perancangan. Mesin pencacah sampah organik pelepah kelapa sawit menggunakan motor penggerak listrik AC tipe induksi satu fase. Langkah awal dalam melakukan desain adalah identifikasi dimensi, jumlah mata pisau, kemiringan sudut mata pisau, bentuk mata pisau, dan ukuran kapasitas dalam pencacahan yang akan direncanakan.
2. Mechanical Properties. Tahapan yang dilakukan salah satunya menentukan jenis *material* terhadap komponen yang akan dilakukan pembebanan mekanik.
3. Menentukan Kondisi Batas dan Pembebanan. Tahap ini dilakukan proses dalam penentuan kondisi batas (*boundary condition*) analisis yang akan dilakukan dari batasan titik kontrol volume untuk mendapatkan nilai secara detail pada komponen variasi sudut mata pisau. Kondisi pembebanan juga dilakukan pada tumpuan atau pusat yang akan dilakukan pemberian beban terhadap komponen yang dianalisis.
4. Meshing. Tahapan ini dilakukan untuk membagi komponen pada mata pisau sehingga menjadi elemen-elemen kecil atau diskrit.
5. Analisa Model. Pada tahap ini melakukan proses pengamatan variabel-variabel yang sudah dilakukan *pre-processing* pada struktur mata pisau.
6. Hasil Simulasi. Tahapan ini bertujuan untuk menganalisa nilai-nilai hasil simulasi yang sudah dilakukan pembebanan mekanik terhadap mata pisau dengan syarat memenuhi *factor of safety* yaitu beban kejut (5).

Hasil Desain

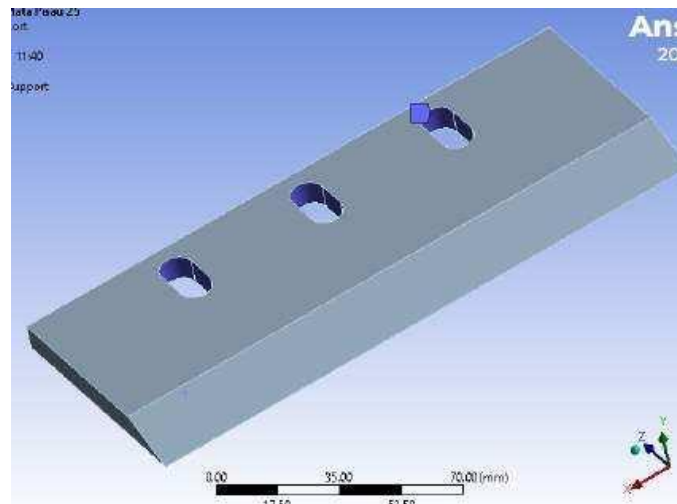
Desain sistem pencacah pada mesin adalah *embodiment design* atau visualisasi 3D dari perancangan sistem pencacah mesin pencacah sampah organik yang dibuat secara actual melalui *software computer aided design* (CAD) untuk dijadikan sebagai acuan *geometry* dalam melakukan analisa metode elemen hingga *static structural*. Sistem pencacah ini memiliki tiga pisau dinamis yang diletakkan pada *housing blade* dan tersambung dengan poros pencacah, hasil desain tersebut sebagai berikut.



Gambar 1. Desain Sistem Pencacah

Boundary Condition

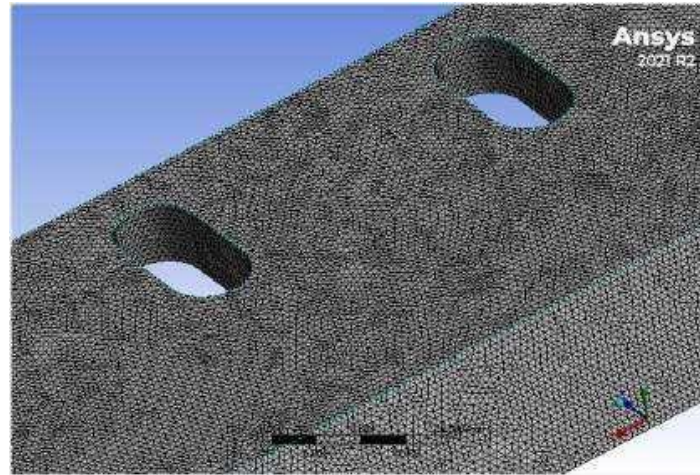
Kasus pada simulasi penelitian ini posisi bentuk *geometry* mata pisau dengan dimensi 8 mm x 70 mm x 180 mm dengan sudut kemiringan 25o, 30o, 45o memiliki titik tumpuan yaitu berada diantara lubang pengunci baut dan mur seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Fixed Support Geometry Mata Pisau

Meshing

Pada pemodelan metode elemen hingga dilakukan tipe *meshing* yang diaplikasikan pada model *geometry* mata pisau menggunakan *mesh tetrahedrons* dengan *element size* sebesar 0,8 mm. Adapun hasil dari *meshing* secara keseluruhan dari setiap sudut mata pisau dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Bentuk *Meshing* pada Mata Pisau

Untuk penggunaan jenis *mesh tetrahedrons* pada variasi setiap sudut mata pisau mempunyai nilai nodes dan element yang berbeda-beda. Analisis variasi sudut mata pisau 25°, 30°, 45° dilakukan menggunakan jenis *meshing tetrahedrons* dengan nilai *element size* secara keseluruhan sebesar 0.8 mm. Hasil nilai *nodes* dan *element* yang didapatkan dari variasi sudut mata pisau yang berbeda-beda dapat dibuktikan melalui hasil simulasi pada *software* ANSYS AIM 21.2 pada Gambar 4.

Statistics		Statistics	
Nodes	1982670	Nodes	2040727
Elements	1415215	Elements	1457228

Sudut Mata Pisau 25° Sudut Mata Pisau 30°

Statistics	
Nodes	2132860
Elements	1526208

Sudut Mata Pisau 45°

Gambar 4. Jumlah *Nodes* dan *Element*

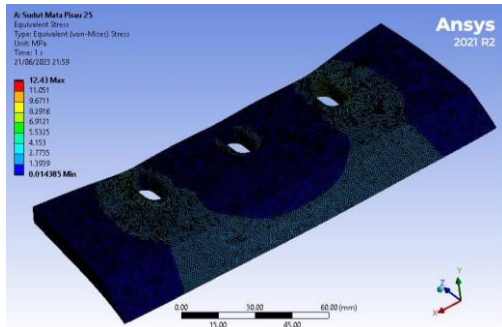
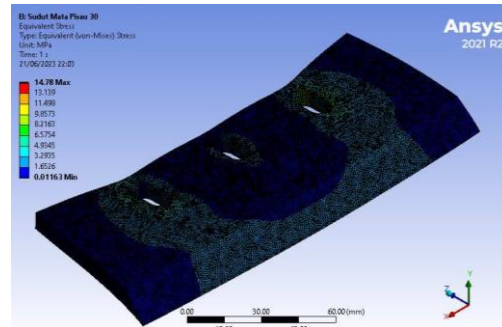
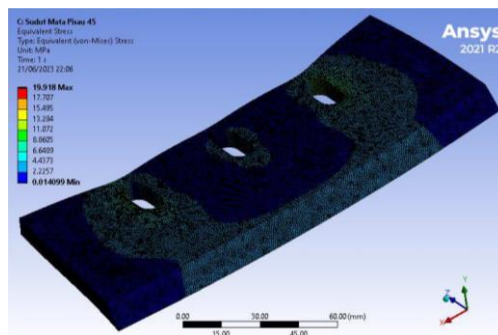
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi Static Structural

Hasil simulasi setiap masing-masing model dengan sudut ketajaman mata pisau yang berbeda setelah selesai disimulasikan sehingga didapatkan nilai data-data dari equivalent (von-mises) stress, total deformation, maximum shear stress, dan safety factor. Proses simulasi yang telah dilakukan pada ketiga variasi sudut mata pisau dengan menggunakan metode elemen hingga diperoleh hasil simulasi dari static structural data hasil simulasi degradasi warna dan data grafik. Data degradasi warna merupakan data suatu nilai tegangan maksimal pada sudut mata pisau dengan variasi sudut ketajaman yang berbeda yaitu 25°, 30°, dan 45°.

Hasil *Von Mises Stress* pada Sudut Mata Pisau 25°, 30°, 45°

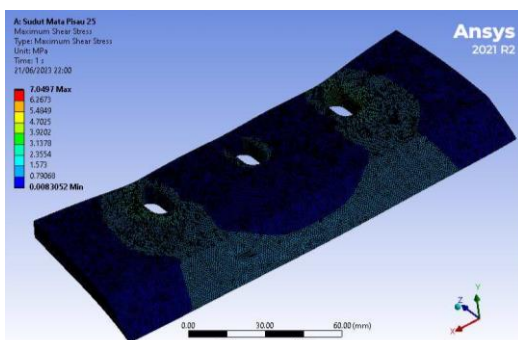
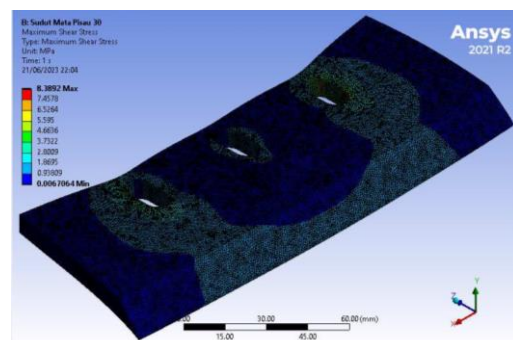
Proses analisis dilakukan pada variasi sudut 25°, 30°, 45° dengan pembebanan masing-masing sebesar 2705 N, 3336 N, dan 4872 N menunjukkan bahwa mata pisau dapat bekerja dalam penghancuran pelepah kelapa sawit. Hal ini ditujukan untuk mengetahui perbedaan dalam kekuatan dan ketahanan sudut ketajaman mata pisau. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

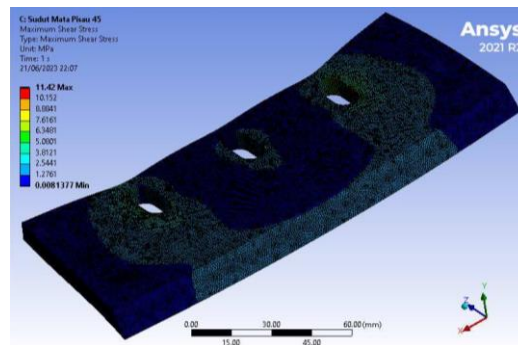
Gambar 5. Hasil *Equivalent (Von-Mises) Stress* Sudut Mata Pisau 25°Gambar 6. Hasil *Equivalent (Von-Mises) Stress* Sudut Mata Pisau 30°Gambar 7. Hasil *Equivalent (Von-Mises) Stress* Sudut Mata Pisau 45°

Perbedaan hasil dari ketiga variasi sudut mata pisau dilihat dari nilai minimal tegangan yang didapatkan sudut 25° sebesar 12,43 MPa, sudut 30° sebesar 14,78 MPa, dan sudut 45° sebesar 19,918 MPa. Hal tersebut memberikan bahwa beban yang diterima terhadap sudut ketajaman 25° lebih kecil dan memberikan efek yang tidak terlalu besar dibandingkan dengan kedua sudut lainnya.

Hasil *Max Shear Stress* pada Sudut Mata Pisau 25°, 30°, 45°

Proses analisis dilakukan untuk menentukan seberapa besar kondisi tegangan geser yang terjadi pada mata pisau. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.

Gambar 8. Hasil *Maximum Shear Stress* Sudut Mata Pisau 25°Gambar 9. Hasil *Maximum Shear Stress* Sudut Mata Pisau 30°

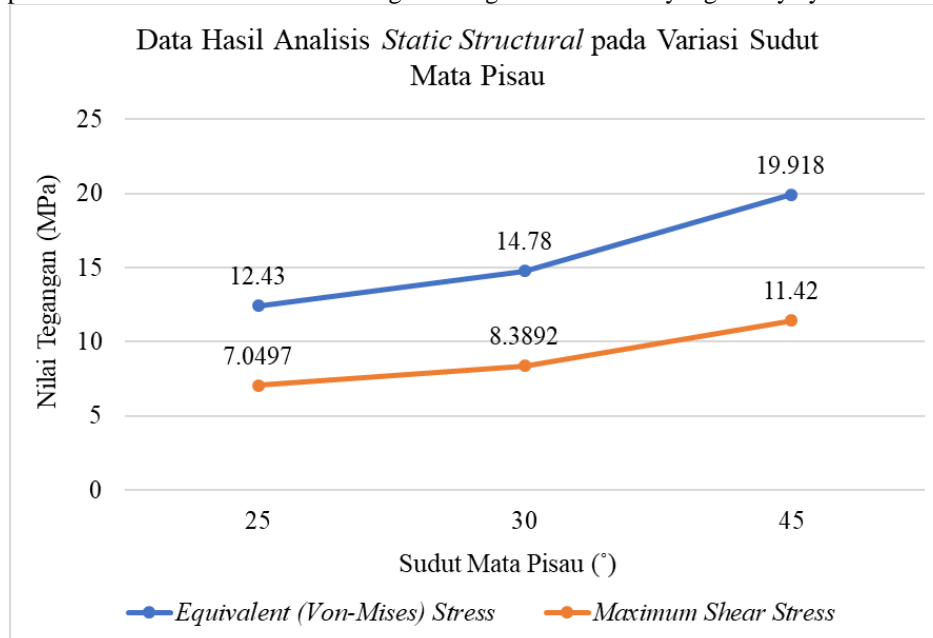
Gambar 10. Hasil *Maximum Shear Stress* Sudut Mata Pisau 45°

Hasil dari visualisasi analisis metode elemen hingga pada ketiga variasi sudut mata pisau dilihat dari nilai maksimal tegangan geser yang didapatkan sudut 25° sebesar 7,0497 MPa, sudut 30° sebesar 8,3892 MPa, dan sudut 45° sebesar 11,42 MPa. Hal tersebut disimpulkan bahwa efek tegangan geser terbesar terjadi pada slot pengunci pisau dan beban efek tegangan yang diterima sudut ketajaman 25° lebih kecil sehingga dapat dikatakan lebih baik dan efektif ketika mendapatkan pembebanan.

Perbandingan Hasil Sebaran Tegangan Simulasi Sudut Mata Pisau 25°, 30°, 45°

Perbandingan data hasil simulasi pada sudut mata pisau 25°, 30°, dan 45° adalah analisa dan pembahasan terhadap data tegangan maksimal, deformasi, dan faktor keamanan yang diperoleh dari setiap variasi sudut mata pisau, data tersebut sebagai berikut. Perbandingan nilai sebaran *equivalent* (von-mises) *stress* dan *shear stress* dengan nilai pembebanan yang berbeda pada sudut ketajaman mata pisau didapatkan dari hasil komputasi simulasi metode elemen hingga, data tersebut dapat dilihat pada Gambar 11.

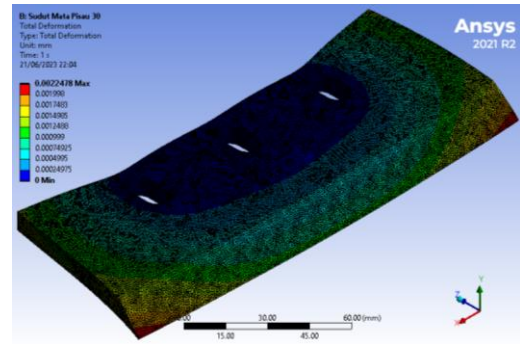
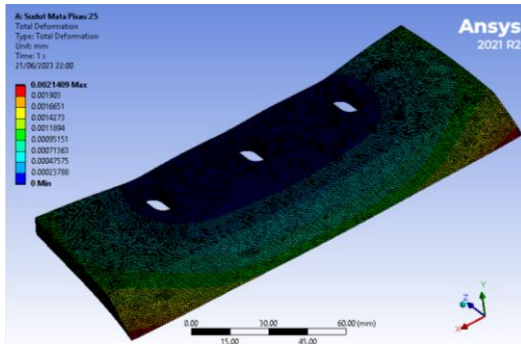
Gambar 11 menunjukkan bahwa hubungan antara besar nilai sudut mata pisau dan tegangan maksimal yang diterima pada mata pisau, yaitu semakin besar nilai sudut ketajaman mata pisau maka semakin bertambah nilai tegangan maksimal. Data pada Gambar 11 tersebut menunjukkan bahwa tegangan maksimal yang diterima pada mata pisau sudut 25° lebih kecil dibandingkan dengan kedua sudut yang lainnya yaitu 30° dan 45°.



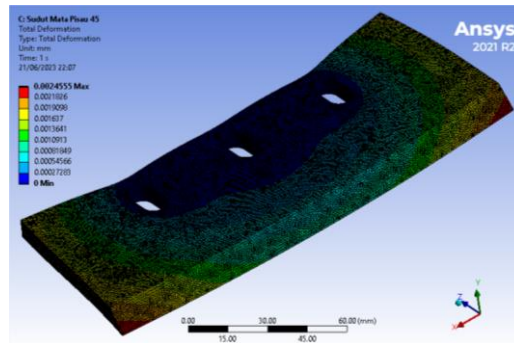
Gambar 11. Grafik Perbandingan Sebaran Tegangan Maksimal

Hasil *Total Deformation* pada Sudut Mata Pisau 25°, 30°, 45°

Proses analisis dilakukan untuk menentukan letak deformasi yang dominan pada variasi sudut mata pisau. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14.



Gambar 12. *Result Total Deformation* Sudut Mata Pisau 25° Gambar 13. *Result Total Deformation* Sudut Mata Pisau 30°



Gambar 14. *Result Total Deformation* Sudut Mata Pisau 45°

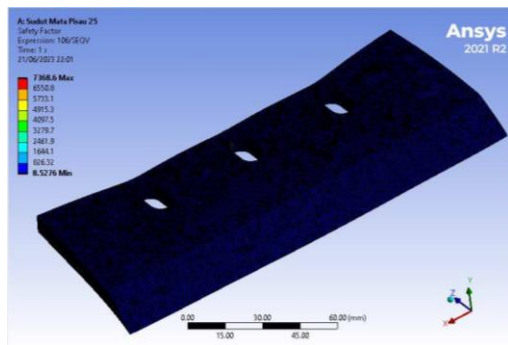
Perbandingan nilai sebaran *total deformation* dengan nilai pembebanan yang berbeda pada sudut ketajaman mata pisau didapatkan dari hasil komputasi simulasi metode elemen hingga, data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa hubungan antara besar nilai sudut mata pisau dan total deformasi yang diterima pada mata pisau, yaitu semakin besar nilai sudut ketajaman mata pisau maka semakin bertambah nilai deformasi yang diterima. Data pada tabel dan grafik tersebut menunjukkan bahwa *total deformation* yang diterima pada mata pisau sudut 25° lebih kecil dibandingkan dengan kedua sudut yang lainnya yaitu 30° dan 45° dan efek terbesar deformasi terjadi pada bagian sisi tepi pada sudut ketajaman mata pisau.

Tabel 2. Nilai Sebaran *Total Deformation*

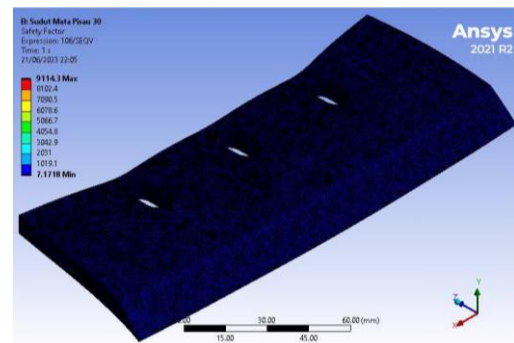
Sudut Mata Pisau	<i>Total Deformation</i>
25°	0.0021409 mm
30°	0.0022478 mm
45°	0.0024555 mm

Hasil *Safety Factor* pada Sudut Mata Pisau 25°, 30°, 45°

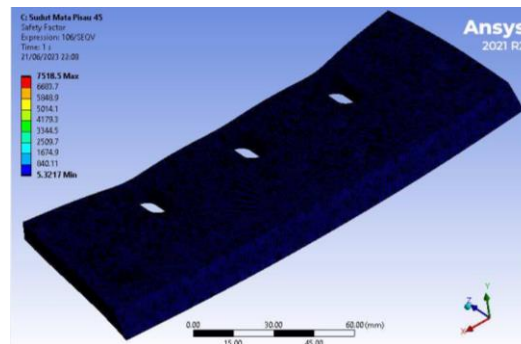
Safety Factor adalah salah satu parameter utama dalam menentukan suatu konstruksi desain itu aman atau tidak. Nilai *safety factor* disyaratkan yaitu dengan nilai beban statis (1.25 – 2), beban dinamis (2 – 3), beban kejut (3 – 5) [3]. Hasil dari analisis simulasi ketiga variasi sudut mata pisau dapat dilihat pada Gambar 15, Gambar 16, dan Gambar 17.



Gambar 15. Result Safety Factor Sudut Mata Pisau 25°



Gambar 16. Result Safety Factor Sudut Mata Pisau 30°



Gambar 17. Result Safety Factor Sudut Mata Pisau 45°

Pada visualisasi hasil analisis dari desain variasi sudut kemiringan menunjukkan bahwa nilai minimal dari faktor keamanan ketiga sudut memiliki angka diatas dari 5. Hasil perbandingan safety factor variasi sudut mata pisau tersebut dengan pembebanan gaya pemotongan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa data-data tersebut dapat disimpulkan desain dan sudut kemiringan ketiga sudut ketajaman mata pisau masih dikatakan aman karena nilai safety factor hasil analisis diatas batas ketentuan yaitu diasumsikan untuk beban kejut minimal sebesar 5. Data pada tabel dan grafik tersebut disimpulkan semakin besar nilai sudut mata pisau maka semakin berkurang atau menurun nilai safety factor. Data nilai faktor keamanan sudut mata pisau 25° memiliki nilai minimal tertinggi daripada kedua sudut mata pisau 30° dan 45°.

Tabel 3. Safety Factor

Sudut Mata Pisau	Safety Factor
25°	8.5
30°	7.17
45°	5.3

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada analisa variasi sudut mata pisau dengan menggunakan metode elemen hingga, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada komponen mata pisau pencacah didapatkan jenis material JIS SUP9 yang memiliki sifat kelelahan yang baik, ketahanan terhadap korosi dan aus yang baik, dan ketersediaan material yang mudah ditemukan dan diproduksi. Jenis material JIS SUP9 dinilai aman ditinjau dari nilai sebaran tegangan maksimal pada variasi sudut ketajaman mata pisau tidak melebihi tegangan maksimal material JIS SUP9 dan memiliki nilai safety factor yang baik diatas dari nilai yang sudah ditentukan yaitu beban kejut dengan nilai faktor keamanan minimal 5.
2. Nilai sebaran total deformation pada setiap sudut mata pisau 25°,30°,45° memiliki perbedaan yaitu sebesar 0,0021409 mm – 0,0024555 mm. Sedangkan nilai sebaran tegangan maksimal sudut mata pisau 25° sebesar 0,014385 MPa – 12,43 MPa , sudut mata pisau 30o sebesar 0,01163 MPa – 14,78 MPa, dan sudut mata pisau 45o sebesar 0,014 MPa – 19,918 MPa dan sebaran nilai maximum shear stress pada sudut mata pisau 25° sebesar 0,0083 MPa – 7,0497 MPa, sudut mata pisau 30° sebesar 0,0067

MPa – 8,3892 MPa, sudut mata pisau 45° sebesar 0,0081 MPa – 11,42 Mpa serta nilai safety factor terendah terdapat pada sudut mata pisau 45° sebesar 5,3 dan nilai safety factor tertinggi di sudut mata pisau 25° sebesar 8,5.

3. Perancangan mesin penghancur limbah organik jenis pelepeh kelapa sawit ini didapatkan sudut yang efektif terhadap ketahanan, kekakuan, dan kekuatan ketika mendapatkan beban dari gaya pemotongan adalah jenis sudut ketajaman mata pisau 25°.

REFERENSI

1. Azmin, Nikman, dkk. "Pelatihan Pembuatan Pupuk Kompos Dari Sampah Organik Di Desa Woko Kabupaten Dompu." *Jompa Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 1.3 (2022): 137-142.
2. Dewi, Dora Silvia, dan Elly Afrida. "Kajian Respon Penggunaan Pupuk Organik oleh Petani Guna Mengurangi Ketergantungan Terhadap Pupuk Kimia." *All Fields of Science Journal Liaison Academia and Society*. 2.4 (2022): 131-135.
3. Dobrovolsky, V. Zablonsky, dkk. "L. Machine Elements," (1974)."
4. Jaelani, Mohamad Abdul, Muhamad Fajar Sidiq, and Galuh Renggani Wilis. "Analisa Penguatan Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik Dengan Proses Heat Treatment Bertingkat." *Jurnal Crankshaft*. 4.1 (2021): 93-102.
5. Jokhio, Muhammad Hayat, dkk. "The synergetic effect of hot rolling and heat treatment on mechanical properties: AISI-1045 and JIS-SUP 9 Steel." *Journal of Testing and Evaluation*. 48.4 (2020): 3300-3311.
6. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan., "Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah." Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, (Online). Tersedia pada: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/> (Diakses: 27 Maret 2023).
7. Nugraha, Noviyanti, dkk. "Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga." *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*. 3.3 (2019).
8. Pranoto, S.H., Yatnikasari, S., Asnan, M.N., dan Yaqin, R.I. "Desain dan Analisis Mata Pisau Pencacah Untuk Pengolahan Sampah Plastik Menggunakan Finite Element Analysis." *Journal Infotekmesin*. 11.2 (2020): 147-152.
9. Roidah, Ida Syamsu. "Manfaat penggunaan pupuk organik untuk kesuburan tanah." *Jurnal Bonorowo*. 1.1 (2013): 30-43.
10. Sugiarto, R.A., Ilham, M.M., dan Fauzi, A.S. "Analisa Sudut dan Jumlah Mata Pisau Pada Alat Pencacah Daun Kering Terhadap Hasil Cacahan." In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*. 4.3 (2020): 237-240.
11. Yaqin, R. I., dkk. "Penerapan Metode Elemen Hingga Dalam Pemilihan Bahan Pada Desain Pisau Mesin Pencacah Plastik." *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*. 6.2 (2021): 85–98.