

ANALISIS TEGANGAN PISAU PENCACAH LIMBAH KAKAO DENGAN METODE BEDA HINGGA

Fahriansyah

Peneliti Muda
Pusat Riset Teknologi Tepat Guna,
Badan Riset Inovasi Nasional
fahr005@brin.go.id

One of the vital components of a crushing machine is a crushing blade. Where the crusher blade works and is in direct contact with the cocoa waste to be crushed. Many crushing blades wear out quickly after being used for a short time because the blade material has low strength. The aim of this study was to analyze the blade in the crusher machine used by farmers to handling cocoa waste. The blade usings material of steel by utilizing waste car spring sheets with ASTM A29 steel type which is formed into a crusher blade because the price is cheap and easy to obtain. 3-D finite element design and analysis were carried out using Solidwork software. The blade is given a load variation from 100N - 1000N to determine the value of stress, deformation, and safety factor. The results of the simulation and analysis on the crusher blade show a downward trend starting at a load of 400 N, where the stress is 444,738 N/mm², the maximum shape change is 3.48066 mm, and the safety factor seems to be low in the red distribution with FOS below 1, which is 0.989347.

Keyword: Crusher Machine, Crusher Blade, Cocoa Waste, Finite Element Simulation, 3 Dimensions

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2016 hingga tahun 2017 telah terjadi peningkatan luas perkebunan kakao di Indonesia [1] yang berbanding lurus dengan meningkatnya limbah dari buah kakao yang ada. Kulit buah kakao merupakan bagian limbah buah kakao yang paling banyak dapat ditemukan di sekitaran perkebunan kakao. Limbahnya banyak yang belum dimanfaatkan secara optimal untuk pupuk dan lain sebagainya yang dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan mengganggu lingkungan di sekitarnya [2][3]. Limbah kakao dimanfaatkan untuk dibuat kompos untuk mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk semakin cepat dengan melakukan proses yang tepat dan sesuai [4].

Proses pembuatan limbah kakao dilakukan dengan cara mencacah limbah berubah bentuk menjadi lebih kecil [5] [6]. Hasil cacahan tersebut kemudian dilakukan fermentasi [7]. Perubahan bentuk tersebut membutuhkan peralatan yang tepat yaitu mesin pencacah limbah kakao. Komponen utamanya yang vital salah satunya adalah pisau pencacah. Pisau pencacah yang bekerja dan bersinggungan langsung dengan limbah kakao yang akan dicacah. Banyak ditemukan pisau pencacah yang cepat aus setelah digunakan dalam waktu yang belum terlalu lama, dikarenakan material pisau tersebut memiliki kekuatan yang rendah.

Penelitian ini menggunakan material pisau pencacah dengan memanfaatkan bekas pegas daun kendaraan dengan tipe baja ASTM A29 sehingga pisau tidak mudah tumpul juga dikarenakan harganya murah dan mudah didapatkan. Pegas daun memiliki kekerasan material yang sudah melewati batas minimal kekerasan pisau yaitu 52 HRC sehingga tidak perlu melewati proses *heat treatment* [8]. Baja ASTM 29 dapat ditingkatkan sifat permukaannya dengan dilapisi Al-Fe-Si yang disintesis melalui teknik paduan laser [9]. Nilai *stress* (tegangan) dan *fatigue* (kelelahan) adalah faktor-faktor penting untuk meningkatkan efisiensi pencacahan dan menambah masa pakai pada pisau pencacah, disebabkan tegangan yang dialami pada material dapat menyebabkan bagian-bagian ini mudah rusak [10].

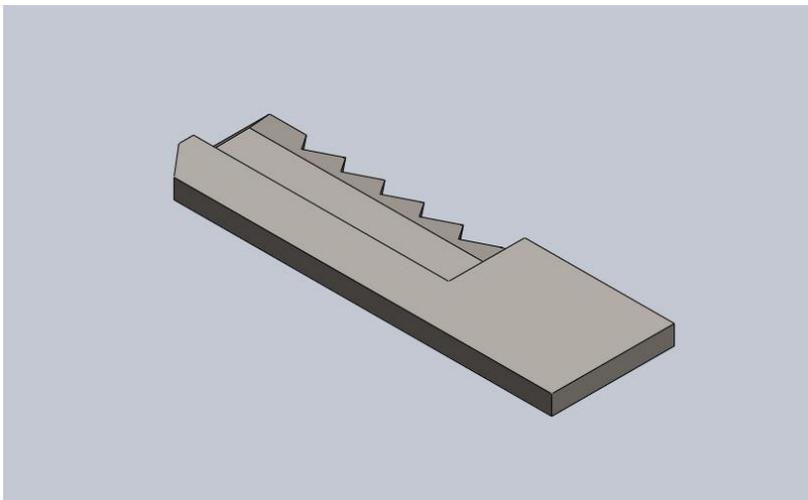
Ketajaman mata pisau juga sangat berpengaruh untuk mendapatkan hasil potongan pisau pencacah pada bahan yang dicacah.[11][12]. Pisau yang ada dijual di pasaran memiliki banyak masalah material yang tidak dapat menerima beban yang besar dan beroperasi untuk waktu yang lama. Desain pisau pencacah perlu dilakukan analisis yang optimal untuk mengurangi kesalahan produksi. Penggunaan perangkat lunak

SolidWorks untuk menganalisa pengujian kekuatan material untuk mengetahui tegangan *von Mises* atau tegangan maksimum [13][14][15]. Analisis perhitungan dipilih secara komputasional untuk mengurangi biaya besar dan waktu yang lama dalam memproduksi pisau daripada metode coba-coba. Digunakan metode analisis elemen hingga [16] untuk memprediksi dan mensimulasikan aspek perilaku suatu sistem.

Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui kemampuan material pisau pencacah kakao yang disimulasikan dengan variasi beban yang diberikan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kekuatan desain pisau pencacah sebagai satu komponen mesin pencacah kakao.

2. METODE DAN BAHAN

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak yang memiliki basis analisis elemen hingga tiga dimensi. Analisis dilakukan untuk mendapatkan faktor keamanan dan bahan yang diizinkan. Pisau yang dibentuk mengalami simulasi yang berbeda, termasuk nilai tegangan *von Mises* yang digunakan untuk menentukan apakah suatu bahan akan luluh atau patah, perubahan bentuk (*displacement*), dan *factor of safety*. Simulasi dilakukan dalam perangkat lunak *SolidWork* 2013, yang memiliki antarmuka yang sangat mudah digunakan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1: Tampilan bentuk tiga dimensi pisau pencacah pada *SolidWork* 2013

2.1 Hasil Desain dan Simulasi Hasil Desain Pisau

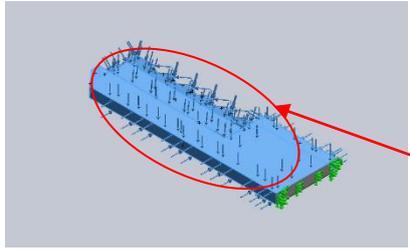
- a. Penentuan *restrain* (tumpuan) pisau

Tipe *restrain* yang digunakan adalah tetap. Terlihat pada tabel 1 dan 2 terdapat tumpuan dan gaya yang ditentukan.

Tabel 1. Tumpuan pada pisau

FIXTURE NAME	FIXTURE IMAGE	FIXTURE DETAILS
Fixed-1		<p><i>Entities: 1 face(s)</i> Tipe: Geometri tetap</p> <p>Tumpuan pada sisi pangkal pi-</p>

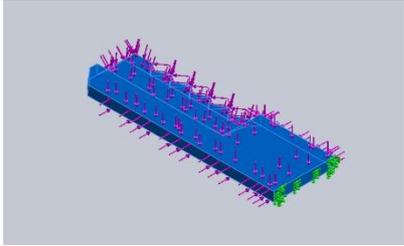
Tabel 2. Beban pada pisau pencacah

LOAD NAME	LOAD IMAGE	LOAD DETAILS
Force-1		<p>Entities: 20 face(s) Tipe: Menerapkan gaya normal dengan nilai: 600 N</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>Gaya pada pisau pada 20 sisi permukaan badan pisau</p> </div>

b. Material yang digunakan pada pisau pencacah.

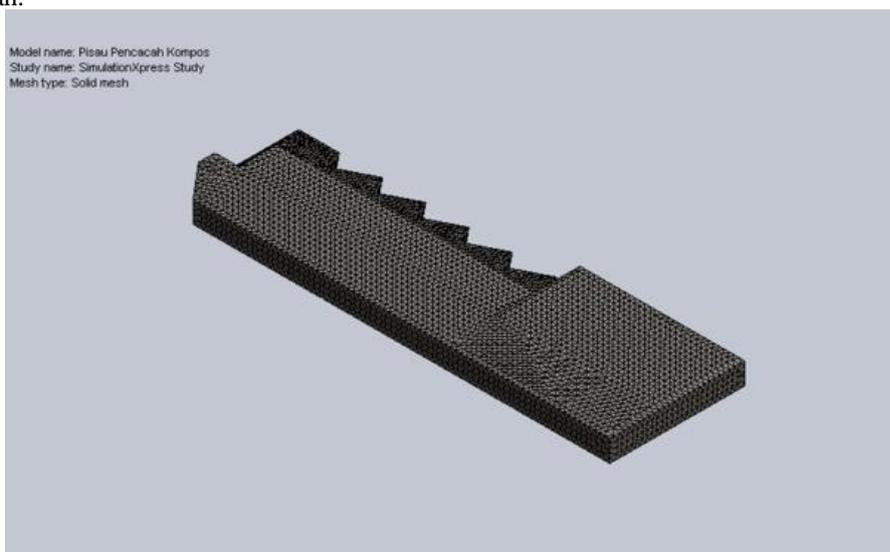
Material yang digunakan pada pisau pencacah menggunakan tipe ASTM A29 *steel* yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Propertis material pisau pencacah

MODEL REFERENCE	PROPERTIES	COMPONENTS
	<p>Name: <i>ASTM A29 Steel</i> Model type: <i>Linear Elastic Isotropic</i> Default failure criterion: <i>Max von Mises Stress</i> Yield strength: 440 N/mm² Tensile strength: 525 N/mm²</p>	<p>SolidBody 1(Cut-Extrude4)(Pisau Pencacah Kompos)</p>

c. *Meshing*

Meshing merupakan proses membagi-bagi model atau benda yang akan dianalisis menjadi beberapa elemen yang dibatasi oleh suatu *boundary*. Tipe *mesh* yang digunakan pada analisa ini adalah *solid mesh* yang ditunjukkan pada gambar 2. Informasi detail mengenai mesh pisau yang dianalisis ditunjukkan pada tabel 4 di bawah.



Gambar 2. Tampilan mesh pisau

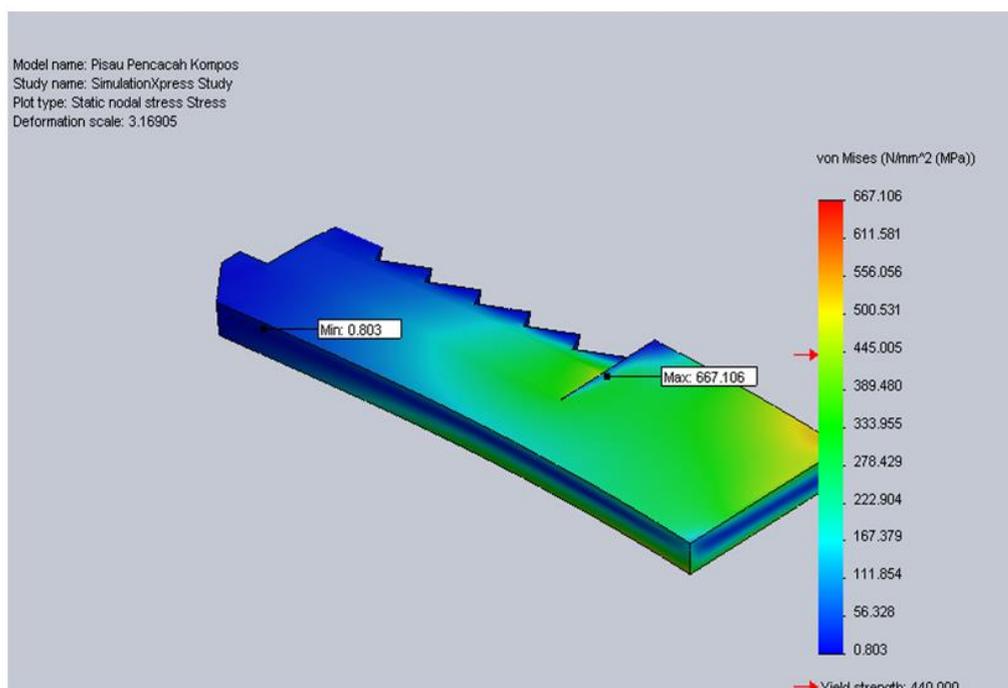
Tabel 4. Detail informasi *mesh*

MESH TYPE	SOLID MESH
<i>Mesher Used:</i>	<i>Standard mesh</i>
<i>Automatic Transition:</i>	<i>Off</i>
<i>Include Mesh Auto Loops:</i>	<i>Off</i>
<i>Jacobian points</i>	<i>4 Points</i>
<i>Element Size</i>	<i>1,90078 mm</i>
<i>Tolerance</i>	<i>0,0950388 mm</i>
<i>Mesh Quality</i>	<i>High</i>
<i>Total Nodes</i>	<i>77128</i>
<i>Total Elements</i>	<i>50191</i>
<i>Maximum Aspect Ratio</i>	<i>7,5742</i>
<i>% of elements with Aspect Ratio < 3</i>	<i>99,7</i>
<i>% of elements with Aspect Ratio > 10</i>	<i>0</i>
<i>% of distorted elements(Jacobian)</i>	<i>0</i>
<i>Time to complete mesh(hh:mm:ss):</i>	<i>00:00:05</i>
<i>Computer name:</i>	<i>PRTTG BRIN</i>

d. Tegangan (*Stress*)

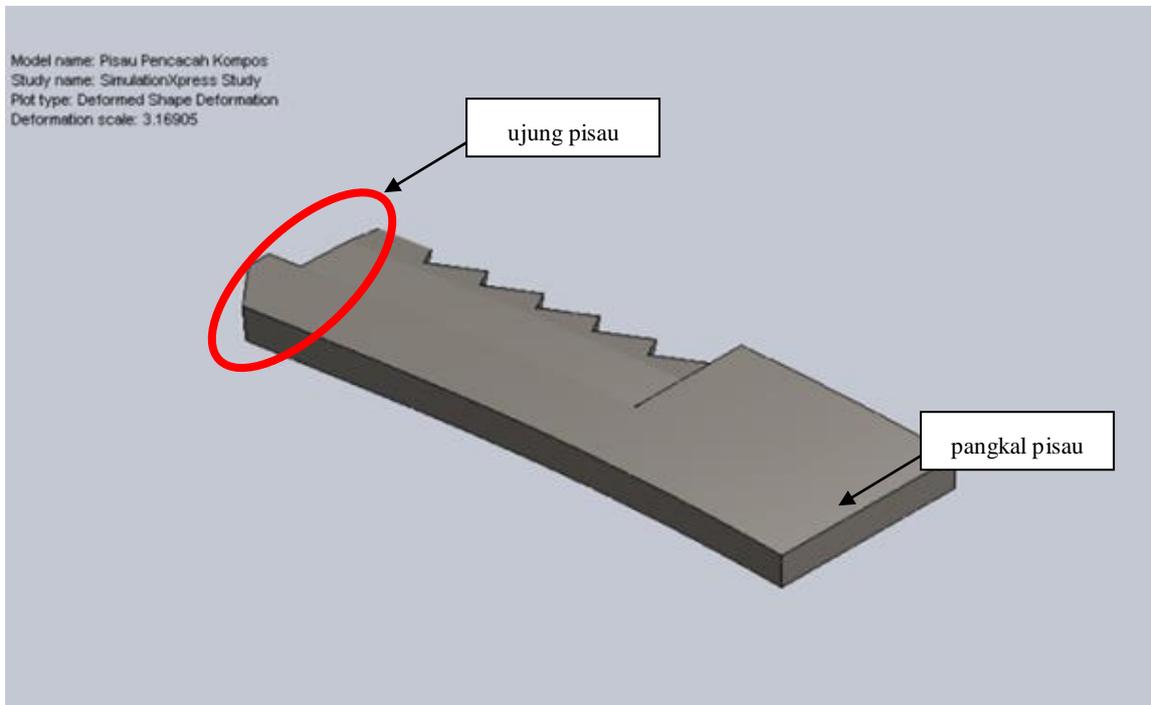
Tegangan merupakan kumpulan gaya pada suatu permukaan benda. Semakin sempit luas permukaan pisau pencacah akan tetapi gayanya tetap, maka tegangan menjadi semakin besar. Gradasi warna paling merah menunjukkan tegangan yang terbesar, tegangan yang paling terkecil adalah berwarna biru, Sedangkan area dengan warna kuning - hijau - biru muda adalah area dengan tegangan yang sedang. Tegangan von Mises bukanlah tegangan yang sebenarnya. Tegangan von Mises merupakan nilai teoretis yang memungkinkan perbandingan antara tegangan tiga dimensional umum dengan batas luluh tegangan uniaksial.

Pisau yang diberikan beban 600 N mengalami tegangan *von Mises* terbesar senilai 667,106 N/m²(MPa) terjadi pada pangkal pisau, tegangan terkecil senilai 0,803017 N/m²(MPa) terjadi pada sisi samping pisau, seperti ditunjukkan pada gambar 3 berikut.

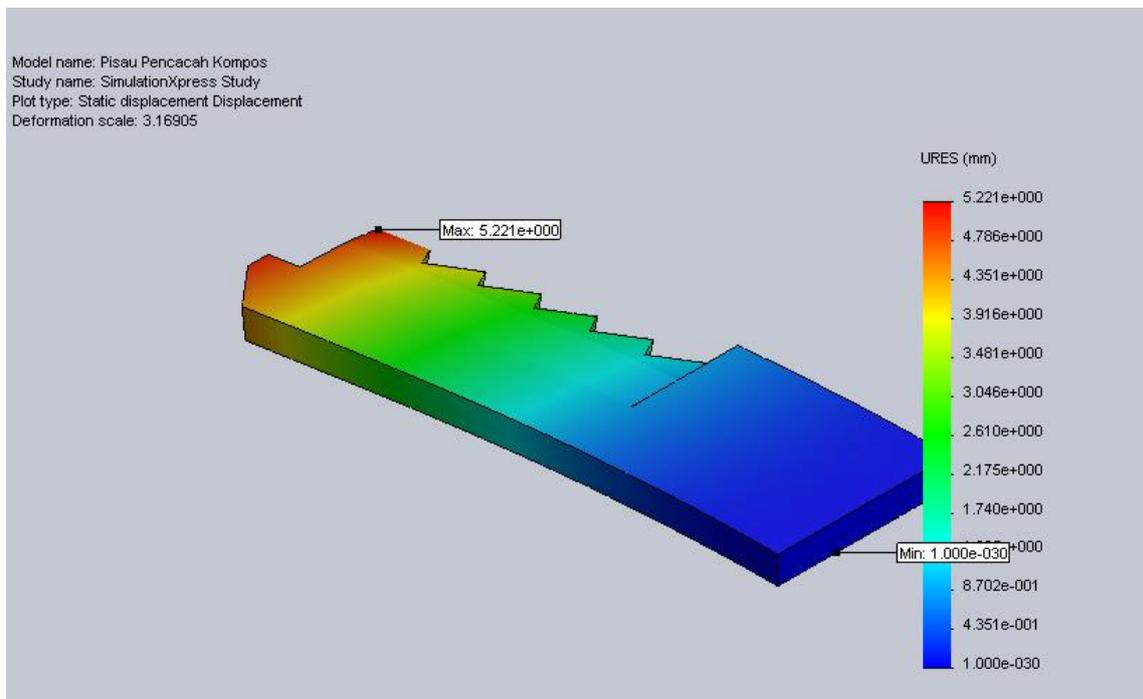
**Gambar 3.** Distribusi tegangan pada pisau

e. Perubahan Bentuk (*Displacement*)

Displacement merupakan perubahan bentuk pada model atau benda yang dikenai gaya. Dalam hal ini, perubahan melengkung pada pisau pencacah yang terlihat pada gambar 4. Bagian yang paling melengkung dari pisau ini adalah daerah berwarna paling merah sebesar 5,22099 mm pada bagian ujung pisau, dan bagian yang paling lurus adalah bagian yang paling berwarna biru sebesar 0.001 mm pada bagian pangkal pisau, seperti ditunjukkan pada gambar gambar 5. Melengkungnya benda ini terjadi apabila beban 600 N diletakkan di atas pisau secara tiba-tiba. Sehingga jika diletakkan pelan-pelan maka pisau tetap tidak melengkung.



Gambar 4. Perubahan melengkung pada pisau

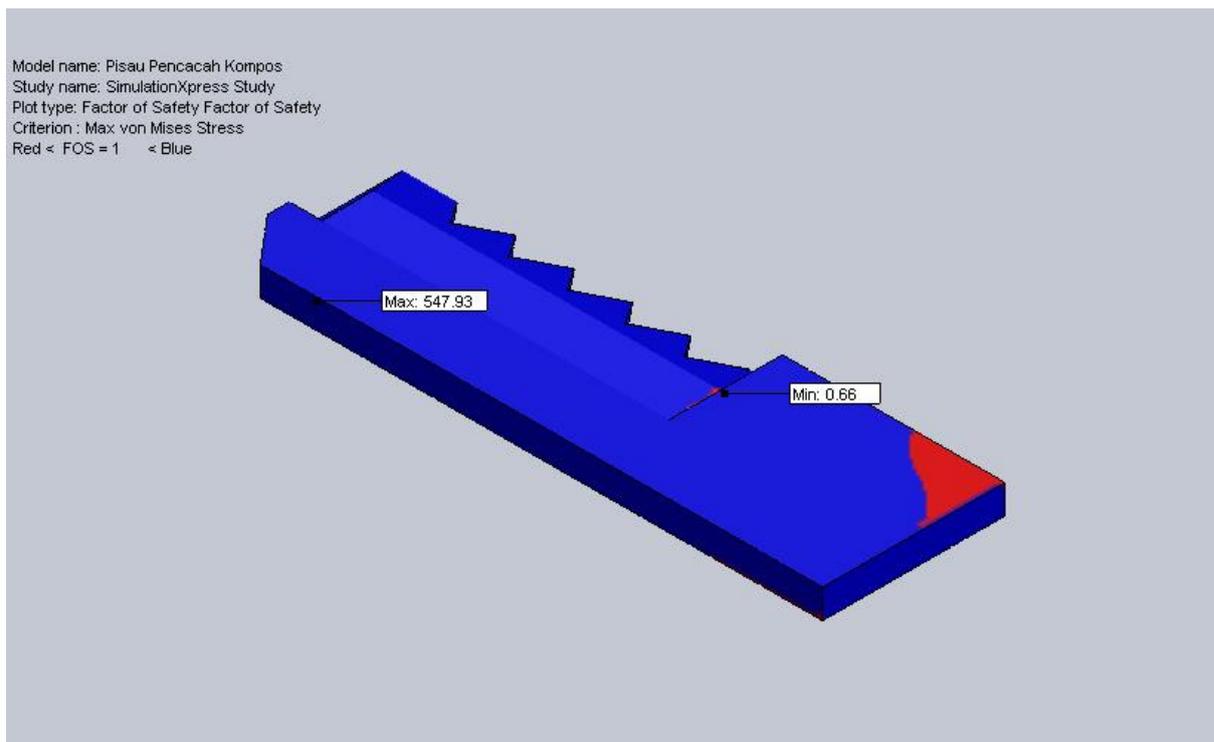


Gambar 5. Sebaran deformasi pada permukaan pisau yang dikenai gaya

f. Faktor Keamanan (*Factor of Safety*/FOS/SF)

Adalah standar utama yang digunakan dalam menentukan kualitas suatu produk. Standarnya, jika nilai FOS minimal kurang dari 1, maka produk atau benda tersebut kualitasnya jelek, tidak aman untuk dipergunakan, cenderung membahayakan, sebaliknya jika nilai nilai FOS lebih dari 1 (biasanya antara 1-3) maka produk atau benda tersebut berkualitas baik dan aman untuk dipergunakan.

Namun apabila nilai FOS minimal mencapai 3 digit atau lebih (misal 100 atau lebih) maka produk atau benda tersebut aman, berkualitas baik namun harganya sangat mahal cenderung berbobot besar, karena material yang digunakan terlalu banyak. Pada pisau pencacah dengan beban 600 N, nilai FOS terkecil adalah 0,659565 yang berarti pisau ini sudah tidak aman diberi beban statis sebesar 600 N (61,183 kgf). Nilai FOS terkecil ada pada area merah, yaitu pada pangkal pisau. Sedangkan nilai FOS terbesar pada sisi samping pisau, sebesar 547.933 Berikut adalah nilai FOS pada pisau pencacah yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Sebaran *factor of safety* pada pisau pencacah kakao

3. HASIL DAN DISKUSI

Proses perhitungan dengan software *Solidworks* 2013 telah selesai sampai akhir, maka hasil analisis dan simulasi dapat diketahui yaitu nilai-nilai maksimum dan minimum yang dapat dilihat pada tabel 5 variasi beban yang diberikan dari 100 N sampai 1000 N, dapat diketahui perbedaan dan perubahan tegangan maksimal dan minimal, perubahan bentuk dan *factor of safety* yang terjadi pada struktur obyek pisau pencacah kakao yang dianalisis berbanding dengan perbedaan beban yang diterima. Hasil simulasi pada analisis ini pisau pencacah limbah kulit buah kakao menunjukkan kondisi yang berbanding lurus dengan beban yang berikan, semakin besar beban yang diberikan, maka semakin besar tingkat kegagalan yang terjadi [17] dan defleksi akan terlihat terbentuk [18]. Tegangan von Mises maksimum dapat dikurangi dengan meningkatkan ketebalan benda yang dianalisis pada bagian tertentu dengan tidak perlu mengubah dimensi keseluruhan sehingga hasil yang didapat lebih efisien dan *factor of safety* akan semakin meningkat [19]. Pisau pencacah limbah kakao mengalami perubahan nilai seiring penambahan beban yang divariasikan.

Tabel 5. Variasi beban pada pisau

LOAD (N)	TEGANGAN (N/MM ² (MPA))		DISPLACEMENT MIN (MM)	DISPLACEMENT MAX (MM)	FACTOR OF SAFETY	
	VON: VON MISES STRESS MINIMUM (N/mm ² (MPA))	VON: VON MISES STRESS MAXIMUM (N/MM ² (MPA))			MAX VON MISES STRESS MIN	MAX VON MISES STRESS MAX
100	0.133836	111.184	0	0.870164	3.95739	3287.6
200	0.267672	222.369	0	1.74033	1.97869	1643.8
300	0.401509	333.553	0	2.61049	1.31913	1095.87
400	0.535345	444.738	0	3.48066	0.989347	821.9
500	0.669181	555.922	0	4.35082	0.791478	657.52
600	0.803017	667.106	0	5.22099	0.659565	547.933
700	0.936853	778.291	0	6.09115	0.565341	469.657
800	1.07069	889.475	0	6.96132	0.494674	410.95
900	1.20453	1000.66	0	7.83148	0.43971	365.289
1000	1.33836	1111.84	0	8.70164	0.395739	328.76

Metode *von Mises* memiliki tingkat keakuratan prediksinya lebih besar dibanding metode lain, karena menggunakan tegangan tiga dimensi. Kriteria luluh von Mises menyatakan bahwa jika tegangan von Mises suatu material di bawah beban sama atau lebih besar dari batas luluh material yang sama di bawah tegangan sederhana, maka material akan luluh. Tegangan *von Mises* itu sendiri merupakan kriteria kegagalan untuk material yang ulet. Konstruksi dari material tersebut dinyatakan aman menggunakan hasil analisis ini dimana jika tegangan *von Mises* lebih kecil dari *yield strenght* material yang digunakan maka kekuatan struktur tersebut aman. *Yield strenght* pisau tipe baja ASTM A29 diketahui sebesar 440 N/mm². Analisa yang ditampilkan terlihat pada beban 100 N sampai 300 N tidak ada titik tegangan yang ekstrim. Ketika mulai diberi beban 400 N hingga 1000 N nilai FOS minimal kurang dari 1, maka produk tersebut kualitasnya jelek, tidak aman untuk dikonsumsi, cenderung membahayakan. Hasil simulasi dan analisis pada pisau pencacah menunjukkan kecenderungan dimulai pada beban 400 N, dimana didapatkan tegangan 444,738 N/mm²(MPa), perubahan bentuk maksimal 3,48066 mm, dan *factor of safety* terlihat mulai rendah pada sebaran warna merah dengan FOS dibawah 1 yaitu 0,989347.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini yakni disain dan analisis elemen hingga 3 dimensi dilakukan menggunakan perangkat lunak Solidwork. Pisau dengan tipe baja ASTM A29 dengan *yield strenght* sebesar 440 N/mm² dan *tensile strenght* sebesar 525 N/mm². Pisau diberikan variasi pembebanan dari 100 N – 1000 N untuk mengetahui nilai tegangan, perubahan bentuk dan *factor of safety*. Hasil simulasi dan analisis pada pisau pencacah menunjukkan kecenderungan menurun dimulai pada beban 400 N, dimana didapatkan tegangan *von Mises* 444,738 N/mm²(MPa), perubahan maksimal deformasi pada permukaan pisau sebesar 3,48066 mm, dan faktor keamanan terlihat mulai rendah pada sebaran warna merah dengan FOS dibawah 1 yaitu 0,989347. Pisau perlu dianalisis dengan membandingkan kekuatan bahan pisau pencacah dengan limbah kakao yang dicacah agar didapatkan hasil yang lebih akurat dalam penggunaannya.

5. PERNYATAAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Kepala Pusat Riset Teknologi Tepat Guna, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), ketua kegiatan penelitian, ketua kelompok penelitian mekanis termal dan peralatan serta para teknisi litkayasa bengkel mekanik logam atas dukungan dan tenaganya di kegiatan penelitian melalui program Prioritas Nasional Palu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. P. SUB DIREKTORAT STATISTIK, *Statistik Kakao Indonesia 2017*. Badan Pusat Statistik, 2018.
- [2] M. IQBAL and D. AZMI, “Kebijakan Pengembangan Agribisnis Kakao Melalui Primatani : Kasus Kabupaten Luwu , Provinsi Sulawesi Selatan,” *J. Anal. Kebijak. Pertan.*, vol. 4, no. 1, pp. 39–53, 2006.
- [3] P. HENING and U. BUDI, “Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (Theobroma Cocoa L .) sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B,” in *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF)*, 2014, vol. 5, pp. 12–18.
- [4] Y. NYIMAS, “Optimasi aktivator dalam pembuatan kompos organik dari limbah kakao,” *Majalah Ilmiah Mektek*, vol. 15, no. 2, 2013.
- [5] H. SURIPTO, SUKARMAN, APRIZA, Y. RIZA, and S. ANWAR, “Pembuatan Mesin Pencacah Single Blade Kapasitas 100 kg/jam dengan Metode Pahl & Beitz,” *J. APTEK*, vol. 13, no. 2, pp. 83–89, 2021.
- [6] M. ANDRIANTO and F. FAHRIANSYAH, “Mesin Pencacah Limbah Kulit Kakao,” *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.30588/jeemm.v3i1.480.
- [7] N. H. BAHARI, BUDIANTO, and F. HAMZAH, “Rancang Bangun Mesin Pengolah Sampah Organik Menjadi Bahan Pupuk Kompos dan Pencacah Pakan Ternak Berdaya Listrik Berkapasitas 25 kg / jam,” in *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application*, 2017, pp. 161–167.
- [8] I. M. A. KUNCORO and B. TRIYONO, “Perancangan Mesin Pencacah Plastik Portabel Dengan Memanfaatkan Limbah Pegas Daun Kendaraan Sebagai Material Pisau Potong,” in *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2020, pp. 26–27.
- [9] F. OLAWALE S, A. STEPHEN A, and A. ESTHER T, “The Effects of Sn Addition on the Microstructure and Surface Properties of Laser Deposited Al-Si- Sn Coatings on ASTM A29 Steel,” in *ICMMPE 2017*, 2018, pp. 1–11.
- [10] C. P. YEPES, P. ROMERO, and M. ANGEL, “Analysis by Means of the Finite Element Method of the Blades of a PET Shredder Machine with Variation of Material and Geometry,” *J. Contemp. Eng. Sci.*, vol. 11, no. 83, pp. 4113–4120, 2018, doi: 10.12988/ces.2018.88370.
- [11] A. SUTRISNA, SYAWALDI, DEDIKARNI, and J. RAHARJO, “Design of Dry Leaves Shredder Machine Using Five Blades,” *J. Renew. Energy Mech.*, vol. 2, no. 2, pp. 66–80, 2019, doi: 10.25299/rem.2019.vol2(02).3532.
- [12] W. K. SUGANDI, A. YUSUF, and A. THORIQ, “Rancang Bangun Mesin Pengupas Talas Semir,” *Rekayasa Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 67 – 74, 2017, doi: 10.23960/jtep-1.v9i1.19-27.
- [13] F. RESTU, R. HAKIM, and F. S. ANWAR, “Analisa Kekuatan Material ASTM A36 pada Konstruksi Ragum terhadap Variasi Gaya Cekam dengan Menggunakan Software SolidWorks 2013,” *J. Integr.*, vol. 9, no. 2, p. 113, 2017, doi: 10.30871/ji.v9i2.444.
- [14] A. FELANI, “Analisis Statis Konstruksi dan Lance Tube Sootblower Tipe Motorised Rotary Menggunakan Software Solidworks 2016,” *Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 243–250, 2021.
- [15] M. SYAIFUL FADLY, A. PURNOWIDODO, and P. HADI SETYARINI, “Karakteristik Fiber Metal Laminate Akibat Beban Impak Balistik Dari Peluru Kaliber 9 mm Full Metal Jacket (FMJ),” *Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 103–116, 2021.
- [16] Z. FUADIEMZAIN, H. SHYH-CHOUR, Y. YU-SHENG, and N. QOSIM, “Design and Analysis of a Dynamic Splint Based on Pulley Rotation for Post-Stroke Finger Extension Rehabilitation Device,” *Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 477–485, 2020.
- [17] I. R. RAHMAT, “Analisis Beban pada Hook Pembalik Produk AEET dengan Software Solidwork 2018,” *PRIMA*, vol. 17, no. 1, pp. 10–18, 2020.
- [18] Z. ABIDIN and P. J. ARYADI, “Analisis Struktur Sepeda Lipat IZI ARC 16 dengan menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 21, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [19] L. A. N. WIBAWA, “Studi Numerik Pengaruh Radius Fillet dan Ketebalan Cap terhadap Tegangan Von Mises dan Faktor Keamanan Silinder Berdinding Tipis untuk Tabung Motor Roket,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.32497/jrm.v15i1.1782.