

Analisa Tegangan pada Desain Empat Mata Potong untuk Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Metode Elemen Hingga

Hendra^{1*}, Syahril Al Qiram², Sidik Susilo³, Kurnia Nugraha⁴, Hernadewita⁵, Frengki Hardian⁶

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

⁵Magister Teknik Industri, Universitas Mercubuana

⁶Magister Kenotariatan, Universitas Yarsi

^{1*}hendra@untirta.ac.id

Abstract

Excessive use of plastic materials eventually causes problems related to the accumulation of plastic waste. One way to deal with plastic waste is to crush it into smaller pieces using a plastic chopper machine. The purpose of this research is to redesign the cutting *blade* of the crushing machine by varying the thickness of the cutting *blade*, the number of cutting *blades* of the crushing machine, and varying the cutting tooth material to get maximum stress and displacement [1-3]. From previous research it was shown that stress and deformation occurred at the number of 2 and three cutting chisel *blades* [1-2] and the tilt position of 4 cutting chisel *blades* [3]. In this research uses simulation the finite element method by a solid work design application. The thicknesses variations are 5 mm, 7 mm, and 10 mm and the number of cutting *blades* amounting four. The number of cutting *blades* used is four because of the simple design and able to carry out more cutting processes. The materials used are AISI 1045, HSS 18%, and JIS SKD 11. From the results is the recommended material thickness is 10 mm because it is able to accept less stress than 5 mm and 7 mm. The results in terms of the mechanical strength of the simulation state that all are safe to use. If it is based on mechanical strength, the recommended material is AISI 1045 compared to 18% HSS STEEL and JIS SKD 11. However, from economic factors, 18% HSS is a recommendation to be chosen as a cutting tooth material.

Keywords: deformation, cutting edge, crushing machine, stress, displacement

Abstrak

Penggunaan bahan plastik yang berlebihan pada akhirnya menimbulkan permasalahan terkait penumpukan sampah plastik. Salah satu cara mengatasi sampah plastik adalah dengan menghancurkannya menjadi potongan-potongan kecil menggunakan mesin pencacah plastik. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perancangan ulang mata pisau pemotong mesin pencacah plastik dengan memvariasikan ketebalan mata pisau pemotong, jumlah mata pisau pemotong mesin penghancur, sudut mata *blade* dan memvariasikan material gigi potong untuk mendapatkan nilai tegangan dan deformasi [1-3]. Dari penelitian terdahulu ditunjukkan stress dan deformasi yang terjadi pada jumlah 2 dan tiga mata potong pahat [1-2] dan posisi kemiringan 4 mata pahat potong [3]. Pada penelitian ini menggunakan simulasi metode elemen hingga dengan aplikasi desain solid work. Ketebalan yang divariasikan adalah 5 mm, 7 mm, dan 10 mm dengan jumlah mata pisau pemotong empat. Jumlah mata pisau pemotong yang digunakan sebanyak empat buah karena desainnya yang lebih sederhana dan mampu melakukan proses pemotongan lebih banyak. Material yang digunakan adalah AISI 1045, HSS 18%, dan JIS SKD 11. Dari hasil pengujian didapatkan ketebalan material yang direkomendasikan adalah 10 mm karena mampu menerima tegangan lebih kecil dari 5 mm dan 7 mm. Hasil dari segi kekuatan mekanik simulasi menyatakan semuanya aman untuk digunakan. Jika didasarkan pada kekuatan mekanik maka material yang direkomendasikan adalah AISI 1045 dibandingkan dengan HSS STEEL 18% dan JIS SKD 11. Namun dari faktor ekonomi, HSS 18% menjadi rekomendasi untuk dipilih sebagai bahan potong gigi.

Kata kunci: perancangan, mesin, *press*, kaleng, minuman.

1. Pendahuluan

Plastik banyak digunakan dan sering ditemukan pada kemasan sebuah produk. Hal ini dikarenakan plastik memiliki keunggulan berupa sifatnya yang kuat,

ringan, dan kedap air. Namun penggunaan yang berlebihan dan kurangnya kesadaran akan bahaya sampah plastik bagi lingkungan sehingga menimbulkan masalah yang harus segera diatasi.

Sampah plastik membutuhkan waktu yang lama untuk terurai. Hal ini tentunya berakibat buruk terhadap kondisi lingkungan.

Sampah plastik hendaknya mendapatkan pengelolaan melalui penerapan proses-proses seperti *Reduce* (mengurangi), *Reuse* (menggunakan kembali), *Recycle* (mendaur ulang), dan *Replace* (mengganti bahan yang berpotensi menjadi sampah ke arah bahan *recycle*) seperti yang dilakukan saat ini yaitu mencacah plastik yang nantinya akan digunakan kembali [4]. Sampah plastik seperti contohnya dalam bentuk gelas ataupun botol berpotensi memakan tempat ketika dalam proses pengangkutan. Salah satu cara yang efisien adalah dengan menghancurkannya menjadi bentuk yang lebih kecil menggunakan mesin pencacah plastik agar mampu mendapatkan jumlah yang lebih banyak namun dengan volume yang lebih kecil ketika proses pengangkutan [5-12].

Mesin pencacah plastik yang baik pada hakikatnya harus memiliki kemampuan menghasilkan cacahan plastik yang banyak dan halus dalam waktu yang relatif singkat. Untuk mewujudkan hal tersebut, maka diperlukan mesin pencacah yang bekerja secara optimal dan efisien. Salah satu cara untuk mendapatkan mesin pencacah yang baik adalah dengan mengoptimalkan pemilihan dan rancangan mata potong mesin pencacah berupa material, desain bentuk mata potong, dimensi mata potong dan lainnya [13-17]. Pemilihan material, desain, dimensi dan pengaturan jarak antar mata potong yang kurang tepat akan menghambat proses pemotongan plastik (produksi) sehingga efisiensi antara konsumsi daya dari motor dengan produk hasil cacahan menjadi rendah.

Penelitian terdahulu menggunakan dua dan tiga mata potong serta kemiringan posisi *blade* mata potong. Desain dua mata *blade* pahat potong plastik menunjukkan adanya peningkatan efisiensi penghancuran plastik dan umur desain *blade* ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan desain *blade* sebelumnya, memerlukan energi yang rendah, mengurangi waktu proses secara signifikan dibandingkan dengan pisau lain karena memiliki ketahanan yang lebih besar terhadap deformasi dan tegangan [1]. Untuk tiga mata *blade* dengan analisis Elemen Hingga, didapatkan tegangan untuk menghancurkan bahan plastik PET jauh di bawah nilai tegangan luluh material *blade* [2]. Pengaruh kemiringan sudut mata *blade* pahat potong juga penting dimana ditunjukkan dengan proses pembuatan yang rumit untuk diproduksi dapat diatasi menggunakan modifikasi sederhana dan desain lubang sehingga dapat memproduksi pemotong *blade* dalam satu varian dan sudut *blade* pemotong, mengurangi biaya produksi, memudahkan dalam proses pergantian *blade* pemotong [3].

Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga [18-21] untuk mendapatkan desain mata potong yang lebih baik berdasarkan aspek material mata potong, tebal mata potong, serta desain yang berbeda berdasarkan jumlah mata potong. Pada penggunaan mata potong yang sebelumnya telah diaplikasikan ke dalam mesin pencacah plastik, terjadi beberapa kekurangan yaitu hasil cacahan yang kurang halus, waktu proses pencacahan yang masih lama, serta terjadi stuck ketika proses pencacahan. Hal tersebut diakibatkan belum tepatnya dalam pemilihan material, ketebalan mata potong, serta desain mata potong yang digunakan. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu adanya proses desain ulang serta pengujian dan perhitungan terkait mata potong pada mesin pencacah.

Material yang baik umumnya memiliki harga yang relatif mahal apabila digunakan pada keseluruhan bagian mata potong. Untuk itu dilakukan inovasi dengan membuat desain mata potong seperti pada pahat mesin Frais yang memiliki dua bagian yaitu bagian utama dengan harga yang lebih murah namun memiliki kekuatan yang baik dan bagian mata potong yang berkontak langsung dengan material plastik yang memiliki kekuatan yang lebih baik. Adanya inovasi ini diharapkan dapat dengan mudah dilakukan proses pergantian mata pahat tanpa harus mengganti semuanya serta mengurangi biaya produksi. Dengan metode ini diharapkan dapat diperoleh desain mata potong yang optimal dari mesin pencacah plastik. Pada penelitian ini, menggunakan variasi material untuk mata potong yaitu BAJA HSS 18%, AISI 1045, dan JIS SKD11. Untuk variasi ketebalan mata potong 5 mm, 7 mm dan 10 mm dan jumlah empat mata potong.

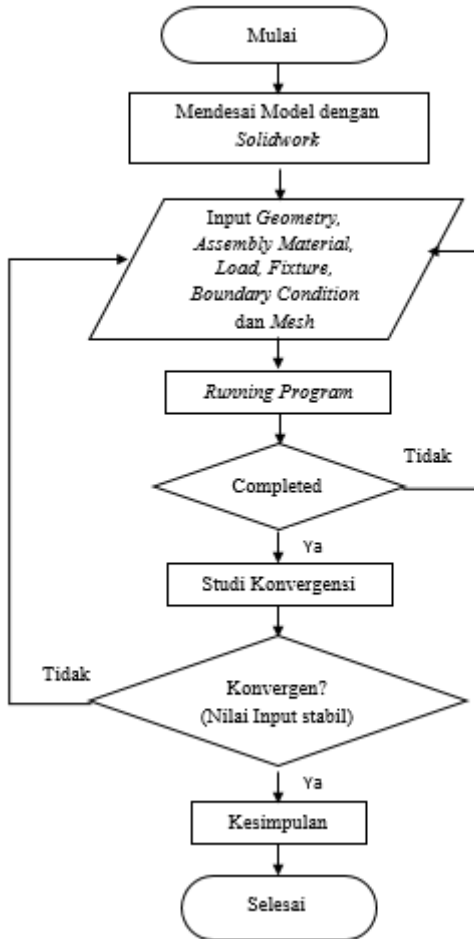
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode simulasi untuk mendapatkan tegangan dan displacement pahat potong untuk mesin pencacah limbah plastik. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Diawali dari pengamatan mata potong mesin pencacah plastik, pembuatan desain model mata potong pencacah plastik, pembuatan mesh dan memasukan syarat batas, menjalankan program dan menganalisis hasil pemograman.

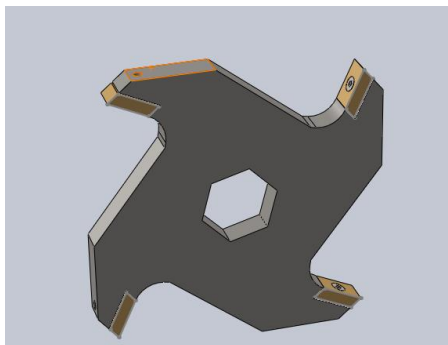
2.1. Rancangan Desain Mata Potong

Perancangan desain mata potong dilakukan menggunakan CAD. Rancangan mata potong merupakan penggabungan dari dua material yang berbeda. Adanya penggabungan dari kedua material ini dimaksudkan agar mudah dalam proses pergantian mata potong, serta mengurangi biaya pengeluaran tanpa mengurangi fungsi dan tujuan yang ingin dicapai. Kedua bagian digabungkan menggunakan sambungan tidak tetap dengan baut agar mudah untuk pergantian pahat potong tanpa mengurangi kekuatan sambungan. Jumlah mata potong yang digunakan

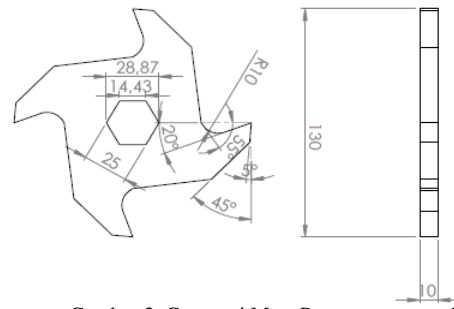
adalah empat buah mata *blade* dengan ketebalan tiap jenisnya memiliki variasi sebesar 5 mm, 7 mm, serta 10 mm. Material utama yang digunakan yaitu ASTM A36 dan variasi material potong yaitu AISI 1045, HSS 18%, dan JIS SKD 11. Bentuk mata potong dapat dilihat pada Gambar 2, spesifikasi geometrinya pada Gambar 3 dan ukuran mata potong pada Gambar 4.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

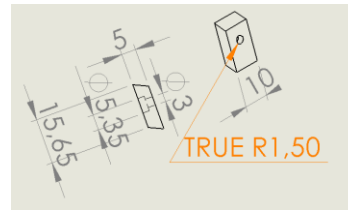


Gambar 2. Mata Potong dengan Variasi Empat Buah Mata potong dan Tebal 10mm



Gambar 3. Geometri Mata Potong secara utuh

Adapun bentuk dimensi gigi potong yaitu sebagai berikut.



Gambar 4 Geometri Gigi Potong

2.3. Spesifikasi Motor Listrik

Adapun spesifikasi motor listrik yang digunakan yaitu:

Jenis	= Motor Listrik
Induksi	
Spesifikasi daya	= 1100 W
Tegangan	= 220 V
Kuat arus	= 9.8 A
Putaran mesin rata-rata	= 1480 rpm
Bobot	= 22.5 kg

2.4. Metode Elemen Hingga

Metode yang digunakan yaitu metode elemen hingga [18-21]. Proses pengolahan data diawali dengan mendesain mata potong menggunakan aplikasi solid work. Dilanjutkan dengan simulasi untuk mendapatkan nilai tegangan, dan deformasi maksimum menggunakan berbagai material dan pembebanan pada empat mata *blade* pahat potong limbah plastik.

2.5 Kriteria Desain

Kriteria desain dari mata pisau untuk mesin pencacah limbah botol plastik.

- Kuat: Material yang dipilih memiliki kekuatan serta sifat mekanik material lain yang baik seperti memiliki tegangan maksimum yang tinggi, kekuatan Tarik, deformasi.
- Keras: Material yang dipilih memiliki tingkat kekerasan yang tinggi. Kekerasan berpengaruh pada ketahanan aus material sehingga memiliki daMPak pada umur mata potong.
- Faktor Ekonomis: Material yang dipilih memiliki tingkat kekerasan yang tinggi. Kekerasan berpengaruh pada ketahanan aus

material sehingga memiliki dampak pada umur mata potong.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Langkah Pengujian (Simulasi)

Pengujian dilakukan menggunakan *Solid works*. Adapun tahapan proses pengujian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu *pre-processing*, *computation*, dan *post-processing*

3.1.1 Pre-Processing

Tahapan ini berisi pembuatan model, mencari data yang diperlukan untuk simulasi berupa gaya serta memasukkan data material, *fixture* (tumpuan), serta gaya dan *meshing*. Adapun tahapannya yaitu sebagai berikut.

A. Tahap pembuatan model.

a. Membuat bagian utama *blade*

Langkah pembuatan *blade*:

1. membuat sketsa 2D. Sketsa dibuat dengan memilih *front plane* dan *sketch*.
2. melakukan *extrude-boss* sesuai sketsa yang telah dibuat dengan panjang 10 mm
3. membuat lubang berbentuk segienam untuk poros dengan *extrude-cut*
4. membuat lubang sebagai jalur baut pada gigi potong dengan *extrude-cut*
5. melakukan *sketching* pada bagian depan *blade* untuk dudukan gigi potong lalu pilih *extrude-cut*.

b. Membuat Gigi Potong.

Langkah pembuatan gigi potong:

1. membuat sketsa 2D gigi potong.
2. melakukan *extrude-boss* dengan tinggi 10 mm
3. *extrude-cut* untuk bagian yang akan digunakan sebagai jalur untuk baut.

c. Melakukan *Assembly Part*

Proses penyatuan komponen terjadi antara *blade* dengan gigi potong yang dihubungkan oleh baut.

B. Memilih Material.

Langkah awal simulasi yaitu memilih *simulation* dan *Create New Study*, dan *static*. Dilanjutkan dengan pemilihan material yaitu ASTM A36, AISI 1045, BAJA HSS 18%, dan JIS SKD 11. Adapun *material properties* dari setiap material ditunjukkan oleh Tabel 1 yaitu:

Tabel 1. *Material Properties* dari Tiap Material yang Diuji

Jenis Material	Massa Jenis (kg/m ³)	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Luluh (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
ASTM A36	7850	400	250	200000
AISI 1045	7850	625	530	205000
HSS 18%	8670	231	154	210000
JIS SKD 11	7700	785	330	200000

C. Melakukan *Setting Contact Set*

Contact set yaitu melakukan set up antara dua permukaan yang saling bertemu, hal ini bertujuan untuk menentukan jenis kontak yang terjadi. Ada tiga jenis kontak yang ada pada *solid works* yaitu *bounded*, *no penetration*, dan *allow penetration*. Kontak set yang dipilih pada simulasi ini yaitu *no penetration*.

D. Menentukan Tumpuan

Menentukan bagian sisi yang bertumpu pada bagian lain yang dalam simulasi kali ini yaitu sisi yang berkontak dengan bagian poros. Cara melakukannya yaitu dengan klik kanan pada *Fixtures> fixed geometry*.

E. Menentukan Beban

Pembebanan dilakukan pada bagian daerah yang melakukan kontak langsung dengan plastik. Pembebanan menggunakan besarnya gaya potong. Adapun spesifikasi dari perancangan perhitungannya yaitu:

1. Luas Penampang Masukan

$$A = t \times L \\ = 1 \text{ mm} \times 41.3 \text{ mm} \\ = 41.3 \text{ mm}^2$$

Keterangan:

A = luas penampang masukan (mm²)
 t = ketebalan material plastik (mm)
 L = panjang daerah pemotongan (mm)

2. Tegangan Geser Plastik

Tegangan geser plastik adalah sebesar 0.577 dari ultimate yield strength material plastik. Adapun besarnya *yield strength* dari material PET yaitu 40 MPa.

Adapun perhitungan besarnya tegangan geser material PET yaitu

$$f_s = 0.577 \times y_s \\ = 0.577 \times 40 \text{ MPa} \\ = 23.08 \text{ MPa} \\ = 23.08 \text{ N/mm}^2$$

Besarnya gaya pemotongan yaitu sebagai berikut.

$$F = A \times f_s \\ = 41.3 \text{ mm}^2 \times 23.08 \text{ N/mm}^2 \\ = 953 \text{ N}$$

Keterangan:

A = Luas Penampang Plastik (mm²)
 f_s = Tegangan Geser Plastik (N/mm²)
 F = Gaya Potong Pisau (N)

F. Melakukan *set up connectors*

Karena pada pengujian kali ini menggunakan tipe *assembly* yang terdiri dari dua komponen yang pada perencanaannya dihubungkan oleh baut, maka tipe *connectors* dipilih *Bolt* dengan tipe *counterbore screw* dengan material *alloy steel*.

G. *Meshing*

Mesh dimaksudkan untuk membagi komponen menjadi elemen-elemen kecil. *Meshing* yang tepat

menentukan hasil tegangan yang akan didapat. Maka dari itu diperlukan uji konvergensi pada ukuran mesh. Hal ini bertujuan untuk melihat apakah ukuran *mesh* yang digunakan sudah tepat dan menuju kearah konvergen. Adapun variasi ukuran *mesh* yaitu 5; 4,8; 4,6; 4,4; 4,2; 4,0; dan 3,8 mm dengan tipe *solid mesh*.

H. Mesh and Run

Setelah proses *meshing* selesai, maka simulasi bisa dimulai dengan klik *mesh and run*. Adapun hasil yang nantinya di capai yaitu tegangan akibat gaya normal pada sumbu X Y dan sumbu Z, dan *displacement* serta *safety factor*.

3.1.2 Simulation and Computation Process

Pada tahap ini dilakukan simulasi dan analisa konvergensi untuk melihat *meshing* yang dilakukan pada penelitian ini telah benar.

3.1.3 Post Processing

Hasil dari simulasi yaitu berupa tegangan dan *displacement* maksimum dari tiap jenis material yang diuji.

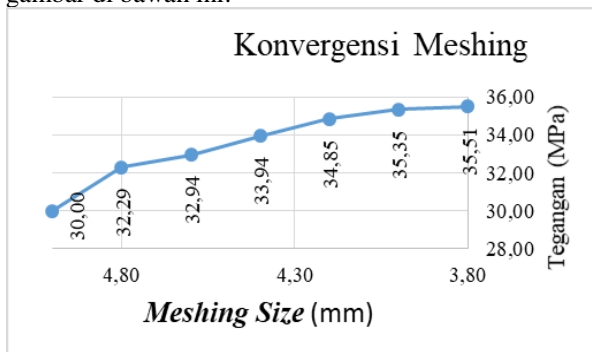
3.2 Uji Konvergensi mesh

Pembagian elemen (*sizing element*) yang dilakukan saat tahap *pre-processing* akan menentukan hasil pada tahap *post-processing*. Selain itu, elemen yang digunakan juga berpengaruh pada hasil akhir simulasi. Adapun jenis elemen yang digunakan yaitu *Solid Mesh* dengan bentuk *tetrahedron*. Adapun *sizing* elemen yang dilakukan yaitu 5,0; 4,8; 4,6; 4,4; 4,2; 4,0; dan 3,8 mm. Tabel 2 menunjukkan hasil dari konvergensi *meshing*.

Tabel 2. Konvergensi Meshing

Ukuran Elemen (mm)	Tegangan (MPa)
5,00	30,00
4,80	32,29
4,60	32,94
4,40	33,94
4,20	34,85
4,00	35,35
3,80	35,51

Gambar 5 menunjukkan grafik visualisasi dari tabel hasil konvergensi *meshing* yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



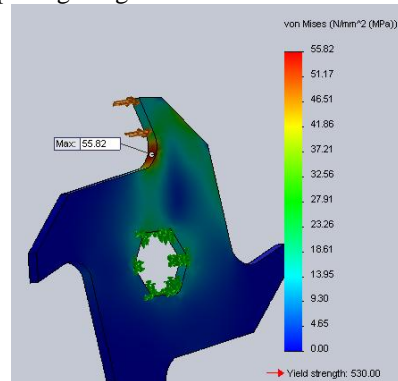
Gambar 5. Diagram Hasil Konvergensi Mesin

Pada Gambar 5 terlihat bahwa kurva konvergensi *meshing* semakin melandai. Hal ini menunjukkan bahwa semakin melandai kurva, maka analisa pada *solid works* dapat diterima. Apabila ditemukan kurva yang melandai lalu turun secara drastis ataupun naik secara drastis, maka hasil yang diterima adalah hasil kurva yang melandainya karena antara *sizing element* yang satu dengan yang lain berdekatan (konvergen). Hasil komputasi yang didapat dengan menggunakan mesh elemen 5,0; 4,8; 4,6; 4,4; 4,2; 4,0; dan 3,8 mm hasilnya sudah menunjukkan konvergen.

3.3 Penentuan Ketebalan Material

Tebal material yang akan dilakukan pengujian yaitu 5 mm, 7 mm dan 8 mm. Besarnya gaya yang diberikan sama dan material yang digunakan yaitu AISI 1045 dengan jumlah mata potong yang digunakan berjumlah empat buah. Gambar 6-8 menunjukkan hasil simulasi menggunakan 3 variasi ketebalan material potong yang berbeda pada *meshing size* 3,8 mm.

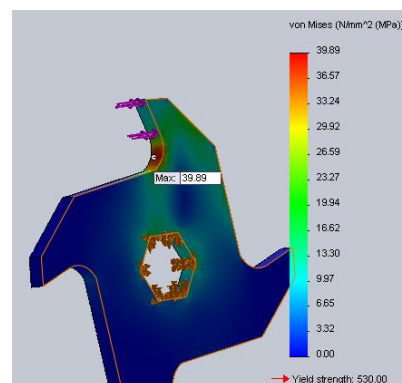
a. Mata potong dengan ketebalan 5 mm



Gambar 6. Tegangan Pada mata potong 5 mm

Besarnya tegangan maksimum yang terjadi pada mata potong dengan ketebalan 5 mm yaitu sebesar 55,82 MPa yang terdapat pada bagian lengkungan mata pahat potong seperti ditunjukkan oleh Gambar 6.

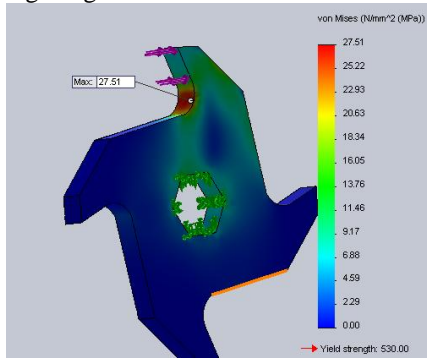
b. Mata potong dengan ketebalan 7 mm



Gambar 7. Tegangan Pada mata potong 7 mm

Besarnya tegangan maksimum yang terjadi pada mata potong dengan ketebalan 7 mm yaitu 39,89 MPa dengan posisi yang sama pada ketebalan 5 mm seperti terlihat pada Gambar 7.

- c. Mata potong dengan ketebalan 10 mm
Berikut ini merupakan hasil simulasi pada mata potong dengan ketebalan 10 mm.



Gambar 8. Tegangan pada Mata Potong 10 mm

Pada Gambar 8 di atas terlihat besarnya tegangan maksimum yang terjadi pada motong dengan ketebalan 5 mm yaitu sebesar 27,51 Mpa. Dari hasil simulasi ditunjukkan bawah semakin tebal mata *blade* pahat potong yang digunakan akan menghasilkan penurunan tegangan maksimal pada mata *blade* pahat potong tersebut. Hal ini disebabkan oleh tegangan maksimal yang terjadi dipengaruhi oleh inersia dan luas penampang material *blade* pahat potong. Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan antara perbedaan ketebalan material dengan besarnya tegangan maksimum yang terjadi.



Gambar 9. Grafik Hubungan Perbedaan Tebal Material dengan Tegangan Maksimum

Dari Gambar 9 terlihat bahwa kenaikan ketebalan berbanding terbalik dengan besarnya tegangan maksimum yang diperoleh. Semakin tebal desain *blade* mata potong maka akan menyebabkan menurunnya tegangan yang terjadi. Pernyataan ini sesuai dengan konsep rumus Tegangan yang menyatakan bahwa luas penampang berbanding terbalik dengan besarnya tegangan. Hal ini berarti material dengan tebal 10 mm (27,51 MPa) menjadi desain yang mampu menahan tegangan lebih baik dibandingkan dengan desain mata potong dengan ketebalan 5 mm (55,82 MPa) dan 7 mm (39,89 MPa).

3.4 Penentuan Variasi Material Pada Mata Potong

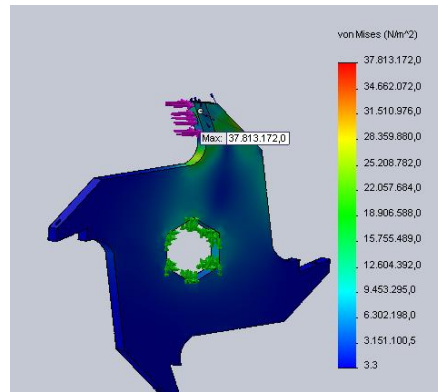
Pengujian dilakukan pada model spesimen berupa gabungan dua material yang berbeda dengan material *blade* yaitu ASTM A36 dan variasi material yang akan diuji pada proses simulasi yaitu AISI 1045, BAJA HSS 18%, dan JIS SKD 11.

A. Tegangan

Besarnya tegangan yang dihasilkan dengan variasi material AISI 1045, ASTM A36, HSS dan JIS SKD 11 dapat dilihat pada Gambar 10-12.

1. Tegangan pada AISI 1045

Gambar 10 menunjukkan besarnya tegangan von Mises yang dihasilkan yaitu 37,81 MPa.



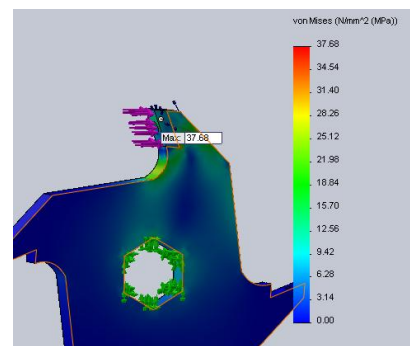
Gambar 10. Tegangan Pada ASTM A36 dan AISI 1045

Tabel 3 menunjukkan data hasil tegangan yang terjadi, dimana pada Tabel 3 terlihat tegangan maksimal terdapat pada arah sumbu X sebesar 36,36 MPa, sumbu Y sebesar 38,92 MPa dan sumbu Z sebesar 13,43 MPa. Dari data yang diperoleh pada Tabel 3 terlihat gabungan antara material ASTM A36 dan AISI 1045 aman digunakan karena memiliki tegangan maksimum yang masih di bawah batas aman dari tiap material.

Tabel 3. Tegangan Pada ASTM A36 dan AISI 1045

Sumbu	Hasil Tegangan	
	Tegangan Min. (MPa)	Tegangan Max. (MPa)
Sumbu X	1,25	36,36
Sumbu Y	4,38	38,92
Sumbu Z	1,93	13,43

2. Tegangan pada ASTM A36 dan BAJA HSS 18%
Gambar 11 menunjukkan besarnya tegangan von Mises yang dihasilkan yaitu 37,68 MPa.



Gambar 11. Tegangan Pada ASTM A36 dan BAJA HSS 18%

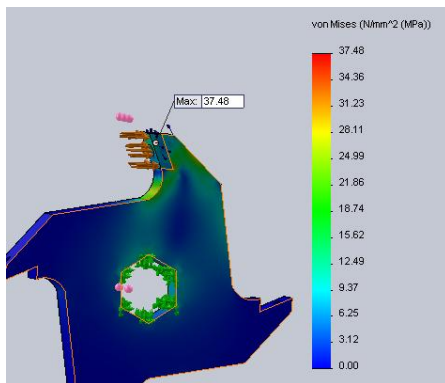
Pada Tabel 4 terlihat tegangan maksimal terdapat pada arah sumbu X sebesar 36,79 MPa, sumbu Y sebesar 38,82 MPa dan sumbu Z sebesar 14,27 MPa. Dari Tabel 4 terlihat gabungan antara material ASTM

A36 dengan material BAJA HSS 18% aman digunakan karena memiliki tegangan maksimum yang masih di bawah batas aman dari tiap material.

Tabel 4. Tegangan Pada ASTM A36 dan BAJA HSS 18%

Sumbu	Hasil Tegangan	
	Tegangan Min. (MPa)	Tegangan Max. (MPa)
Sumbu X	1,32	36,79
Sumbu Y	4,03	38,82
Sumbu Z	2,22	14,27

3. Tegangan pada ASTM A36 dan JIS SKD 11. Gambar 12 menunjukkan besarnya tegangan von Mises yang dihasilkan yaitu 37,48 MPa.

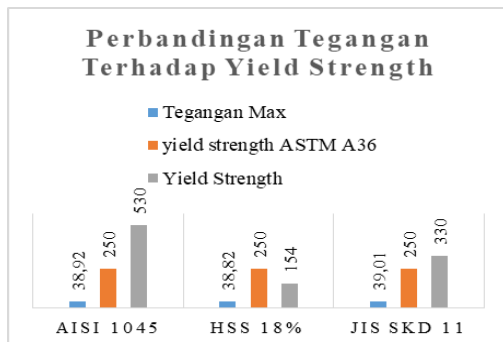


Gambar 12. Tegangan Pada ASTM A36 dan JIS SKD 11

Tabel 5 menunjukkan hasil tegangan yang terjadi pada material JIS SKD 11. Pada Tabel 5 terlihat tegangan maksimal terdapat pada arah sumbu X sebesar 36,73 MPa, sumbu Y sebesar 39,01 MPa dan sumbu Z sebesar 14,20 MPa.

Tabel 7. Tegangan Pada JIS SKD 11

Sumbu	Hasil Tegangan	
	Tegangan Min. (MPa)	Tegangan Max. (MPa)
Sumbu X	1,62	36,73
Sumbu Y	4,11	39,01
Sumbu Z	0,08	14,20



Gambar 13. Grafik Perbandingan Maximum Stress dan Yield Strength Material

Letak tegangan maksimum yang terjadi berada area sekitar sambungan dari kedua material. Adapun untuk kekuatan luluh dari material ASTM A36 dan JIS SKD 11 yaitu masing-masing sebesar 250 MPa dan 330

MPa. Hal ini berarti gabungan antara material ASTM A36 dengan material JIS SKD 11 aman digunakan karena memiliki tegangan maksimum yang masih di bawah batas aman dari tiap material.

Grafik perbandingan besarnya tegangan maksimum dan minimum serta *yield strength* dari tiap material ditunjukkan oleh Gambar 13.

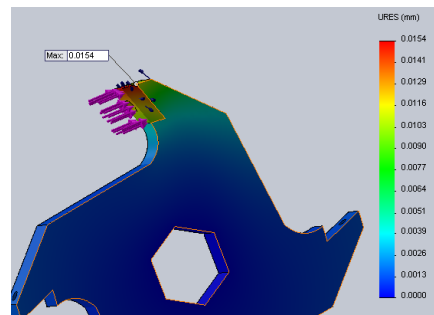
Dari Gambar 13 terlihat bahwa ketiga spesimen uji dinyatakan aman digunakan untuk diaplikasikan sebagai material empat mata potong mesin pencacah plastik, hal ini dikarenakan besarnya tegangan maksimum hasil simulasi masih berada di bawah *yield strength* dari tiap-tiap spesimen uji. Pada penelitian lain, untuk desain dua mata *blade* pahat potong plastik menunjukkan memiliki ketahanan yang lebih besar terhadap deformasi dan tegangan [1] dan untuk tiga mata *blade* didapatkan tegangan untuk menghancurkan bahan plastik PET jauh di bawah nilai tegangan luluh material *blade* [2].

Tegangan maksimum yang terjadi pada tiap material mendekati angka yang sama dan memiliki selisih yang cukup kecil. Tegangan tertinggi terjadi pada material HSS 18% dengan nilai tegangan sebesar 51,94 MPa dan disusul oleh JIS SKD 11 sebesar 51,85 MPa dan AISI 1045 sebesar 51,42 MPa. Namun apabila dibandingkan dengan besarnya *yield strength* dari tiap material, maka material AISI 1045 menjadi material dengan perbandingan antara tegangan dengan *yield strength* yang lebih kecil, disusul oleh JIS SKD 11 dan material Baja HSS 18%.

B. Displacement

Besarnya nilai *displacement* yang terjadi dari tiap material ditunjukkan oleh Gambar 14-16.

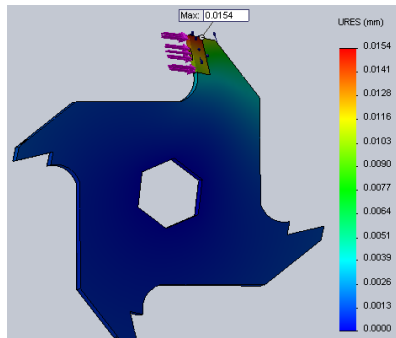
1. *Displacement* pada material ASTM A36 dan AISI 1045



Gambar 14. Displacement pada ASTM A36 dan AISI 1045

Dari Gambar 14 terlihat besarnya *Displacement* maksimum yang terjadi pada gabungan antara material ASTM A36 dan AISI 1045 yaitu 0.0154 mm yang berada pada bagian ujung mata potong. Hal ini berarti besarnya displacement masih dalam kategori yang diizinkan.

2. *Displacement* pada material ASTM A36 dan BAJA HSS 18%

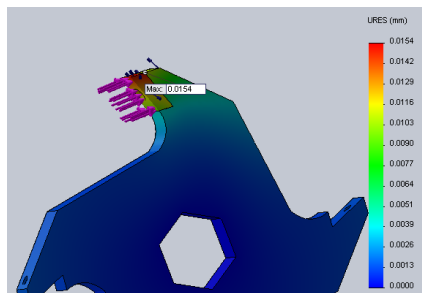


Gambar 15. Displacement Pada ASTM A36 dan HSS 18%

Besarnya *displacement* maksimum yang terjadi pada gabungan material ASTM A36 dan BAJA HSS 18% yaitu 0.0154 mm yang berada pada bagian ujung mata potong seperti ditunjukkan oleh Gambar 15. Besarnya *displacement* yang terjadi masih dalam kategori yang diizinkan.

3. Displacement pada material ASTM A36 dan JIS SKD 11

Besarnya *Displacement* maksimum yang terjadi pada material *JIS SKD 11* yaitu 0.0154 mm yang berada pada bagian ujung mata potong seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16. Besarnya *displacement* yang terjadi masih termasuk ke dalam kategori aman.



Gambar 16. Displacement Pada ASTM A36 dan JIS SKD 11

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu: desain empat mata potong pada mesin pencacah plastik dilakukan dengan menggabungkan dua jenis material berbeda menggunakan sambungan baut. Material *blade* dipilih material ASTM A36 berdasarkan pada aspek kekuatan, ketersediaan jumlah material dipasaran, dan harga yang ekonomis. Hasil simulasi menunjukkan kekuatan mekanis material AISI 1045 lebih baik dibanding dengan material BAJA HSS 18% dan JIS SKD 11.

Mata potong berjumlah empat dengan ketebalan *blade* bervariasi antara 5 mm hingga 10 mm didapatkan hasil tegangan semakin besar dengan menurunnya ketebalan mata *blade* pahat potong. Penambahan tebal mata potong mampu menurunkan tegangan yang terjadi pada mata potong.

Daftar Rujukan

- [1] M. F. Nasr, and K. A. Yehia, 2019, *Stress Analysis of a Shredder Blade for Cutting Waste Plastics*, Journal of International Society for Science and Engineering Vol. 1, No. 1, 09-12.
- [2] S. Ravi, 2018, "Utilization of Upgraded Shredder Blade and Recycling the Waste Plastic and Rubber Tire", in Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Paris, France.
- [3] Pratik Dattatraya Raut, Siddharth Manoj Bhargat, 2020, *Cutter blade design for Shredder Machine*, International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. 10, Issue 6, p. 1022-1027.
- [4] Karuniastuti, Nurhenu, 2013, Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan Dan Lingkungan. Forum Teknologi, Vol.. 3, No. 1. Hal: 6-14.
- [5] D.R.B Syaka, A. Kholil, A. Aminingsih, A. Siswaldi and I. Gunandi, 2016, "Disain dan Analisis Mesin Pencacah Gelas Plastik dengan Penggerak Manual", Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur, Edisi III, pp. 117-12.
- [6] H. Upingo, Y. Djamalu and S. Botutihe, 2016, "Optimalisasi Mesin Pencacah Plastik Otomatis", Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo, Volume 1, Nomor 2, pp. 122-139.
- [7] Nur, Ichlas et al. 2014. Pengembangan Mesin Pencacah Sampah/Limbah Plastik dengan Sistem Crusher dan Silinder Pemotong Tipe Reel. Seminar Nasional Sains dan Teknologi. ISSN: 2407-1846. Hal: 1-8.
- [8] Almukti, L. Habib dan Aladin Eko Purkuncoro. 2018. Perancangan Konstruksi Mesin Pencacah Limbah Plastik. Spark: Jurnal Mahasiswa Teknik Mesin Itn Malang. Vol. 01, No. 01, pp. 18-22.
- [9] Adhiarto, Riky, 2019, Studi Rancang Bangun Mesin Plastik Waste Shredder dengan Kapasitas 15 Kg/Hari dengan Aplikasi Metode VDI 2222. Jurnal Ilmiah Berkala. Vol. 13. No. 1. pp.1-13.
- [10] Adam Kamil, Hendra, Sidik Susilo, Erny Listijorini, Hernadewita, 2022, *Test Performance of Plastic Waste Shredder Machine and Analyze the Quality of the Shredded Plastic Product Using the Taguchi Method*, Jurnal Sistem Mekanik dan Termal. Vol. 6 No. 2. 77-83.
- [11] F. Burlian, I. Yani, Ivfransyah and J. Aries, 2019, "Rancang Bangun Alat Penghancur Sampah Botol Plastik Kapasitas ±33 Kg/Jam", Teknoka, Vol. 4, pp. M17-M23.
- [12] N.D. Anggraeni and A.E. Latief, 2018, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Tipe Gunting", Jurnal Rekayasa Hijau, Vol. 2, No.2, pp. 185-190.
- [13] Asroni, Mochtar, 2018, Pengaruh Model Pisau Pada Mesin Sampah Botol Plastik. Jurnal Aplikasi dan Inovasi Ipteks "Solidaritas". Vol. 1. No. 1. pp. 29-33.
- [14] Hamarung, Mukhlis A, Jasman, Pengaruh Kemiringan dan Jumlah Pisau Pencacah terhadap Kinerja Mesin Pencacah Rumput untuk Kompos. Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material, 2019, 3.2: pp.53-59.
- [15] Kholil, Ahmad, 2018, Hubungan Diameter Mata Pisau dan Ring terhadap Hasil Cacahan Mesin Pencacah Gelas Plastik 220 mL dengan Metode VDI 2221. Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ. p-ISSN : 2339-2029.
- [16] A. E. Latief, N.D. Anggraeni dan Hermawan, 2016 Perancangan Poros dan Mata Pisau Mesin Pencacah Plastik. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV). pp. 1095-1100.
- [17] N. D. Anggraeni and A. E. Latief, 2017, "Modifikasi Mata Pisau Mesin Pencacah Plastik Tipe Polyethylene," in Seminar

Nasional Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri, Bandung.

ConSeries: Materials Science and Engineering 909-012033, 2020, doi:10.1088/1757- 899X/909/1/012033.

- [18]Hendra, A. Indriani, Hernadewita, A. Mardian, N. Kholik, Rispani, Y. Suhartini, 2021, Analisis Tegangan Pada Struktur Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH) Dan Uji Kerja Mesin Pencacah Plastik, Jurnal Sistem Mekanik dan Termal. Vol. 5 No. 1. pp. 9-16.
- [19]A. Indriani, Hendra, Y. Suhartini, Aswata, Rispani, Hernadewita and A. Tanjung, 2020, “*Stress Analysis On The Frame Holder Of Generator Translation Motion On Horizontal Direction For Sea Wave Power Plant Using Finite Element Method (FEM)*”, International Conference on Advanced Mechanical and Industrial engineering, Cilegon, IOP
- [20]Y. Suhartini, A. Indriani, Hendra, Rispani and Hernadewita, 2021, “*Finite Element Method For Stress Analysis In The Frame Holder Of Generator Translation And Rotation Motion On Vertical Direction Mechanism For Sea Wave Power Plant*”, iCOMERA, Malang, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1034-012008, doi:10.1088/1757-899X/1034/1/012008.
- [21]Hendra, Syukriah, M. Silalahi and Hernadewita, Hermiyetti, 2019, “*Finite Element Method Analysis for Manufacturing Design Drum Dryer of Rotary Dryer Machine*”, ICIME, Medan, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 505 Issue: 1.