

ANALISA KEKUATAN RANGKA AUTOMATIC POTATO CUTTING MACHINE FRAME MENGGUNAKAN SIMULASI SOLIDWORKS

M Edi Pujianto*, Muhammad Subri, Abdul Rohman Sani

Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kedungmundu Raya No.18, Semarang, 50273

*Email: edipujianto@unimus.ac.id

Abstrak

Indonesia adalah negara dengan komoditas pertanian yang melimpah. Salah satu komoditas pertanian yang banyak dimanfaatkan adalah kentang. Olahan makanan berbahan kentang biasanya adalah kentang goreng berbentuk stik. Banyak dijumpai di pasar alat pemotong kentang berbentuk stik yang masih manual. sehingga untuk pekerjaan jangka panjang menjadi mudah lelah, membutuhkan tenaga yang cukup besar, dan berisiko lengan terkilir akibat beban yang berat. Perancangan mesin pemotong kentang otomatis berbentuk stik dalam proses pembuatannya desain rangka merupakan kekuatan inti suatu mesin. Maka rancangan rangka tersebut perlu diketahui kekuatan konstruksinya berupa nilai tegangan, deformasi, dan faktor keamanan menggunakan simulasi metode elemen hingga dengan bantuan software Solidworks. Rangka dibuat dengan 3 model untuk mendapatkan data kemampuan atau kekuatan yang baik dan menghasilkan desain konstruksi yang aman. Hasil simulasi Model 1, model 2, dan model 3 tegangan maksimal menghasilkan nilai sebesar 147,96 MPa, 156,68 MPa, dan 104,45 MPa. Nilai Deformasi dari hasil simulasi didapatkan untuk model 1 model 2 dan model 3 adalah 0,751 mm, 1,819 mm dan 0,7590 mm. Sementara untuk nilai faktor keamanan pada rangka model 1 model 2 dan model 3 didapatkan sebesar 1,217, 1,149 dan 2,393. Desain rangka model 3 dari hasil simulasi tegangan, nilai deformasi, dan faktor keamanan menunjukkan keamanan yang lebih baik. Sehingga geometri desain rangka mesin pemotong kentang yang terbaik adalah pada model 3.

Kata kunci: Rangka, Simulasi, Tegangan, Deformasi, Keamanan

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan komoditas pertanian yang melimpah. Salah satu komoditas pertanian yang banyak dimanfaatkan adalah kentang. Berdasarkan data dari badan pusat statistik yang telah dihimpun oleh Dkatadata.co.id produksi kentang di Indonesia mencapai 1,36 juta ton pada 2021. Produksi kentang meningkat 6,1% dari tahun 2020 sebelumnya mencapai 1,28 juta ton yang mengalami penurunan produksi akibat pandemi covid 19. Namun jika dilihat dari tahun sebelumnya produksi kentang terus meningkat hingga di tahun 2017-2019 mencapai 1,16 - 1,31 juta ton per tahun. Konsumsi kentang sebagai bahan pangan berkembang cepat. Olahan makanan yang terbuat dari kentang sangat beraneka macam seperti donat berbahan kentang, kroket kentang, keripik kentang, sop, dan kentang goreng (*french fries*) dengan bentuk stik. Olahan stik kentang banyak disukai oleh masyarakat khususnya pemuda dan anak-anak (Rabbani, 2016).

Banyak dijumpai di pasar alat pemotong kentang berbentuk stik yang masih manual. (Wibowo, 2015) membuat perancangan alat pemotong kentang manual dengan cara kerja ditekan pada tuas yang kemudian meneruskan gaya untuk mendorong kentang ke mata pisau. Dari hasil percobaannya pemotong kentang membutuhkan gaya pendorong 8 Kg yang artinya lengan harus menekan tuas sebanyak gaya tersebut. sehingga untuk pekerjaan jangka panjang menjadi mudah lelah, membutuhkan tenaga yang cukup besar, dan berisiko lengan terkilir akibat beban yang berat. Dari kekurangan tersebut penulis tertarik untuk membuat perancangan mesin pemotong kentang berbentuk stik otomatis.

Dalam perancangan mesin desain rangka adalah kekuatan inti suatu mesin. Rangka merupakan suatu konstruksi tersusun atas struktur besi yang digunakan sebagai penghubung suatu dengan yang lainnya dalam menahan gaya luar secara bersamaan (Pratomo, 2019). Maka rancangan struktur

tersebut perlu diketahui kekuatan kontraktsinya berupa nilai tegangan dan deformasi yang dapat dilakukan menggunakan metode eksperimen dan simulasi. Metode eksperimen yang dilakukan secara nyata dapat mengetahui kekuatan suatu material namun membutuhkan biaya yang tinggi (Sitompul & Hanafi, 2018). Hal tersebut perlu adanya proses pengujian yang lebih mudah dan cepat dalam mendapatkan hasil yang diinginkan menggunakan dimensi material yang minimalis namun mampu terhadap tegangan dan deformasi yang diberikan mengakan simulasi dengan bantuan *software* (Hasyim, 2020).

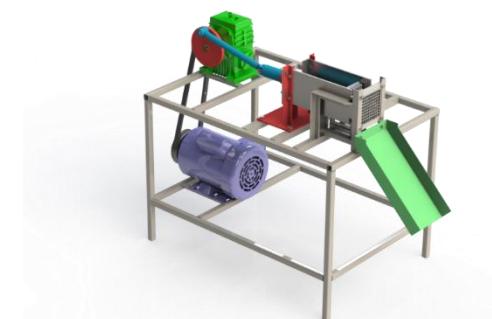
Analisis kekuatan struktur dari persoalan suatu desain dapat diselesaikan menggunakan metode elemen hingga (Rasyid, 2017). Metode elemen hingga merupakan proses mendiskritkan struktur menjadi bagian kecil tetapi terbatas pada suatu elemen dengan pembebasan berupa gravitasi, statis, dinamis, dan termal dapat diterapkan pada permukaan elemen atau di nodal elemen (Saputra & Nurzaen, 2017). Hasil analisa mengakan software berbasis metode elemen hingga tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian metode eksperimental secara langsung. sehingga keuntungan lainnya akan mempercepat proses perancangan dan mendapatkan analisa kekuatan konstruksi yang baik (Sutikno, 2011).

Analisis melalui simulasi software sudah banyak dilakukan oleh peneliti yang hasilnya sebagai acuan dalam menentukan keamanan dari suatu produk (Hardiputra et al., 2018). Keamanan dari produk yang dihasilkan dapat dinyatakan aman ketika memenuhi syarat faktor keamanan. Nilai faktor keamanan dapat dipengaruhi dari tegangan (Rosa, 2017). Nilai tegangan dan deformasi yang aman dapat digunakan untuk menentukan faktor biaya konstruksi sehingga lebih efisien dalam perancangan pembuatan mesin pemotong kentang berbentuk stik. Serta diharapkan dapat dijangkau industri kecil dan menengah. Analisa struktur rangka dilakukan menggunakan bantuan software Solidworks education 2021 dengan memberikan beban statis akibat gaya berat dari komponen-komponen mesin yang dimuat di atas rangka struktur. Oleh karena itu penelitian yang dilakukan diharapkan mampu untuk

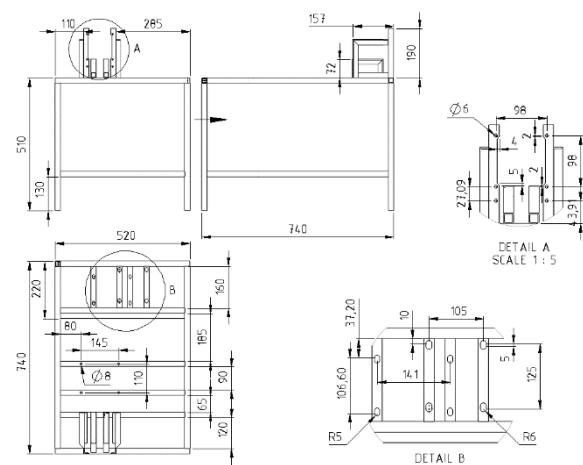
mendapatkan data kemampuan atau kekuatan yang baik dan menghasilkan desain konstruksi yang aman.

METODE PENELITIAN

Perancangan mesin pemotong kentang otomatis dalam mendesain membutuhkan analisa seperti perhitungan tegangan pada struktur rangka akibat beban dari komponen atau beban yang lain sesuai fungsi dari mesin tersebut seperti yang ditunjukkan Gambar 1. Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga yang dialias melalui bantuan software Solidworks education 2021 dengan variabel perancangan rangka.



Gambar 1. Desain Mesin Pemotong Kentang.



Gambar 2. Ukuran Mesin Pemotong Kentang.

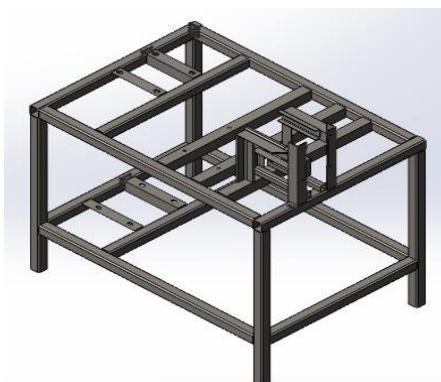
Tahap Pertama yang dilakukan pengumpulan jurnal penelitian, publikasi ilmiah, buku-buku terkait dengan topik penelitian, dan pengumpulan data terkait rancangan geometri dan ukuran dalam pembuatan rangka mesin pemotong kentang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Tahap kedua melakukan pemodelan 3D menggunakan fitur *weldment* pada Solidworks untuk membuat struktur rangka dengan 3 model perancangan. Seperti yang ditunjukkan Gambar 3. Perbedaan model 1 menggunakan struktur besi hollow 30x30x2 mm dan besi siku 30x30x3 mm, model 2 menggunakan struktur besi hollow 20x20x2 mm dan besi siku 20x20x3 mm, sementara pada model 3 menggunakan struktur yang sama dengan model 2 dengan perbedaan penambahan geometri pada sisi dan tengah rangka mesin. Setelah pemodelan 3D dilakukan *meshing* atau diskritisasi model diperlukan untuk membagi struktur menjadi elemen-elemen berhingga yang digunakan untuk perhitungan.

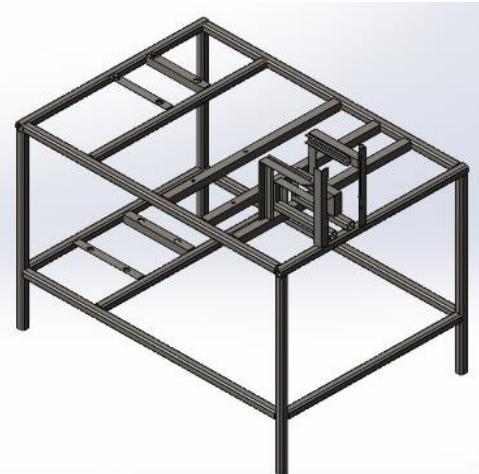
Tabel 1. Meshing information detail

	Model 1	Model 2	Model 3
Mesh type	Solid Mesh	Solid Mesh	Solid Mesh
Maximum element size	11,6523 mm	11,6523 mm	11,6523 mm
Minimum element size	0,582617 mm	0,582617 mm	0,582617 mm
Mesh Quality	High	High	High
Total Nodes	1.870.21	1.569.65	1.835.71
Total Elements	926.301	777.127	908.932

Dalam pemodelan *meshing* menggunakan fitur *Mesh Control* untuk membuat pembagian antar elemen sesuai geometri model struktur. Tabel 1. Menunjukkan *Meshing information detail* yang digunakan dalam simulasi.



(a) model 1



(b) model 2



(c) model 3.

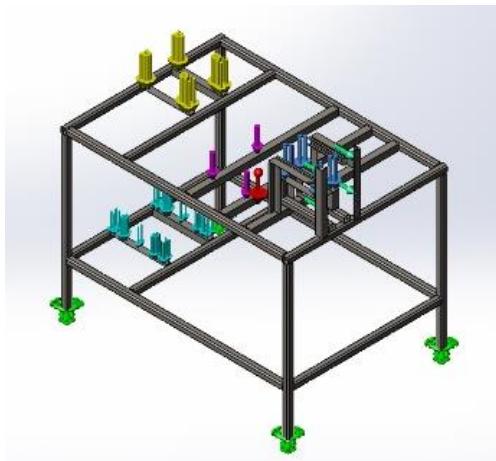
Gambar 3. Rangka Mesin Pemotong Kentang.

Tahap Ketiga yaitu menerapkan kondisi batas yang mencakup beban yang diberikan (gaya beban), tumpuan, dan jenis material. pemberian beban pada rangka sesuai dengan Tabel 2. dan tumpuan yang diberikan adalah *fix clamp* pada masing-masing kaki rangka. Penerapan material untuk besi hollow menggunakan material AISI 1010 dengan *Yield Strength* (σ_y) sebesar 180 MPa. sementara pada besi siku menggunakan jenis material ASTM A36 dengan *Yield Strength* (σ_y) sebesar 250 MPa. Gambar 4 menunjukkan kondisi batas yang diberikan pada rangka dengan penerapan di semua model adalah sama.



Tabel 2. Gaya beban pada rangka mesin

Komponen dan momen gaya	Massa (kg)	Massa total (kg)	Gaya beban (N)
Motor Listrik 1	3,86	3,86	135,9666
HP + pulley			
Gear box 50	8,03	8,03	78,7743
WPA + pulley			
Piston Hole	2,2	2,2	21,582
Stand + Tuas			
Piston			
Line Punch +	5,93	5,93	58,1733
Piston Pucnh			
Gaya dorongan kentang ke mata pisau	8	8	78,48

**Gambar 4. kondisi batas gaya beban dan tumpuan.**

Tahap keempat analisa hasil yang didapat dari perhitungan *software Solidworks* menggunakan simulasi metode elemen hingga. Hasil yang didapat berupa tegangan maksimum atau *von mises*, deformasi, dan faktor keamanan (*factory of safety*) pada rangka mesin pemotong kentang. Kriteria tegangan maksimum didasari pada teori *Von Mises-Hencky* yaitu teori energi geser atau teori energi distorsi maksimum dalam tegangan utama σ_1 , σ_2 , σ_3 yang dapat dinyatakan persamaan sebagai berikut: (Ferroudji et al., 2014).

$$\sigma_{\text{von mises}} = \left\{ \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 \right] / 2 \right\}^{1/2} \quad \text{pers. 1}$$

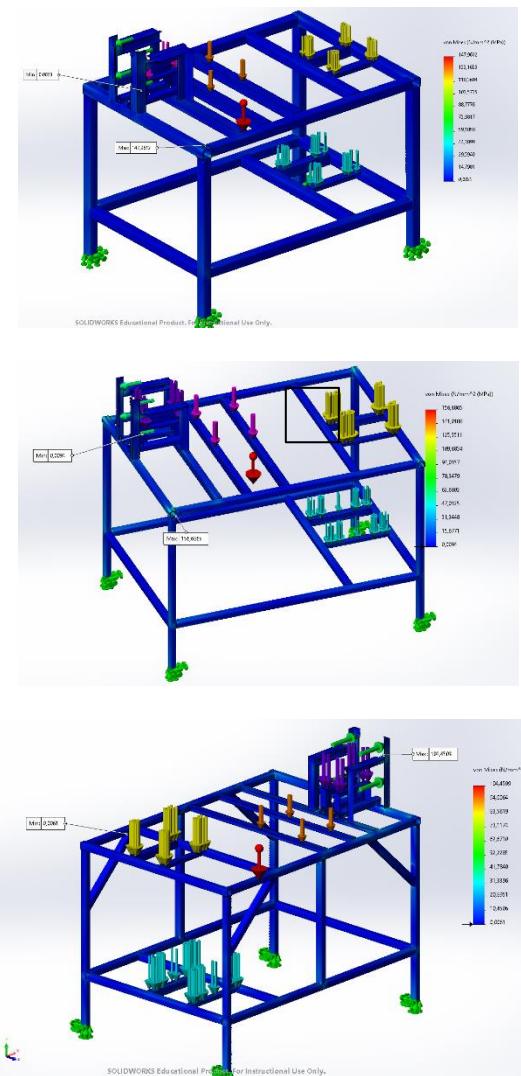
Desain dapat dikatakan gagal apabila

nilai tegangan yang dihasilkan lebih besar dari nilai *yield strength*. Maka nilai *factory of safety (FOS)* harus lebih dari 1 atau $FOS > 1$ (Hasyim, 2020). Secara matematis dapat dinyatakan persamaan sebagai berikut.

$$FOS = \sigma_{\text{Limits}} / \sigma_{\text{von mises}} \quad \text{pers. 1}$$

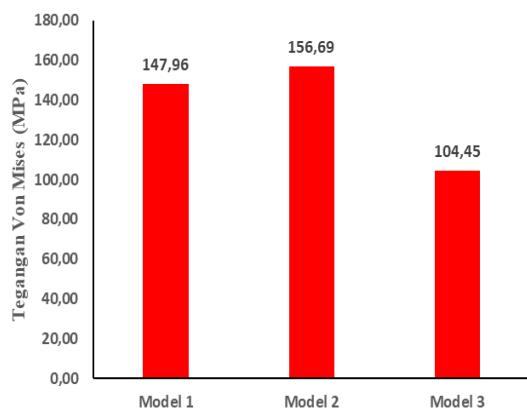
Faktor keamanan adalah faktor penentu yang digunakan untuk menilai kegagalan suatu struktur mesin. Kegagalan struktur dapat berarti bahwa tegangan yang terjadi telah melebihi nilai batas kemampuan material yang diharapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

**Gambar 5. Tegangan von mises pada rangka. (a) model 1, (b) model 2, (c) model 3.**

Tegangan maksimal atau *von mises* didefinisikan sebagai tegangan yang dapat menghasilkan energi distorsi yang sama dengan hasil kombinasi tegangan yang bekerja (Gdoutos, 2005). Teori von mises telah digunakan secara meluas oleh para insinyur desain untuk mempresentasikan hasil mereka dengan mengevaluasi keamanan desain (Ferroudji & Khelifi, 2021).

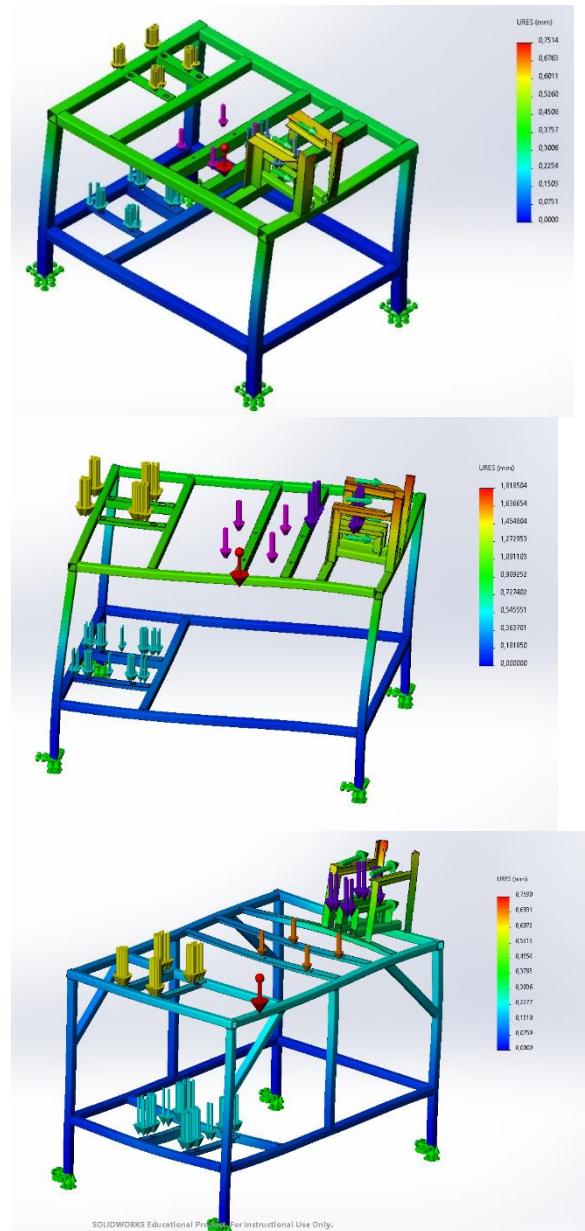
Hasil simulasi dari analisis metode elemen hingga pada komponen rangka mesin pemotong kentang dari rangka model 1 dan 2 terhadap gaya beban menunjukkan tegangan maksimal ($\sigma_{\text{von mises}}$) sebesar 147,96 MPa dan 156,68 MPa pada titik node besi hollow. kemudian untuk tegangan *von mises* yang terjadi pada rangka model 3 terhadap beban yang sama didapat nilai tegangan maksimal sebesar 104,45 MPa pada titik node besi siku. Hasil tersebut ditunjukkan pada Gambar 5. Distribusi tegangan maksimal pada model 1 dan model 2 berada pada besi hollow. Sementara distribusi maksimal model 3 terjadi pada besi siku yang digunakan sebagai tumpuan untuk mata pisau pemotong kentang. Besarnya gaya yang diberikan terhadap rangka mempengaruhi besarnya tegangan (Pranoto & Mahardika, 2018). Tegangan von mises yang telah mencapai tingkatan kekuatan luluh suatu bahan dikatakan luluh (Prasetiyo & Sekarjati, 2022).



Gambar 6. Grafik Tegangan von mises.

Dari hasil simulasi untuk rangka model 3 lebih kecil tegangan *von mises* dari model 1 dan 2 hal tersebut ada penambahan besi hollow yang ditempatkan di beberapa titik pada rangka dengan fungsi untuk penambahan

tumpuan akibat dari beban gaya dorong kentang ke mata pisau. Perbandingan nilai tegangan tersebut dapat dilihat dari grafik Gambar 6. Temuan tersebut menandakan bahwa Perbedaan ketebalan material dan geometri pada rangka sangat mempengaruhi besarnya tegangan terhadap beban gaya yang diberikan.



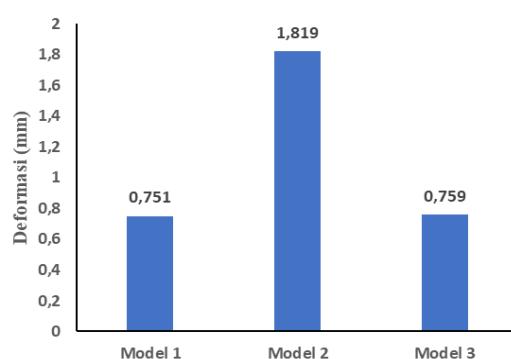
Gambar 7. Hasil Deformasi pada rangka.
(a) model 1, (b) model 2, (c) model 3.

Nilai dari tegangan maksimal pada model 1 dan 2 sudah mendekati nilai *yield strength* material karbon rendah AISI grade

1010 besi hollow yaitu sebesar 180 MPa. Berbeda dari model 3 untuk tegangan maksimal terjadi pada titik node besi siku masih jauh dari nilai *yield strength* material ASTM A36 yaitu sebesar 250 MPa. Temuan tersebut dari hasil simulasi menandakan bahwa untuk desain rangka yang terbaik adalah rangka model 3.

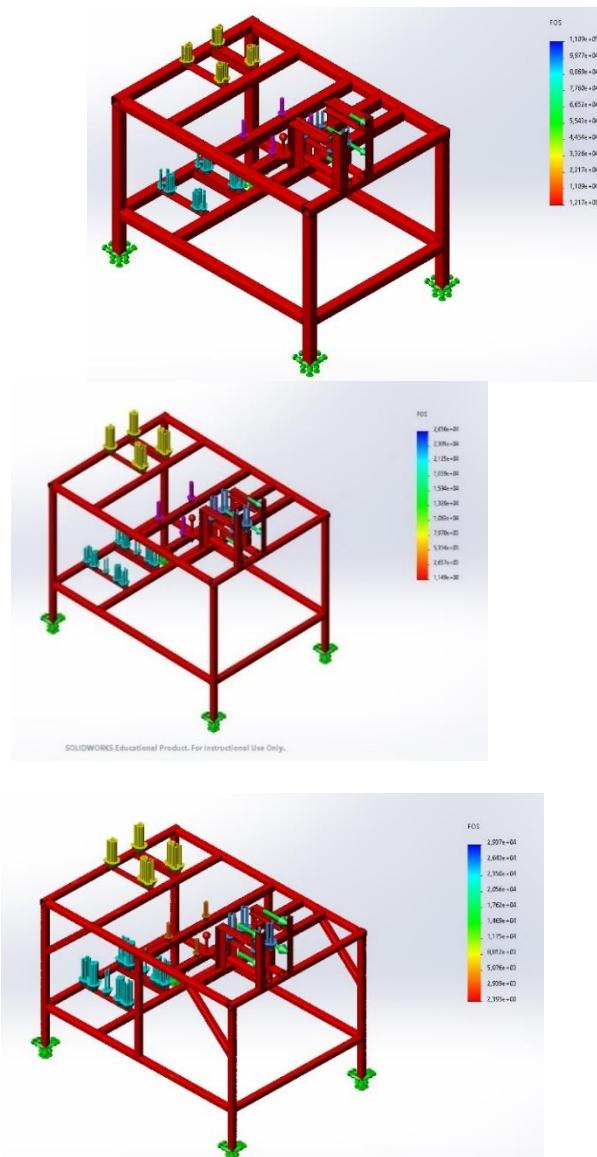
Deformasi adalah penambahan panjang atau perubahan bentuk dari bahan terjadi apabila suatu bahan menahan energi akibat mengalami gaya yang bekerja (Wibawa, 2019). Dari hasil simulasi pada rangka mesin pemotong kentang model 1 nilai deformasi maksimal akibat beban gaya adalah sebesar 0,751 mm. model 2 nilai deformasi maksimal sebesar 1,819 mm. Sementara pada rangka model 3 didapatkan deformasi maksimal yang terjadi sebesar 0,7590 mm. Hasil simulasi dari nilai deformasi dapat dilihat pada Gambar 7.

Perbedaan ketebalan material yang digunakan pada model 1 dan model 2 mempengaruhi hasil. Semakin kuat rangka deformasi akan semakin kecil. Berbeda dengan model 3, penambahan geometri membuat deformasi menurun. Deformasi dari simulasi rangka mesin pemotong kentang paling maksimal pada model 2. Dari analisa tersebut dapat dinyatakan tidak aman. Hal tersebut sesuai yang dikatakan (Mott, 2004) dalam bukunya berjudul *Machine Elements in Mechanical Design* yaitu pada batas minimum sebesar 0,000254 mm/mm panjang batang. Sehingga didapat batas deformasi maksimum yang diijonkan adalah tidak lebih dari 1,009904 mm. Sementara untuk model 2 dan 3 masih dinyatakan aman untuk nilai deformasinya. Perbandingan nilai deformasi dapat dilihat pada grafik Gambar 8.



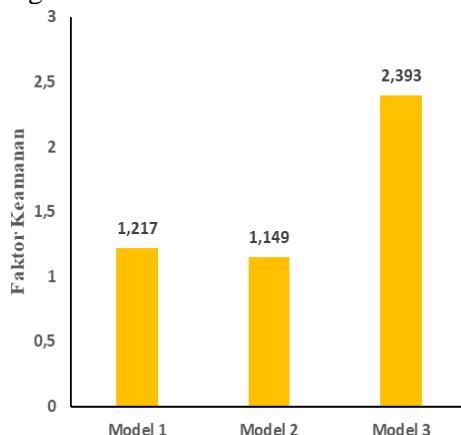
Gambar 8. Grafik Deformasi pada rangka.

Faktor keamanan adalah faktor penentu yang digunakan untuk menilai kegagalan suatu struktur mesin. Kegagalan struktur dapat berarti bahwa tegangan yang terjadi telah melebihi nilai batas kemampuan material yang diharapkan. Hasil dari analisa simulasi rangka mesin pemotong kentang pada model 1 dan 2 didapatkan nilai Faktor keamanan (*FOS*) 1,217 dan 1,149. Sementara untuk rangka mesin pemotong kentang model 3 didapatkan nilai Faktor keamanan adalah sebesar 2,393. Gambar 9. menunjukkan simulasi dari faktor keamanan.



Gambar 9. Hasil Faktor keamanan.
(a) model 1, (b) model 2 (c) model 3.

Faktor keamanan (*FOS*) dinyatakan aman apabila nilai yang didapatkan lebih dari 1 ($FOS > 1$). Analisa simulasi pada rangka mesin pemotong kentang didapatkan untuk model 1, model 2, dan model 3 masih dinyatakan aman dengan hasil untuk nilai Faktor keamanan masih berada pada nilai yang diizinkan yaitu di atas nilai 1. Namun pada rangka model 3 nilai *FOS* lebih besar dari rangka model 1 dan 2 seperti yang ditunjukkan pada grafik Gambar 10. Hal tersebut menandakan untuk model yang paling aman adalah rangka model 3.



Gambar 10. Grafik Faktor Keamanan pada rangka.

PENUTUP Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa rangka mesin pemotong kentang menggunakan simulasi Solidworks dapat disimpulkan bahwa: Tegangan *von mises* akibat dari gaya beban pada model 1 model 2 dan model 3 didapatkan dengan nilai sebesar 147,96 MPa, 156,68 MPa, dan 104,45 MPa. Nilai Deformasi dari hasil simulasi didapatkan untuk model 1 model 2 dan model 3 adalah 0,751 mm, 1,819 mm dan 0,7590 mm. Sementara untuk nilai faktor keamanan pada rangka model 1 model 2 dan model 3 didapatkan sebesar 1,217, 1,149 dan 2,393. Dari hasil analisa tersebut untuk semua model rangka masih dinyatakan aman terhadap tegangan dan faktor keamanan yang terjadi pada rangka. Namun untuk nilai deformasi menunjukkan nilai kurang aman yang terjadi pada model 2. sementara untuk rangka model 3 dari tegangan, nilai deformasi,

dan faktor keamanan menunjukkan keamanan yang lebih baik. Sehingga geometri desain rangka mesin pemotong kentang yang terbaik adalah pada model 3.

DAFTAR PUSTAKA

- Ferroudji, F., & Khelifi, C. (2021). Structural Strength Analysis and Fabrication of a Straight Blade of an H-Darrieus Wind Turbine. *Journal Of Applied and Computational Mechanic*, 7(3), 1276–1282.
<https://doi.org/10.22055/JACM.2020.31452.1876>
- Ferroudji, F., Ouattas, T., & Khélifi, C. (2014). Design , Modeling and Finite Element Static Analysis of a New Two Axis Solar Tracker Using SolidWorks / COSMOSWorks. *Applied Mechanics and Materials*, 446–447, 738–743.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.446-447.738>
- Gdoutos, E. . (2005). Fracture mechanics An Introduction second Edition. In *Materials Today* (Vol. 123, Nomor 5).
[https://doi.org/10.1016/s1369-7021\(05\)00848-5](https://doi.org/10.1016/s1369-7021(05)00848-5)
- Hardiputra, F., Djafar, A., & Sulistijono. (2018). Perancangan As Roda Troli Pemanjat Tangga Berdasarkan Analisis Tegangan dan Faktor Keamanan. *PROSIDING SNITT POLTEKBA*, 04, 312–316.
https://jurnal.polines.ac.id/index.php/bangun_rekaprima/article/view/1199
- Hasyim, F. (2020). Analisa Kekuatan Struktur Pada Desain Mesin Pembubur Kertas Menggunakan Finite Element Analysis Software Catia V5R19. *Universitas Negeri Semarang*.
- Mott, R. L. (2004). Machine elements in mechanical design. [https://doi.org/10.1016/0301-679x\(87\)90097-1](https://doi.org/10.1016/0301-679x(87)90097-1)
- Pranoto, S. H., & Mahardika, M. (2018). Design and finite element analysis of micro punch CNC machine modeling for medical devices. *AIP Conference Proceedings* 1941, 020021.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1063/1.5028079> Published
- Prasetyo, A. B., & Sekarjati, K. A. (2022). Finite Element Simulation of Power

- Weeder Machine Frame. Indonesian Journal of Computing, Engineering, and Design, 4(2), 25–34.
- Pratomo, J. (2019). Analisa Numerik Pembebanan Statis Pada Rangka Mesin Penghancur Limbah Kayu Kapasitas 15 Kg/Jam. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Rabbani, A. (2016). Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Unit Pemotong Kentang Berbentuk Stik (French Fries). Universitas Brawijaya.
- Rasyid, M. K. (2017). Desain dan Pengembangan Engsel Pintu Menggunakan Aplikasi Metode Elemen Hingga. Jurnal Teknik Mesin ITI, 1(1). <https://doi.org/10.31543/jtm.v1i1.23>
- Rosa, F. (2017). Perhitungan Diameter Poros Penunjang Hub Pada Mobil Listrik Tarsius X3 Berdasarkan Analisa Tegangan Geser dan Faktor Keamanan. Machine; Jurnal Teknik Mesin, 3(2), 30–34.
- Saputra, R., & Nurzaen, H. (2017). Analisis Tegangan Connecting Rod Pada Mobil Tipe X Dengan Menggunakan Metode Numerik. Bina Teknika, 13(2), 179–187. <https://doi.org/10.54378/bt.v13i2.217>
- Sitompul, S. A., & Hanafi, A. (2018). Analisis Tabrak Burung Pada Leading Edge Dengan Metode Elemen Hingga. 24–29.
- Sutikno, E. (2011). Analisis Tegangan Akibat Pembebanan Statis Pada Desain Carbody TeC Railbus dengan Metode Elemen Hingga. Jurnal Rekayasa Mesin, 2(1), 65–81.
- Wibawa, L. A. N. (2019). Desain Dan Analisis Tegangan Crane Hook Model Circular Section Kapasitas 5 Ton Menggunakan Autodesk Inventor 2017. Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer, 10(1), 27–32. <https://doi.org/10.24176/simet.v10i1.2669>
- Wibowo, A. C. (2015). Perancangan Alat Pemotong Kentang. Universitas Negeri Yogyakarta.