



PENERAPAN METODE ELEMEN HINGGA DALAM PEMILIHAN BAHAN PADA DESAIN PISAU MESIN PENCACAH PLASTIK

AN APPLICATION FINITE ELEMENT METHOD IN MATERIAL SELECTION FOR PLASTIC BLADE CRUSHER MACHINE

Rizqi Ilmal Yaqin¹⁾, Bambang Hari Priyambodo²⁾, Angger Bagus Prasetyo³⁾, Mega Lazuardi Umar⁴⁾

¹Program Studi Permesinan Kapal, Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai, Dumai, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Sukoharjo, Indonesia

³Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Sleman, Indonesia

⁴Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi, Indonesia

email: r.ilmalyaqin@politeknikpdumai.ac.id¹⁾*

Received:
31 Mei 2021

Accepted:
04 Agustus
2021

Published:
04 Agustus
2021

© 2021 SJME
Kinematika All
Rights Reserved.

Abstrak

Sampah merupakan masalah yang belum terselesaikan dimana 14% dari jumlah 30% sampah anorganik merupakan sampah plastik. Upaya dalam mengelola sampah plastik yaitu mengurangi ukuran sampah plastik untuk di kelola. Mesin pencacah plastik merupakan alat yang digunakan untuk mengurangi ukuran sampah plastik. Salah satu komponen penting dalam mesin pencacah plastik yaitu pisau. Penentuan bahan pada penggunaan pisau adalah salah satu langkah dalam proses pembuatan pisau. Simulasi model dalam pemilihan bahan dapat digunakan untuk memprediksi bahan yang tepat secara segi mekanis. Penelitian yang telah dilakukan memiliki tujuan menentukan bahan yang efektif dengan menggunakan FEM dari segi pemenuhan standar karakteristik desain mekanis dari desain pisau. Hasilnya semua bahan yang diajukan memenuhi syarat desain dalam pembuatan pisau dengan kondisi pembebanan operasi. Namun, bahan yang direkomendasikan secara segi teknis mekanik dalam pembuatan pisau pencacah plastik yaitu JIS SUP 9. Hal tersebut dikarenakan memiliki nilai *Equivalent (Von-Mises) Stress* ($27,695 \times 10^{-2}$ MPa), *Equivalent Elastic Strain* ($12,882 \times 10^{-7}$ m/m), *Total Deformation* ($17,722 \times 10^{-10}$ m) dan *Safety Factor* (15) hasil simulasi yang optimal dari bahan lainnya.

Kata Kunci: pisau, pemilihan bahan, FEA, mesin pencacah plastik

Abstract

Garbage is an unresolved problem where 14% of the 30% inorganic waste is plastic waste. Efforts in managing plastic waste are reducing the size of plastic waste to be managed. The plastic chopping machine is a tool used to reduce the size of plastic waste. One of the important components in a plastic chopping machine is a knife. Determining the material used for the knife is one of the steps in the knife-making process. Model simulation in material selection can be used to predict mechanically correct materials. The research that has been carried out has the aim of determining the effective material using FEM in terms of meeting the standard mechanical design characteristics

of the blade design. As a result, all of the materials submitted meet the design requirements in the manufacture of knives under operating loading conditions. However, the recommended material in terms of technical mechanics in making plastic chopping blades is JIS SUP 9. This is because it has an Equivalent (Von-Mises) Stress value ($27,695 \times 10^2$ MPa), Equivalent Elastic Strain ($12,882 \times 10^{-7}$ m / m), Total Deformation ($17,722 \times 10^{-10}$ m) and Safety Factor (15) optimal simulation results from other materials.

Keywords: *blade, material selection, FEA, plastic crusher machine*

DOI: 10.20527/sjmekinematika.v6i2.190

How to cite: Yaqin, R.I., Priyambodo, B.H, Prasetyo, A.B, & Umar, M.L., "Penerapan Metode Elemen Hingga dalam Pemilihan Bahan pada Desain Pisau Mesin Pencacah Plastik". *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 6(2), 85-98, 2021.

PENDAHULUAN

Sampah di Indonesia merupakan masalah yang belum terselesaikan. Seiring dengan bertambahnya penduduk, volume sampah yang dihasilkan juga akan mengalami kenaikan. Komposisi sampah yang dihasilkan dari kegiatan manusia yaitu 60-70% sampah organik dan 30-40% sampah non organik dengan 14% sampah non organik adalah sampah plastik [1]. Disisi lain, Indonesia merupakan negara peringkat kedua dunia yang menghasilkan sampah plastik di laut dengan laju 0,52 kg sampah/ orang/ hari atau jika dikalkulasikan menjadi 3,22 MMT/tahun [2]. Beberapa upaya dalam penanganan sampah plastik yang melimpah di Indonesia telah dilakukan. Salah satu upaya yang sering dikenal yaitu 3R (*Reuse, Reduce dan Recycle*). Upaya 3R dilakukan untuk memanfaatkan sampah plastik sebagai bahan daur ulang agar sampah plastik berkurang karena sampah plastik sangat berbahaya bagi lingkungan dan sulit untuk terurai [3]. Upaya awal dalam pengolahan limbah plastik agar dapat diolah menjadi bahan baku yaitu dengan memperkecil ukuran plastik tersebut agar seragam. Mesin pencacah plastik merupakan langkah awal sebagai alat agar sampah plastik dapat diproses selanjutnya [4]. Mesin pencacah plastik merupakan alat yang sering dimiliki oleh pengusaha plastik menengah ke atas. Oleh karena itu, beberapa peneliti sedang mengembangkan jenis mesin pencacah plastik yang efektif dan efisien dengan biaya yang relatif rendah. Teknologi pencacah plastik umumnya menggunakan mesin pencacah yang terdiri dari pisau-pisau yang bergerak dan diam. Beberapa mekanisme pencacahan dari mesin pencacah yaitu tipe penghancur [5] dan tipe gunting [6]. Pisau mesin pencacah sangat diperhatikan dalam proses pembuatannya karena terhubung dengan poros mesin sehingga menimbulkan gaya potong akibat putaran tersebut [7]. Hal ini menjadikan pisau mesin pencacah sangat diperhatikan dalam desain dan pembuatannya.

Bahan merupakan salah satu aspek penting dalam desain suatu komponen mesin. Hal tersebut dikarenakan bahan memiliki peran penting terhadap kekuatan, kekakuan dan karakteristik lainnya dari sebuah desain komponen penting [8]. Pemilihan bahan adalah suatu tindakan awal yang mendasar dalam membuat desain suatu komponen. Hal tersebut dikarenakan terdapat 200.00 jenis bahan yang sulit untuk dipilih sesuai dengan persyaratan desain dan karakteristik penggunaan komponen tersebut [9]. Pemilihan bahan sendiri merupakan salah satu bagian dari proses manufaktur dari desain komponen mesin. Tujuan dari pemilihan bahan untuk mencari bahan yang memiliki sifat yang sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan dalam proses desain komponen mesin [10]. Selain itu pemilihan bahan juga bertujuan untuk mencari nilai ekonomis dari desain komponen mesin. Beberapa tahun terakhir, peneliti banyak menghasilkan metode yang digunakan untuk strategi pemilihan bahan yang lebih baik dengan kebutuhan sifat dan karakteristik yang dibutuhkan. Selain itu metode pemilihan bahan yang tepat dapat mengembangkan

jenis bahan baru yang dapat diaplikasikan pada desain [9]. Pemilahan bahan pisau mesin pencacah plastik merupakan salah satu bagian dari proses pembuatan pisau mesin pencacah plastik. Beberapa penelitian telah menawarkan bahan-bahan yang sering digunakan pada pisau mesin pencacah plastik antara lain AISI 1045 [11], JIS SKD 11 [12], HSS 18% Cr, DIN 885, ST 37 [13] dan VCN 150. Bahan yang sering digunakan untuk pisau mesin pencacah ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga perlu dikaji lagi tentang efektifitas dan efisiensi pada mesin pencacah plastik. Beberapa cara untuk pengambilan keputusan dalam pemilihan bahan sebagai pisau mesin pencacah plastik telah dilakukan. Namun, korelasi dari segi teknis dan ekonomis pemilihan bahan masih belum diperhatikan.

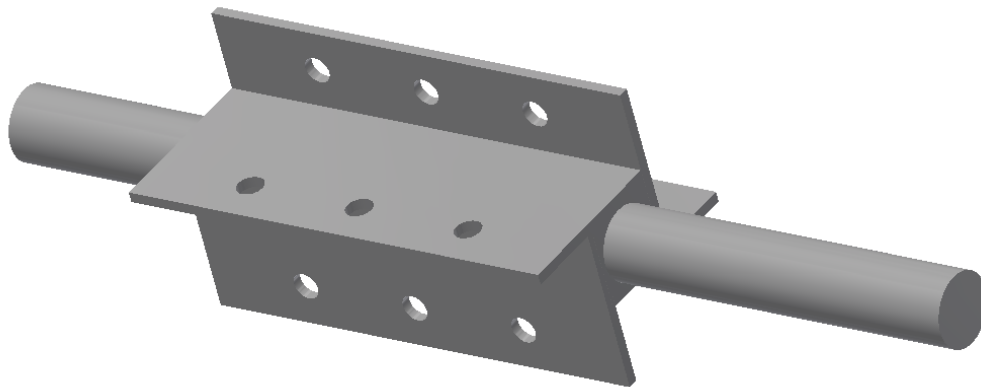
Dewasa ini, pemilihan bahan pada komponen mesin dengan mengembangkan menggunakan simulasi pemodelan mendapat ketertarikan para rekayasawan dan peneliti. Perancangan dari komponen yang bertujuan untuk masa pakai yang lama perlu adanya pemilihan bahan yang serius. Metode yang mudah dalam pemilihan bahan secara pemodelan yaitu *Finite Element Method (FEM)* [14]. FEM merupakan sebuah alat yang baik untuk memprediksi sistem mekanik, kondisi tegangan dan juga cara dasar dalam pemilihan bahan. Metode Elemen Hingga atau FEM menggunakan persamaan matematika sistematis untuk menghasilkan karakteristik dengan bantuan pemodelan komputer [15]. FEM pada dasarnya dapat digunakan untuk analisis statis komponen yang menghasilkan tegangan maksimum, deformasi dan regangan maksimum pada model. Pemodelan FEM terdiri dari beberapa bagian kecil elemen yang dipisahkan dengan node. Hubungan elemen dan node tersebut yang dapat dianalisis secara matematik. Semakin banyak jumlah elemen maka semakin akurat nilainya. FEM sendiri memiliki fasilitas untuk mengetahui sifat pembebanan dan prediksi dari perhitungan umur kelelahan suatu desain komponen [16]. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam penggunaan pemilihan bahan pada desain komponen menggunakan metode FEM. Metode pemilihan dan verifikasi bahan pada *excavator's boom* dapat menggunakan metode FEM dan secara teoritis. Hasil analisis *boom excavator* yaitu dengan desain merek tertentu dan bahan yang digunakan memenuhi syarat desain dengan menggunakan metode FEM [8]. FEM juga dapat digunakan untuk pemilihan bahan pembuatan gearbox casing [16]. Penggunaan FEM juga digunakan pada dunia biomedis untuk menentukan bahan dari komponen biomedis. Hasilnya penggunaan FEM dalam memprediksi bahan cukup optimal secara karakteristik mekanis dan mendapatkan rekomendasi bahan untuk pembuatan alat bantu biomedis [9], [14]. Selain itu penggunaan FEM dapat memprediksi kekuatan rangka dari komponen mesin sehingga dapat menentukan bahan yang cocok digunakan [10]. Oleh karena itu metode FEM dapat digunakan untuk rekomendasi pemilihan bahan pada suatu komponen mesin secara karakteristik desain mekanis.

Berdasarkan paparan permasalahan diatas penggunaan FEM dapat digunakan dalam merekomendasikan bahan yang digunakan pada pembuatan pisau mesin pencacah plastik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan bahan yang efektif dengan menggunakan FEM dari segi pemenuhan standar karakteristik desain mekanis dari desain pisau mesin pencacah plastik. Analisis FEM sendiri digunakan untuk pemilihan dilakukan untuk mengukur tegangan *Von Misses*, regangan, jumlah deformasi dan angka keamanan penggunaan pisau mesin pencacah plastik.

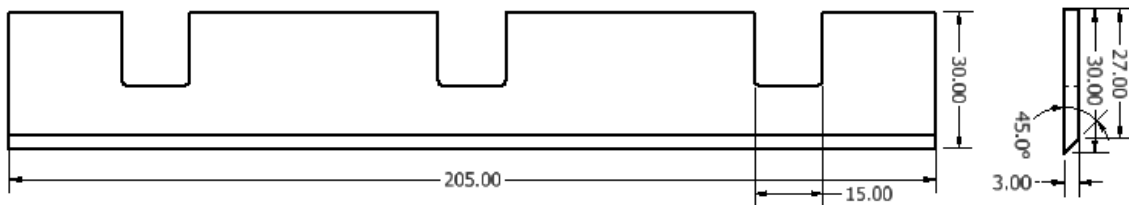
METODE PENELITIAN

Pembuatan model 3D pisau pencacah plastik menggunakan software Autodesk Inventor 2019 dengan mempertimbangkan spesifikasi teknis yang digunakan pada dudukan mekanisme pencacah plastik tipe gunting yang akan digunakan. Gambar 1. menunjukkan gambar mekanisme pemotongan mesin pencacah plastik. Desain dari pisau

mesin pencacah plastik menyesuaikan dari kedudukan pisau dan mekanisme pencacah plastik. Penggunaan desain pisau mesin pencacah plastik disesuaikan dengan tingkat kemudahan pembuatan dari bahan baku dan tingkat kemudahan modifikasi dari pisau pencacah. Bentuk dan geometri dari desain pisau pencacah plastik dapat ditunjukkan pada Gambar 2. Dan Tabel 1. Pemodelan simulasi pemilihan bahan menggunakan *software Workbench ANSYS R17.2* dengan convert desain dari Inventor 2019 ke ANSYS R17.2.



Gambar 1. Mekanismeudukan pisau pencacah plastik



Gambar 2. Desain bentuk pisau mesin pencacah plastik

Tabel 1. Ukuran geometri desain pisau pencacah plastik

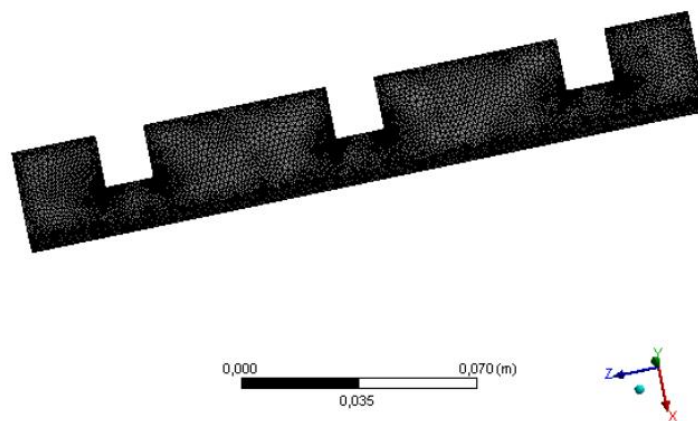
Geometri	Nilai
Panjang (mm)	210
Lebar (mm)	30
Tebal (mm)	3
Sudut Mata Pisau	45°
Panjang Mata Pisau (mm)	3

Analisa simulasi pemodelan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software ANSYS R17.2*. Pemilihan bahan pada model desain pisau pencacah plastik menjadi perhatian khusus pada simulasi model 3D pisau pencacah plastik. Penggunaan beberapa pilihan jenis bahan berdasarkan hasil survei pasar penggunaan bahan pada proses manufaktur pisau. Bahan yang sering digunakan sebagai pisau pencacah plastik yaitu SKD 11, VCN 150, JIS SUP 9 dan HSS 18%. Parameter masukan yang digunakan dalam analisa model pisau pencacah plastik ditunjukkan pada Tabel. 2. Semua bahan yang digunakan menggunakan bentuk isotropik. Analisa pemodelan juga dipengaruhi dengan sistem distribusi *meshing* pada model. Meshing pada model pisau pencacah plastik menggunakan tipe *refinement* dengan bentuk *tetrahedral*. Jumlah Node yang dihasilkan yaitu 30211 sedangkan jumlah Element sebanyak 14887. Bentuk *meshing* dan distribusinya menggunakan skala halus di bagian yang memerlukan detail analisa. Bagian tersebut

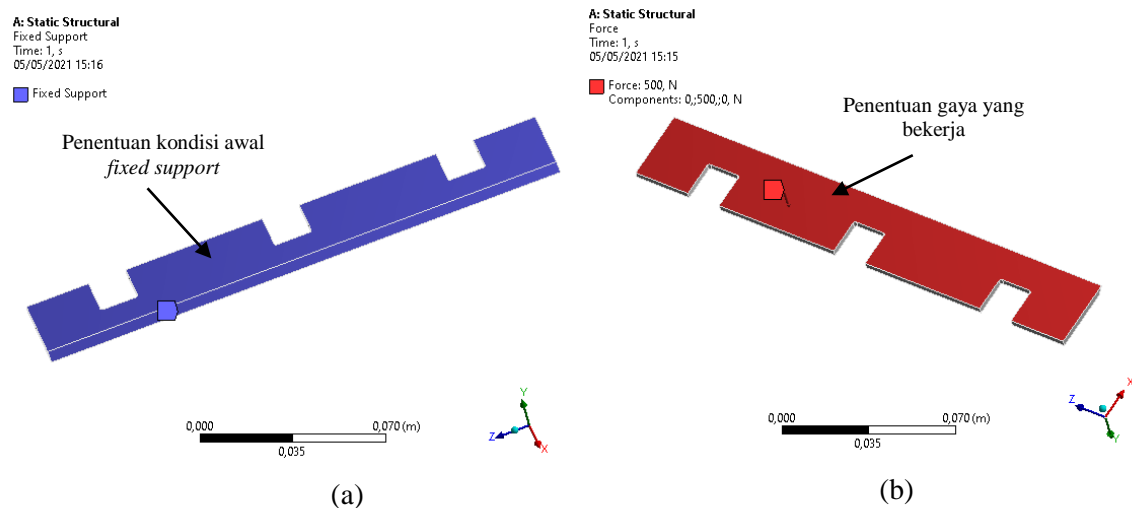
berada pada bagian belokan yang tajam. Hal tersebut digunakan agar mendapatkan hasil perhitungan yang maksimal. Bentuk *mesh* dari pemodelan desain pisau pencacah plastik dapat ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 2. Sifat dari bahan pisau pada simulasi model

Sifat Mekanik	SKD 11 [11]	VCN 150	JIS SUP 9	HSS 18% [13]
Densitas (kg/m^3)	7700	7850	7800	8670
<i>Position Ratio</i>	0,30	0,29	0,29	0,27-0,30
Modulus Young's (GPa)	200	205	215	190-210
Yield Strength (MPa)	330	470	1079	154
Tensile Strength (MPa)	785	745	1226	231
Shear Modulus (GPa)	76,92	79,45	83,33	77,82



Gambar 3. *Meshing* pada model pisau pencacah plastik.



Gambar 4. Penentuan parameter (a) kondisi awal *fixed support*, (b) pembebanan pada model

Gambar 4. (a) menunjukkan penentuan parameter kondisi awal model pisau mesin pencacah plastik. Penentuan kondisi awal proses simulasi model pisau mesin pencacah plastik menggunakan *fixed support* atau tumpuan tetap pada bagian sisi atas model pisau. Hal ini menunjukkan pada sisi pisau yang menerima tumpuan tetap merupakan bagian yang memiliki kontak/ tertempel langsung dengan sisi bagian tumpuan penggerak pisau mesin dinamis mesin pencacah plastik. Bagian tumpuan tersebut yang memiliki hubungan

dengan mesin penggerak. Sedangkan kondisi pembebanan berada pada bagian sisi sebaliknya dari bagian kondisi awal. Gambar 4 (b) memperlihatkan bagian sisi yang terkena pembebanan sampah plastik. Model pembebanan yang digunakan pada simulasi model yaitu *Force* atau gaya. Kapasitas pembebanan pada kondisi simulasi menggunakan pembebanan terbesar kapasitas mesin yaitu 50 kg/jam. Kondisi kerja pada mesin pencacah pisau menggunakan kondisi sebenarnya dengan parameter yang di tunjukkan pada Tabel 3. Persamaan 1 menunjukkan konversi pembebanan terhadap gaya yang disimulasikan pada model pisau pencacah plastik.

$$F = m \cdot g \tag{2}$$

Keterangan

- F = Gaya pembebanan (N)
- m = Massa plastik yang terbeban (kg)
- g = Konstanta gaya gravitasi (m/s²)

Hasil dari konversi pembebanan sesuai dengan persamaan 1 memiliki nilai sebesar 500 N. Pembebanan 500 N digunakan untuk masukan nilai pada bagian pembebanan model pisau.

Tabel 3. Kondisi kerja pisau mesin pencacah plastik

Spesifikasi	Nilai
Kecepatan Putar (RPM)	650
Daya (HP)	6,5

Hasil dari simulasi pemodelan atau bagian dari *post processing* pada simulasi pisau mesin pencacah plastik dengan beberapa parameter yaitu *Equivalent (Von Mises) Stress*, *Equivalent Elastic Strain*, *Total Deformation*, dan *Safety Factor*. Hubungan antara nilai Tegangan dan Regangan secara teoritis dapat direpresentasikan pada persamaan 2.

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{Bmatrix} (1-\nu)\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y + \nu\varepsilon_z \\ \nu\varepsilon_z + (1-\nu)\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x \\ \nu\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y + (1-\nu)\varepsilon_z \end{Bmatrix} \tag{2}$$

Keterangan

- σ = Tegangan yang terjadi (Pa)
- ε = Regangan (m/m)
- ν = Poison ratio
- E = Modulus Young bahan (GPa)

Sedangkan untuk perhitungan angka keamanan atau *safety factor* dari hasil simulasi model dapat menggunakan persamaan 3 [17].

$$N = \frac{\sigma_{ys}}{\sigma_{maksimum}} \tag{3}$$

Keterangan

- N = Angka keamanan
- σ_{ys} = Tegangan yield yang diijinkan bahan (Pa)
- $\sigma_{maksimum}$ = Tegangan maksimum yang diterima bahan (Pa)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Equivalent (Von Mises) Stress

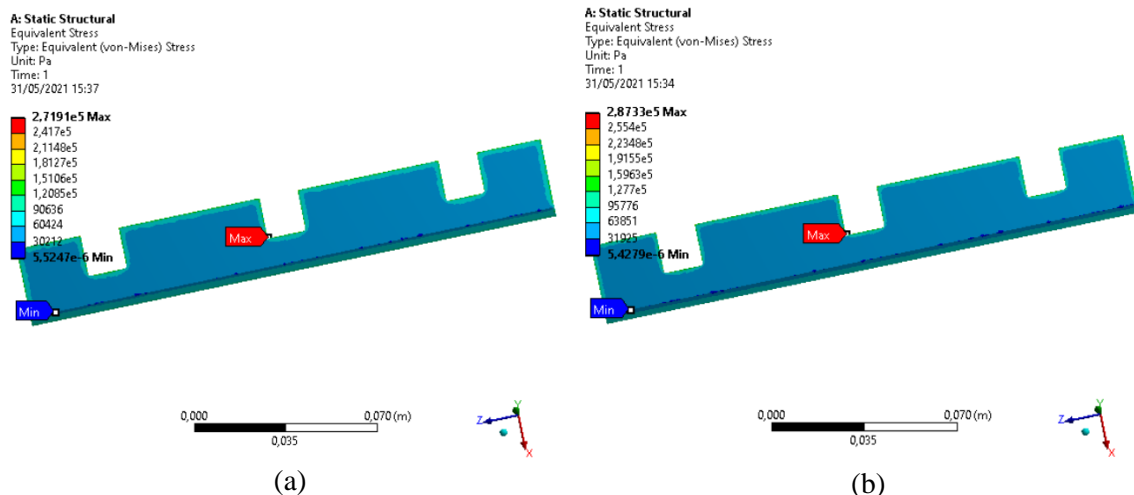
Simulasi model pisau mesin pencacah plastik dengan menggunakan metode elemen hingga dapat memperhitungkan nilai suatu parameter secara sistematis. Hasil dari simulasi model pisau mesin pencacah plastik menggunakan analisa analisa tegangan statis dengan tidak menggunakan pengaruh dari getaran dan dinamika. Analisa tegangan pada desain sangat diperlukan menentukan posisi jika terjadi kegagalan pada desain komponen

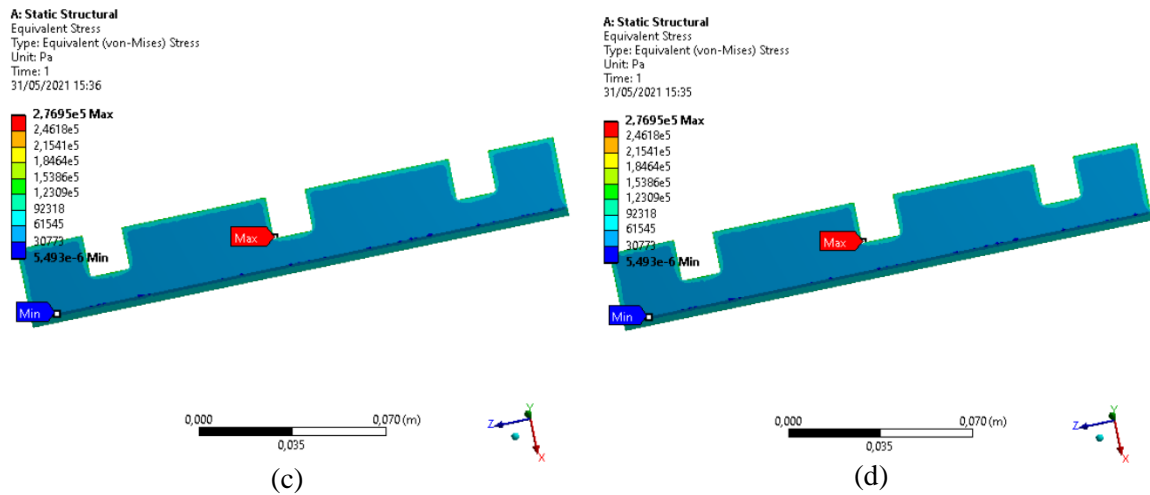
mesin. Teori tersebut dapat diperkuat dengan menggunakan *von mises*. evaluasi dari teori von mises memprediksi pembebanan/ tegangan yang diterima pada bahan. Hasil dari pemodelan simulasi 3D menunjukkan adanya bentuk sebaran tegangan *von mises* pada model pisau mesin pencacah plastik dengan perbedaan jenis bahan yang digunakan dapat di tunjukkan pada Gambar 5. Bentuk sebaran dari tegangan *von mises* setiap variasi bahan menunjukkan daerah yang memiliki nilai tertinggi (max) pada simulasi pemodelan berada pada sisi dalam dan luar desain [18]. Fenomena ini dikarenakan memiliki dimensi yang lebih kecil dari pada bagian lainnya [19].

Hasil perbandingan *equivalent (von-mises) stress* dari berbagai bahan ditunjukkan Gambar 6. Berdasarkan hasil dari simulasi model terdapat nilai *equivalent (von-mises) stress* maksimum pada setiap jenis bahan HSS 18%, SKD 11, JIS SUP 9 dan VCN 150 secara berturut-turut yaitu $27,191 \times 10^{-2}$ MPa; $28,733 \times 10^{-2}$ MPa; $27,695 \times 10^{-2}$ MPa dan $27,695 \times 10^{-2}$ MPa. Sedangkan untuk nilai minimum *equivalent (von-mises) stress* setiap bahan secara berturut-turut yaitu $0,055 \times 10^{-2}$ MPa; $0,054 \times 10^{-2}$ MPa; $0,055 \times 10^{-2}$ MPa dan $0,055 \times 10^{-2}$ MPa. Nilai maksimum *equivalent (von-mises) stress* ditunjukkan dengan gambar warna merah sedangkan nilai minimum ditunjukkan dengan warna biru. Tegangan *von mises* dapat ditentukan dengan persamaan 4 [17].

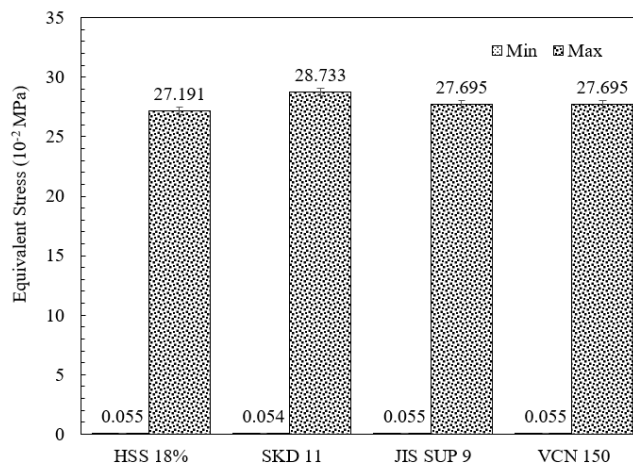
$$\sigma_e = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_4)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Proses perancangan pisau mesin pencacah plastik membutuhkan analisa kriteria tegangan *von mises* untuk menentukan tegangan pada titik tertentu pada daerah desain pisau yang menyebabkan kegagalan. Nilai efektif dari simulasi *equivalent (von-mises) stress* berada pada bahan HSS 18% dengan nilai maksimum yang diterima pada bahan paling yaitu sebesar $28,733 \times 10^{-2}$ MPa. Fenomena itu menunjukkan bahan dengan *equivalent (von-mises) stress* maksimum yang rendah, maka bahan mampu memperkecil terjadinya kegagalan saat beroperasi [10]. Namun semua bahan yang disimulasikan masih pada keadaan aman karena masih berada di atas nilai batas tegangan bekerja yang diijinkan [20] pada bahan pisau mesin pencacah plastik.





Gambar 5. Hasil simulasi equivalent (von mises) stress pada model pisau dengan bahan (a) HSS 18% Cr, (b) SKD 11, (c) JIS SUP 9 dan (d) VCN 150.



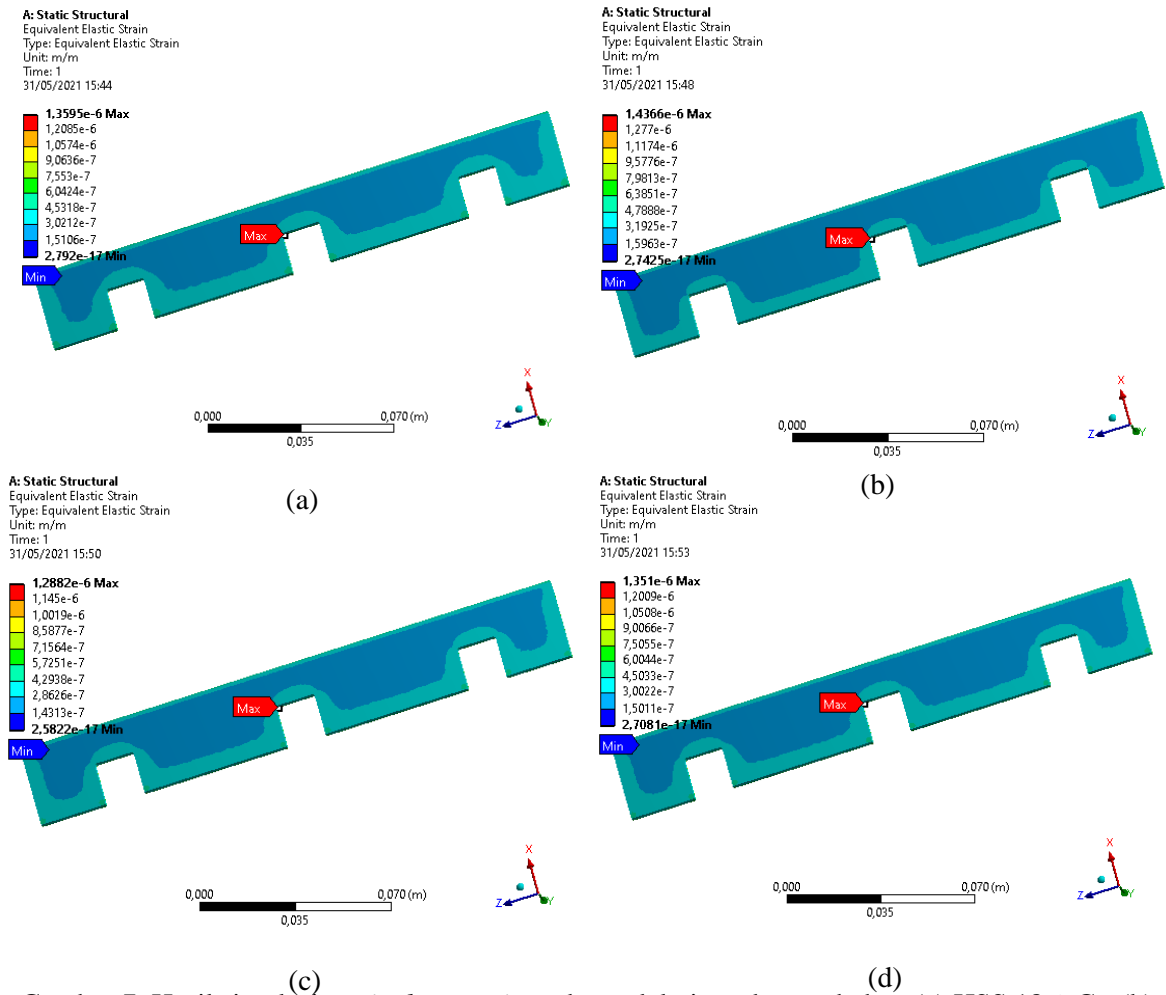
Gambar 6. Perbandingan *equivalent (von-mises) stress* pada berbagai jenis bahan

Equivalent Elastic Strain

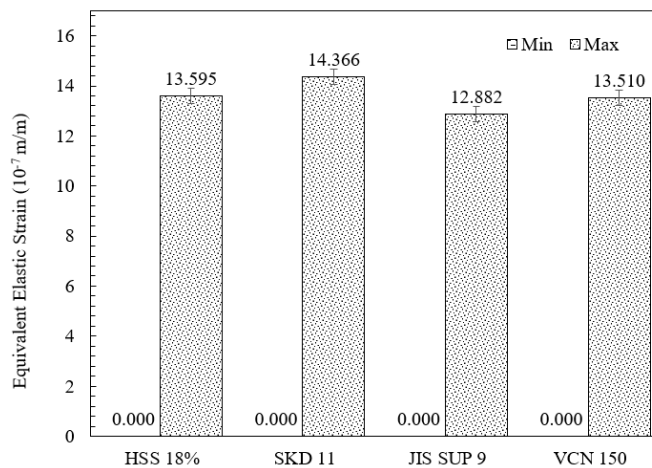
Equivalent Elastic Strain merupakan luaran dari simulasi model dari pisau mesin pencacah plastik. Nilai dari *Equivalent Elastic Strain* sangat dipengaruhi oleh tegangan dan ukuran dari suatu model. Hasil dari *Equivalent Elastic Strain* hasil simulasi model pisau mesin pencacah plastik dengan variasi berbagai bahan ditunjukkan pada Gambar 7. Bentuk sebaran dari regangan tidak jauh dari hasil dari simulasi tegangan yang dihasilkan oleh simulasi dari pemodelan. Fenomena hasil simulasi model dikarenakan hubungan erat antara pembebanan yang bekerja dengan hasil tegangan dan regangan pada model [21]. Hal tersebut adanya korelasi dari hukum hooke pada suatu bahan [22] yang dapat ditunjukkan pada persamaan 4

$$\sigma = E \frac{\Delta x}{x} = E \varepsilon \tag{4}$$

Dimana σ adalah tegangan pada model, E adalah modulus young dari bahan dan ε regangan yang dihasilkan dari model. Persamaan hukum hooke membuktikan adanya perbandingan lurus antara tegangan dan regangan hasil simulasi model.



Gambar 7. Hasil simulasi *equivalent strain* pada model pisau dengan bahan (a) HSS 18% Cr, (b) SKD 11, (c) JIS SUP 9 dan (d) VCN 150



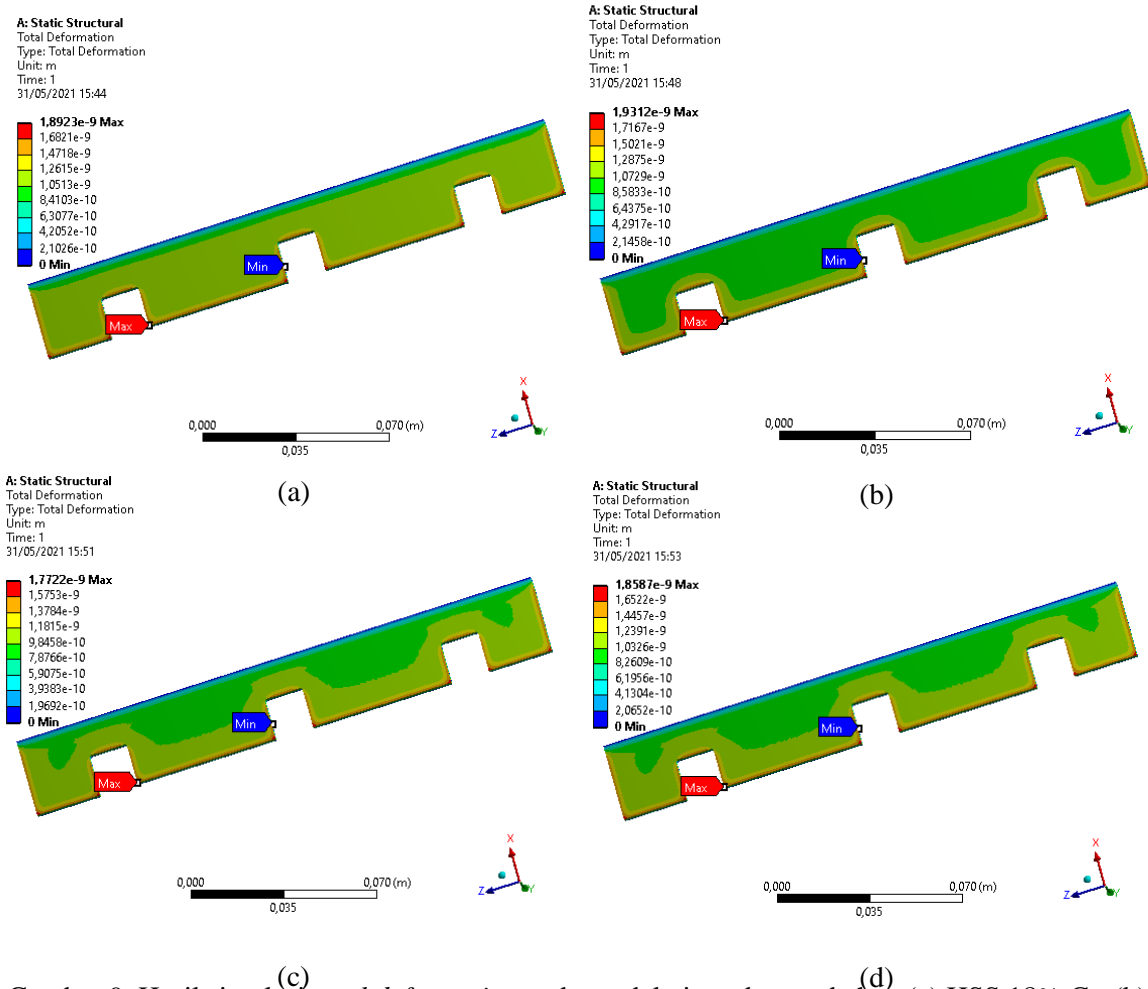
Gambar 8. Perbandingan *equivalent elastic strain* pada berbagai jenis bahan

Hasil simulasi model pada *Equivalent Elastic Strain* dengan variasi berbagai bahan ditunjukkan Gambar 8. Berdasarkan hasil dari simulasi model didapatkan nilai dari *Equivalent Elastic Strain* yang maksimum pada setiap jenis bahan HSS 18%, SKD 11, JIS SUP 9 dan VCN 150 secara berturut-turut yaitu $13,595 \times 10^{-7}$ m/m; $14,366 \times 10^{-7}$ m/m; $12,882 \times 10^{-7}$ m/m dan $13,510 \times 10^{-7}$ m/m. Sedangkan untuk nilai minimum *Equivalent Elastic Strain* hasil simulasi pada setiap bahan secara mendekati 0 m/m. Nilai terbesar dari

Equivalent Elastic Strain pada simulasi model pisau mesin pencacah pisau yaitu pada bahan SKD 11 dengan nilai *Equivalent Elastic Strain* sebesar $14,366 \times 10^{-7}$ m/m.

Total Deformation

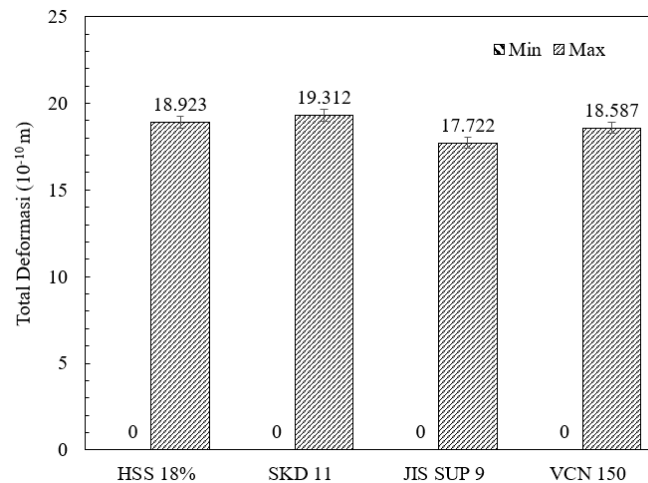
Deformasi merupakan salah satu bentuk dari perubahan model simulasi sebagai adanya pembebanan saat beroperasi. Deformasi pada perancangan pisau digunakan untuk mengukur ketangguhan dari bahan ketika menerima beban [10]. Deformasi pada proses perancangan menggunakan deformasi elastis karena tegangan maksimum yang digunakan dibatasi di bawah tegangan luluh. Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi bentuk persebaran deformasi pada pisau mesin pencacah plastik pada semua bahan. Nilai terbesar deformasi berada pada ujung dari pisau. Namun, bentuk persebaran deformasi pada model pisau pencacah plastik menunjukkan ketidak signifikan dari model ketika beroperasi menerima beban. Hal ini menunjukkan beban yang diterima pada bahan masih berada pada daerah elastis bahan [23] pada seluruh variasi bahan.



Gambar 9. Hasil simulasi *total deformation* pada model pisau dengan bahan (a) HSS 18% Cr, (b) SKD 11, (c) JIS SUP 9 dan (d) VCN 150

Hasil simulasi model *total deformation* dengan variasi berbagai bahan ditunjukkan Gambar 10. Berdasarkan hasil dari simulasi model didapatkan nilai dari *total deformation* yang maksimum pada setiap jenis bahan HSS 18%, SKD 11, JIS SUP 9 dan VCN 150 secara berturut-turut yaitu $18,923 \times 10^{-10}$ m; $19,312 \times 10^{-10}$ m; $17,722 \times 10^{-10}$ m; dan $18,587 \times 10^{-10}$ m. Sedangkan untuk nilai minimum *Equivalent Elastic Strain* hasil simulasi pada seluruh bahan yaitu 0 m. Nilai maksimum pada *total deformation* pada variasi bahan terkecil yaitu pada JIS SUP 9 sebesar $17,722 \times 10^{-10}$ m. Namun untuk semua bahan

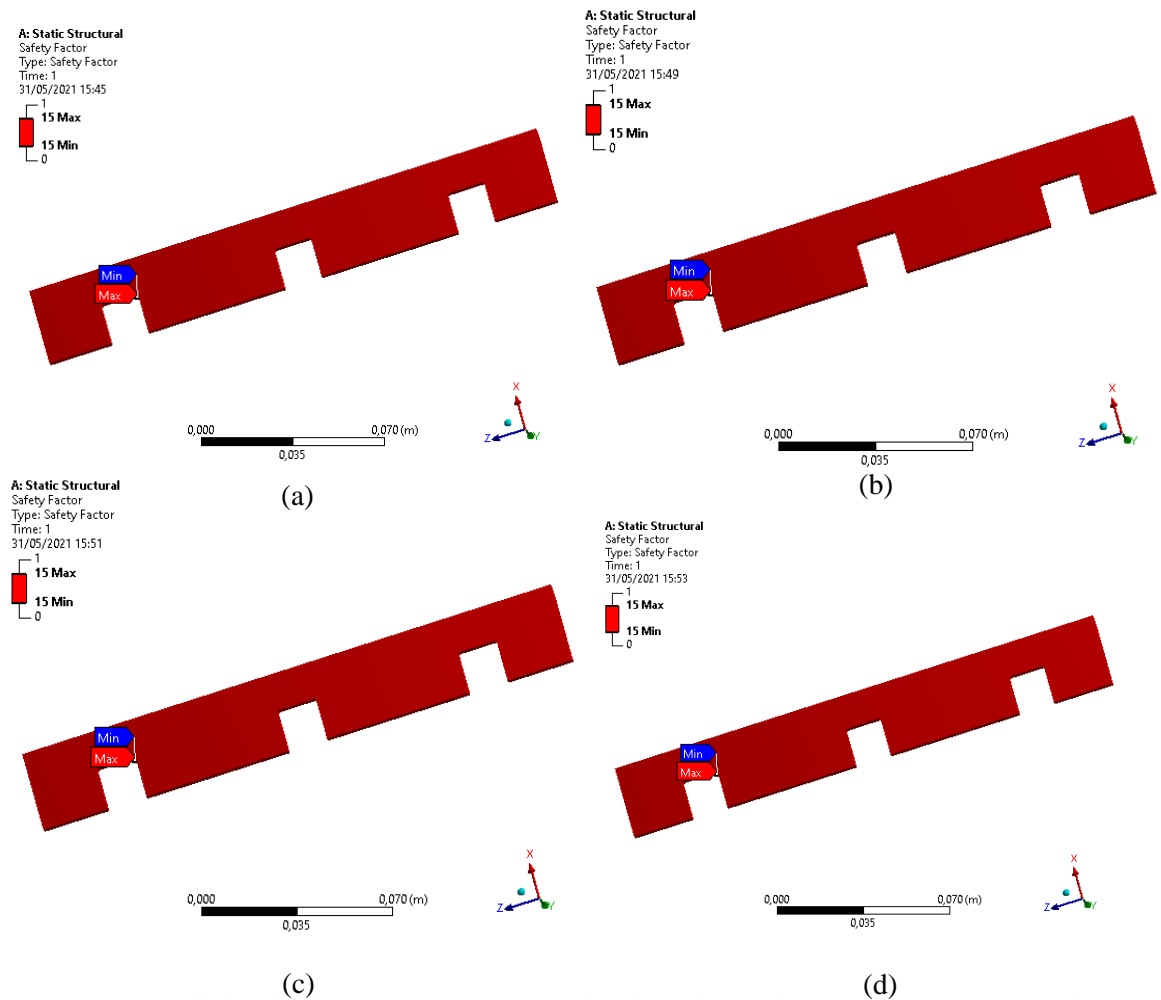
memiliki nilai *total deformation* sangat kecil. Hasil dari analisis simulasi model menunjukkan bahwa tegangan yang diberikan pisau mengakibatkan deformasi yang dihasilkan dapat diabaikan sehingga deformasi hampir tidak terjadi. Fenomena ini dikarenakan deformasi masih berada pada daerah elastik yang mengakibatkan pengaruh perubahan benda saat pembebanan sangat kecil [23], [24]. Perubahan bentuk dari model yang sangat kecil menunjukkan bahwa model simulasi tidak akan rusak dan dapat diterapkan pada mesin [25]. Deformasi menjadi aspek yang penting dalam analisa dikarenakan dapat merubah bentuk komponen yang menjadikan adanya gangguan pada kegunaannya [18].



Gambar 10. Perbandingan *total deformation* pada berbagai jenis bahan

Safety Factor

Faktor keamanan atau *safety factor* merupakan perbandingan antara kekuatan luluh bahan dengan tegangan yang terjadi. Tegangan yang terjadi pada penelitian ini yaitu tegangan *von mises* maksimum. Umumnya faktor keamanan didasari dari batas luluh dari suatu bahan [10]. Hasil simulasi model pisau mesin pencacah plastik dengan variasi semua bahan ditunjukkan pada Gambar 11 dengan nilai minimum dan maksimum angka keamanan sebesar 15. Distribusi hasil simulasi pemodelan menunjukkan pemerataan dari nilai angka keamanan pada seluruh bagian dari model pisau mesin pencacah plastik. Angka keamanan hasil dari simulasi model menunjukkan keamanan pada model perancangan pisau mesin pada saat pembebanan. Syarat keamanan suatu komponen dapat ditunjukkan dengan nilai *safety factor* yang didapatkan harus > 1 dari tegangan yang bekerja [26]. Hasil dari analisa didapatkan nilai faktor keamanan dari simulasi model pisau mesin pencacah memenuhi syarat untuk mampu menahan beban yang beroperasi.



Gambar 11. Hasil simulasi *safety factor* pada model pisau dengan bahan (a) HSS 18% Cr, (b) SKD 11, (c) SUS 9 JIS dan (d) VCN 150

Hasil dari analisa simulasi model pisau pencacah plastik dengan aspek *Equivalent (Von-Mises) Stress*, *Equivalent Elastic Strain*, *Total Deformation* dan *Safety Factor* bahan yang direkomendasikan dari segi kekuatan mekanis secara berturut turut yaitu bahan JIS SUP 9, HSS 18%, VCN 150 dan SKD 11. Hal ini dilihat dari nilai simulasi yang dihasilkan dan faktor keamanan. Disisi lain hasil menunjukkan bahwa semua variasi bahan memiliki nilai faktor keamanan yang aman sehingga pada dasarnya semua bahan dapat digunakan [10] dalam penggunaan pisau mesin pencacah. Namun dari segi ekonomis bahan HSS 18% merupakan bahan yang paling ekonomis dan mudah didapatkan. Bahan HSS 18% di lapangan dijual bebas dan sudah terstruktur dari segi model desain nya. Oleh karena itu HSS 18% dapat juga digunakan sebagai alternatif bahan pisau mesin pencacah plastik dari segi ekonominya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa bahan yang direkomendasikan secara segi teknis mekanik dalam pembuatan pisau pencacah plastik yaitu JIS SUP 9. Hal tersebut dikarenakan memiliki nilai *Equivalent (Von-Mises) Stress* ($27,695 \times 10^{-2}$ MPa), *Equivalent Elastic Strain* ($12,882 \times 10^{-7}$ m/m), *Total Deformation* ($17,722 \times 10^{-10}$ m) dan *Safety Factor* (15) hasil simulasi yang optimal dari bahan lainnya. Namun untuk bahan yang lain masih dapat digunakan dalam pembuatan pisau mesin pencacah plastik dengan pembebanan pengoperasian yang

sesuai dengan simulasi. Hal tersebut dikarenakan semua bahan masih memenuhi syarat dari segi mekanis simulasi model yang dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditunjukkan kepada Workshop Teknologi Mekanik Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai yang telah memberikan kesempatan dalam melakukan penelitian. Selain itu penulis juga mengucapkan kepada tim teknis pembuatan mesin pencacah plastik yang telah membantu penulis dalam menentukan parameter bahan yang digunakan dalam pembuatan mesin pencacah plastik khususnya pada komponen pisau.

REFERENSI

- [1] P. Purwaningrum, "Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan," *Indones. J. Urban Environ. Technol.*, vol. 8, no. 2, p. 141, 2016.
- [2] J. R. Jambeck *et al.*, "Plastic waste inputs from land into the ocean," 2015.
- [3] D. Yantony, H. L. Tosalleng, and K. Taslim, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Tipe Sumbu Menyudut untuk Usaha Mikro," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 4, no. 1, p. 47, 2019.
- [4] N. D. Anggraeni, "Analisa Kinerja Mesin Pencacah Botol Plastik Tipe Pet," *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 31–35, 2019.
- [5] S. Reddy and T. Raju, "Design and Development of mini plastic shredder machine," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 455, pp. 1–6.
- [6] N. D. Anggraeni and A. E. Latief, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Tipe Gunting," *J. Rekayasa Hijau*, vol. 2, no. 2, pp. 185–190, 2018.
- [7] E. K. Orhororo, A. E. Ikpeand, and R. I. Tamuno, "Performance Analysis of Locally Design Plastic Crushing Machine for Domestic and Industrial Use in Nigeria," *EJERS, Eur. J. Eng. Res. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 26–30, 2016.
- [8] S. Bin Wu and X. B. Liu, "A Material Selection Method Based on Finite Element Method," *Adv. Mater. Res.*, vol. 887–888, pp. 1013–1016, 2014.
- [9] A. T. Şensoy, M. Çolak, I. Kaymaz, and F. Findik, "Optimal Material Selection for Total Hip Implant: A Finite Element Case Study," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 44, no. 12, pp. 10293–10301, 2019.
- [10] L. A. N. Wibawa, "Pengaruh Pemilihan Material Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Untuk Pesawat UAV," *J. Teknol. Dan Terap. Bisnis*, vol. 2, no. 1, pp. 48–52, 2019.
- [11] C. P. Yepes, R. M. A. Pelegrina, and M. G. J. Pertuz, "Analysis by means of the finite element method of the blades of a PET shredder machine with variation of material and geometry," *Contemp. Eng. Sci.*, vol. 11, no. 83, pp. 4113–4120, 2018.
- [12] N. D. Anggraeni and A. E. Latief, "Modifikasi Mata Pisau Mesin Pencacah Plastik Tipe Polyethylene," in *Seminar Nasional Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri – XVI*, 2017, pp. 69–78.
- [13] Widjanarko, "Pemilihan Pisau Potong Mesin Perajang Limbah Plastik Dengan Metode Quality Function Deployment (Qfd) Dan Value Engineering (Ve) Sebagai Alternatif Peningkatan Taraf Hidup," *Rotor*, vol. 8, no. April, 2015.
- [14] D. Annur *et al.*, "Material selection based on finite element method in customized iliac implant," *Mater. Sci. Forum*, vol. 1000 MSF, pp. 82–89, 2020.
- [15] J. Böhme, V. Shim, A. Höch, M. Mütze, C. Müller, and C. Josten, "Clinical implementation of finite element models in pelvic ring surgery for prediction of implant behavior: A case report," *Clin. Biomech.*, vol. 27, no. 9, pp. 872–878, 2012.
- [16] P. Dodkar, "Influence of material selection on finite element analysis and weight of

- gear box casing,” vol. 7, no. 7, pp. 1094–1098, 2016.
- [17] S. Jokowiyono and S. Mulyadi, “Analisa Tegangan Von Mises Pada Alat Bantu Jalan (Walker),” *ROTOR*, vol. 5, no. 2, pp. 34–41, 2012.
- [18] S. H. Pranoto, S. Yatnikasari, M. N. Asnan, and R. I. Yaqin, “Desain dan Analisis Mata Pisau Pencacah Untuk Pengolahan Sampah Plastik Menggunakan Finite Element Analysis,” *Infotekmesin*, vol. 11, no. 2, pp. 147–152, 2020.
- [19] P. Kumaran, N. Lakshminarayanan, A. V. Martin, R. George, and J. JoJo, “Design and analysis of shredder machine for e - Waste recycling using CATIA,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 993, no. 1, pp. 0–7, 2020.
- [20] D. Djumhariyanto, “Analisa Tegangan Poros Roda Mobil Listrik Dengan Metode Elemen Hingga,” *J-Protksion*, vol. 1, no. 1, pp. 8–14, 2016.
- [21] M. S. Ramadhan, L. K. Mangalla, and Samhuddin, “Perancangan Dan Simulasi Frame Mobil Gokart,” *ENTHALPY-Jurnal Ilm. Mhs. Tek. Mesin Peranc.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2018.
- [22] K. M. Erokhin, E. S. Kalachnikov, and N. P. Kalashnikov, “Relation between the Young’s Modulus in Hooke’s Law and the Binding Energy of a Single Atom in Solid,” *Int. J. Adv. Res. Phys. Sci.*, vol. 5, no. 12, pp. 38–40, 2018.
- [23] Z. Yin and L. Xu, “Finite element analysis and optimization design of paper cutter cutting blade based on ANSYS,” in *Proceedings International Conference on Robots and Intelligent System*, 2018, pp. 475–478.
- [24] Z. Abidin and B. R. Rama, “Analisa Distribusi Tegangan Dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100 Cc Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Rekayasa Mesin Univ. Sriwij.*, vol. 15, no. 1, pp. 30–39, 2015.
- [25] J. Pratama and M. Mahardika, “Finite element analysis to determine the stress distribution, displacement and safety factor on a microplate for the fractured jaw case,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1941, pp. 1–7, 2018.
- [26] S. H. Pranoto and M. Mahardika, “Design and finite element analysis of micro punch CNC machine modeling for medical devices,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1941, 2018.