

DESAIN PERANCANGAN MESIN CETAK RENGGINANG BERBASIS SIMULASI

Irwan Aranda^{1,a*}, Silviana Simbolon^{2,b*}, Herlono Mawardi Purnomo³,

Elvin Cinta Kasih Gulo⁴, Suciati Muanifah⁵, Muhammad Yunus⁶

^{1,2,3,4,6}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

⁵Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Pamulang

E-mail : ^adosen01281@unpam.ac.id, ^bdosen01923@unpam.ac.id

Masuk : 26 Agustus 2025

Direvisi : 8 September 2025

Disetujui : 20 September 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis mesin cetak rengginang dengan kapasitas produksi 10 kg/jam menggunakan pendekatan simulasi *SolidWorks*. Kapasitas mesin dihitung menghasilkan 333 keping rengginang per jam dengan siklus operasi sebanyak 84 siklus per jam dan gaya tekan aktuator sebesar 3600 N. Kekuatan sambungan pengelasan dianalisis dengan luas penampang titik las sebesar $961 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, menghasilkan tegangan geser sebesar 7,14 MPa dan faktor keamanan sambungan las sebesar 14,00. Simulasi struktur menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* menunjukkan nilai *stress* sebesar 0,3744 MPa, *displacement* sebesar 0,009212 mm, dan faktor keamanan sebesar 668,3. Hasil perhitungan teoritis menunjukkan *stress* sebesar 1,531 MPa, *displacement* 0,001378 mm, dan faktor keamanan 163,3. Perbedaan hasil simulasi dan teoritis mengindikasikan bahwa desain mesin telah memenuhi aspek kekuatan dan keamanan dengan efisiensi tinggi. Studi ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan mesin cetak rengginang yang aman, efisien, dan optimal dalam produksi.

Kata kunci: Mesin Cetak Rengginang, Kapasitas Produksi, Simulasi *Solidworks*, Kekuatan Sambungan Las, Faktor Keamanan.

Abstract: This study aims to design and analyze a rengginang printing machine with a production capacity of 10 kg/hour using SolidWorks simulation. The machine capacity is calculated to produce 333 rengginang pieces per hour with an operating cycle of 84 cycles per hour and an actuator pressing force of 3600 N. The weld joint strength was analyzed with a weld spot area of $961 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, resulting in a shear stress of 7.14 MPa and a weld joint safety factor of 14.00. Structural simulation using SolidWorks showed a stress value of 0.3744 MPa, displacement of 0.009212 mm, and a safety factor of 668.3. The theoretical calculations indicated a stress of 1.531 MPa, displacement of 0.001378 mm, and a safety factor of 163.3. The differences between simulation and theoretical results indicate that the machine design meets strength and safety requirements with high efficiency. This study provides a solid foundation for developing a safe, efficient, and optimal rengginang printing machine.

Keywords: Rengginang Printing Machine, Production Capacity, Solidworks Simulation, Weld Joint Strength, Safety Factor.

PENDAHULUAN

Industri makanan tradisional, khususnya produksi rengginang, menghadapi tantangan dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produk secara konsisten. Mesin cetak rengginang menjadi komponen penting dalam proses produksi yang memengaruhi kapasitas produksi, kualitas hasil akhir, serta biaya operasional. Oleh karena itu, perancangan mesin cetak yang efisien dan kuat secara struktural sangat diperlukan untuk mendukung peningkatan produktivitas dan daya saing produk di pasar [1]. Untuk saat ini, dari berbagai pelaku usaha rengginang, khususnya di wilayah Tangerang Selatan, pada umumnya masih memproduksi secara konvensional dengan mencetak manual menggunakan tangan. Proses produksi tersebut menghadapi banyak tantangan seperti produktivitas yang rendah, waktu proses yang lama, ketergantungan terhadap tenaga kerja, aspek higienitas yang kurang terjamin, serta kesulitan skalabilitas dalam menghadapi permintaan pasar. Oleh karena itu, kebutuhan terhadap mesin cetak rengginang tinggi.

Hingga saat ini, ketersediaan mesin cetak rengginang yang ekonomis masih sangat terbatas sehingga mayoritas pelaku usaha lebih memilih menggunakan metode konvensional. Salah satu desain mesin cetak rengginang dikembangkan oleh Iskandar et al. (2020) [2]. Dari pengujian yang dilakukan terkait perancangan dan pembuatan cetakan rengginang tersebut, diperoleh hasil cetakan rengginang yang jauh lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional dengan peningkatan efisiensi sebesar 82,8%. Hasil ini diperoleh karena proses pencetakan yang mudah sehingga proses produksi jauh lebih cepat dibandingkan pencetakan konvensional. Meskipun terjadi peningkatan produk, pada penelitian tersebut pengembangan hanya dilakukan pada bagian cetakan, sementara proses pencetakan masih dilakukan secara manual dengan tenaga manusia.

Keterbatasan perancangan alat cetak rengginang, khususnya yang bersifat semiotomatis maupun *full* otomatis, masih sangat signifikan, sehingga membuka peluang besar untuk pengembangan mesin tersebut sebagai upaya peningkatan produksi UMKM. Di sisi lain, meskipun beberapa desain mesin cetak rengginang telah digunakan oleh pelaku usaha, kajian terkait kekuatan dan keandalan komponen, durabilitas, efisiensi daya dan konsumsi energi, higienitas dan aspek keselamatan, tinjauan ekonomi dari aspek fabrikasi alat dan produksi rengginang, serta uji validasi dan konsistensi produk masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian terkait perancangan alat cetak rengginang diperlukan agar diperoleh desain yang optimal serta terjangkau bagi pelaku usaha.

Agar diperoleh desain yang optimal dari suatu perancangan mesin, pada umumnya dilakukan proses simulasi terlebih dahulu, baik simulasi secara mekanik terkait desain mesin maupun simulasi aspek ekonomi dari proses produksi. Dari aspek mekanik, pengembangan dan optimasi desain mesin menggunakan simulasi berbasis perangkat lunak seperti *SolidWorks* [3] telah menjadi metode yang efektif dalam mengevaluasi kekuatan material dan perilaku mekanik komponen sebelum proses produksi fisik dilakukan [4], [5]. Simulasi numerik memungkinkan identifikasi titik lemah pada struktur rangka dan sambungan las, serta prediksi deformasi yang terjadi akibat beban kerja, sehingga perbaikan desain dapat dilakukan lebih awal tanpa memerlukan biaya besar untuk *prototyping* [6]–[8]. Pada proses fabrikasi yang lebih maju, penggunaan *3D printing* memungkinkan proses manufaktur yang lebih kompleks dan dapat mengurangi titik lemah struktur akibat proses pengelasan [9], [10]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin cetak rengginang berbasis simulasi menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* 2020. Pada hasil juga akan dilakukan analisis perhitungan secara sistematis mengenai nilai-nilai beban dan *safety factor* pada mesin pencetak rengginang menggunakan desain yang dikembangkan dalam penelitian ini.

METODOLOGI

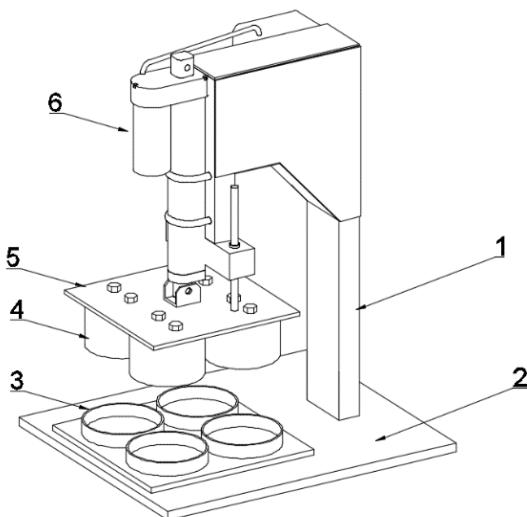
Pada penelitian ini dilakukan pembuatan desain awal mesin cetak rengginang menggunakan perangkat lunak CAD (*Computer-Aided Design*), yaitu *SolidWorks* 2020. Dimensi dan material dipilih berdasarkan standar ASTM A36 untuk rangka mesin agar memenuhi syarat kekuatan dan kestabilan. Selanjutnya dilakukan simulasi struktur dan analisis kekuatan menggunakan fitur *SolidWorks Simulation* untuk menganalisis tegangan (*stress*), perpindahan

(*displacement*), dan faktor keamanan (*safety factor*) pada komponen rangka dan sambungan pengelasan saat menerima beban kerja. Hasil simulasi digunakan untuk memvalidasi desain agar sesuai dengan standar keamanan dan kekuatan.

Setelah itu dilakukan perhitungan kapasitas produksi melalui analisis manual berdasarkan jumlah produksi per jam, siklus operasi, dan gaya tekan aktuator yang diperlukan untuk mencetak rengginang secara efisien. Selanjutnya dilakukan perhitungan akhir terhadap faktor keamanan alat untuk memastikan tingkat keamanan selama penggunaan, khususnya dalam jangka waktu yang lama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Mesin Pencetak Rengginang



Gambar 1. Mesin Pencetak Rengginang

Tabel 1. Jumlah Komponen pada Alat Pencetak Rengginang

Komponen	Keterangan
<i>Frame</i>	1
<i>Base frame</i>	1
<i>Mold bahan</i>	4
<i>Press molding</i>	4
<i>Base mold</i>	1
Aktuator elektrik	1

3.2 Pemilihan Bahan Material

Rangka (*frame*) pada mesin ini dirancang menggunakan material baja ASTM A36, dengan profil struktur utama berupa hollow berukuran $35 \times 35 \times 3$ mm.

Tabel 2. Properties ASTM A36 Steel

Peralatan Mekanis	Metrik	Imperial
Kekuatan tarik, <i>ultimate</i>	400–550 MPa	58.000–79.800 psi
Kekuatan tarik, hasil	250 MPa	36.300 psi
Modulus elastisitas	200 GPa	29.000 ksi
Modulus curah (tipikal untuk baja)	140 GPa	20.300 ksi
Rasio Poisson	0,26	0,26
Modulus geser	79,3 GPa	11.500 ksi

3.3 Hasil Perhitungan

3.3.1 Perhitungan Kapasitas Mesin 10 kg/jam

Proses ini bertujuan menghitung seberapa besar kemampuan sebuah mesin atau sistem untuk menghasilkan produk dalam kurun waktu tertentu. Perhitungan kapasitas penting untuk mengetahui batas maksimal produksi yang bisa dicapai, sehingga perencanaan kerja, penggunaan bahan baku, dan efisiensi operasional dapat ditentukan dengan tepat sesuai kebutuhan produksi.

Tabel 3. Hasil Pengamatan

Komponen	Keterangan
1 keping rengginang	± 30 gram
Cetakan	4 cetakan
Gaya aktuator	900 N
Kecepatan	10 mm/s

3.3.2 Perhitungan Kapasitas Keping per Jam

Diketahui:

- $10 \text{ kg} = 10.000 \text{ gram}$
- $1 \text{ keping} = 30 \text{ gram}$

Rumus:

$$K_j = \frac{K_m}{K}$$

Dimana:

K_j = Kapasitas keping per jam

K_m = Kapasitas mesin

K = Keping

Perhitungan:

$$K_j = \frac{10000}{30} = 333 \text{ keping/jam}$$

3.3.3 Perhitungan Siklus per Jam

Rumus:

$$W_s = \frac{K_j}{C}$$

Dimana:

W_s = waktu siklus per jam

C = jumlah cetakan

Perhitungan:

$$W_s = \frac{333}{4} = 84 \text{ siklus/jam}$$

Waktu per siklus:

$$\frac{60}{84} = 0,71 \text{ menit} = 43 \text{ detik/siklus}$$

3.3.4 Perhitungan Gaya Tekan Aktuator

Rumus:

$$N_t = C \times N$$

Dimana:

N_t = total gaya tekan

N = gaya aktuator

Perhitungan:

$$N_t = 4 \times 900 \text{ N} = 3600 \text{ N}$$

3.3.5 Perhitungan Kekuatan Sambungan Pengelasan

Tabel 4. Hasil Pengamatan *Frame*

Komponen	Keterangan
<i>Hollow</i>	$35 \times 35 \times 3 \text{ mm}$
ASTM A36	100–150 MPa
Jenis sambungan	<i>Spot welding</i>
Panjang las	35 mm (diameter titik las)
Aktuator	300 gram
Cetakan	400 gram
Total beban	0,7 kg = 6,86 N

3.3.6 Perhitungan Luas Penampang Titik Las

Rumus:

$$A = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Dimana:

A = Luas penampang

d = Diameter las

Perhitungan:

$$\begin{aligned} A &= 3,14 \times \left(\frac{35}{2}\right)^2 \\ &= 3,14 \times (17,5)^2 \\ &= 961 \text{ mm}^2 \\ &= 961 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3.3.7 Perhitungan Tegangan Geser

Rumus:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Dimana:

τ = Tegangan geser

F = Gaya

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{6,86}{961 \times 10^{-6}} \\ &= 7,14 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3.3.8 Perhitungan Faktor Keamanan Sambungan Las

Rumus:

$$FS = \frac{\sigma i}{\tau}$$

Dimana:

FS = Faktor keamanan

σ_i = Tegangan izin

Perhitungan:

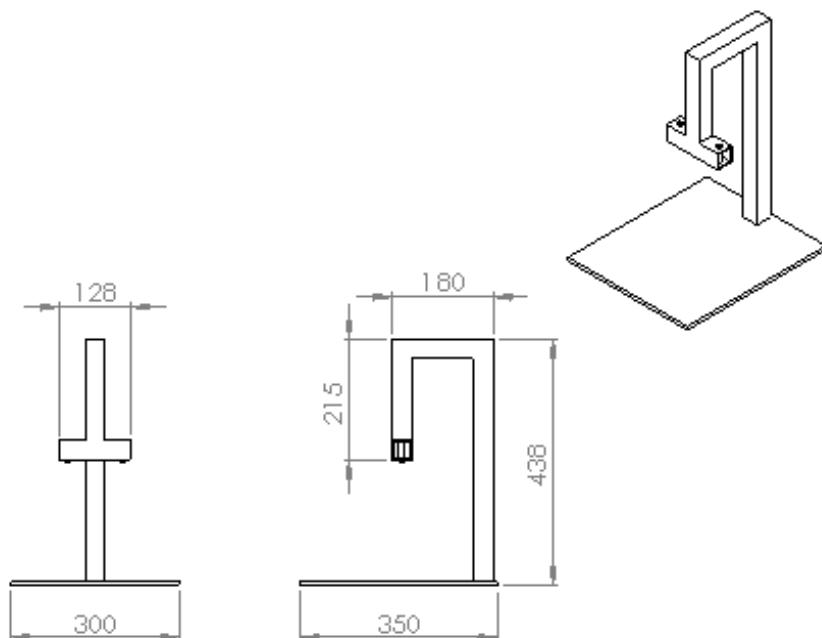
$$FS = \frac{100}{7,14}$$

$$= 14,00$$

Sambungan dinyatakan aman karena ASTM A36 dengan tegangan izin 100–150 MPa dan sambungan *spot welding* diameter 35 mm cukup kuat untuk menahan beban 700 gram.

3.4 Desain Rangka

Ukuran rangka mesin ini memiliki dimensi panjang \times lebar \times tinggi ($P \times L \times T$) yaitu $350 \times 300 \times 340$ mm. Desain rangka tersebut memiliki volume sebesar $0,0357 \text{ m}^3$. Ilustrasi bentuk rangka ditampilkan pada Gambar 2.



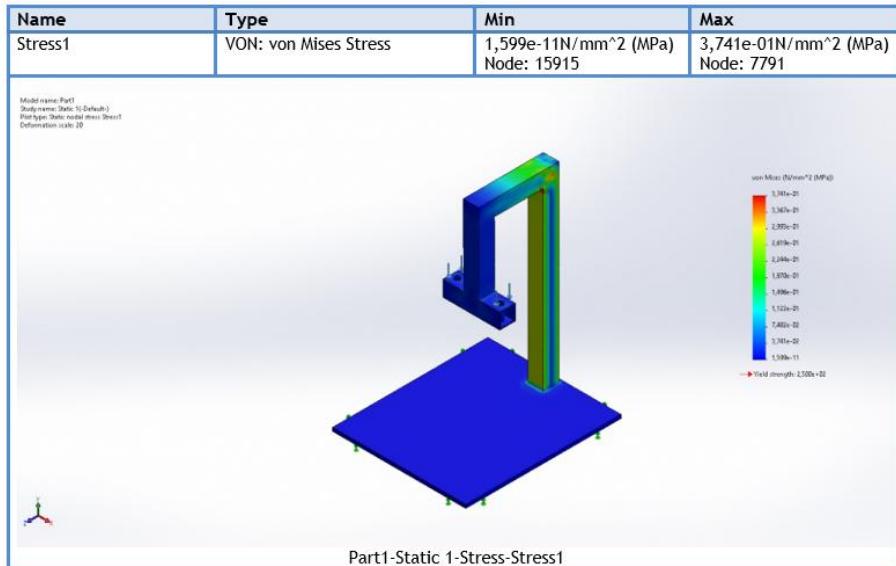
Gambar 2. Desain Teknik Rangka Alat Pencetak Rengginang

3.5 Proses Simulasi dengan SolidWorks 2020

Langkah awal simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2020 untuk menganalisis kekuatan desain berbasis model rangka 3D. Proses ini mencakup pemilihan material, penentuan titik tumpu (*fixed*), penerapan gaya (*force*), pembuatan *mesh*, serta analisis struktur.

3.5.1 Simulasi *Von Mises Stress*

Dari hasil simulasi didapatkan tegangan sebesar 0,3744 MPa sehingga gaya yang diberikan tergolong kecil (Gambar 3).

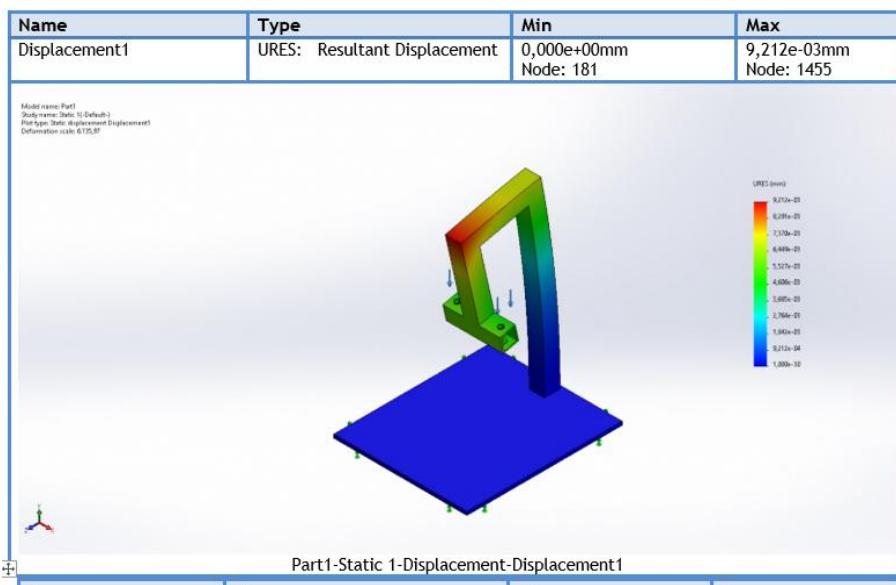
Gambar 3. Simulasi *Von Mises Stress*

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 0,3744 MPa. Nilai ini sangat kecil dibandingkan batas luluh material rangka, yaitu ASTM A36 dengan kekuatan luluh sekitar 250 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa struktur rangka mesin memiliki faktor keamanan tinggi dan jauh dari risiko kegagalan material.

Meskipun kekuatan material terpenuhi, aspek seperti kekakuan struktur, getaran selama operasi, dan defleksi pada titik tumpu tetap perlu diperhatikan untuk menjaga presisi hasil cetakan. Rangka berbahan besi *hollow* ASTM A36 dipilih karena kombinasi kekuatan tinggi, kemudahan pengelasan, ketersediaan bahan, serta biaya yang ekonomis. Dengan nilai tegangan yang sangat rendah, struktur ini dinilai aman, kokoh, dan memiliki potensi untuk dioptimalkan lebih lanjut.

3.5.2 Simulasi *Displacement*

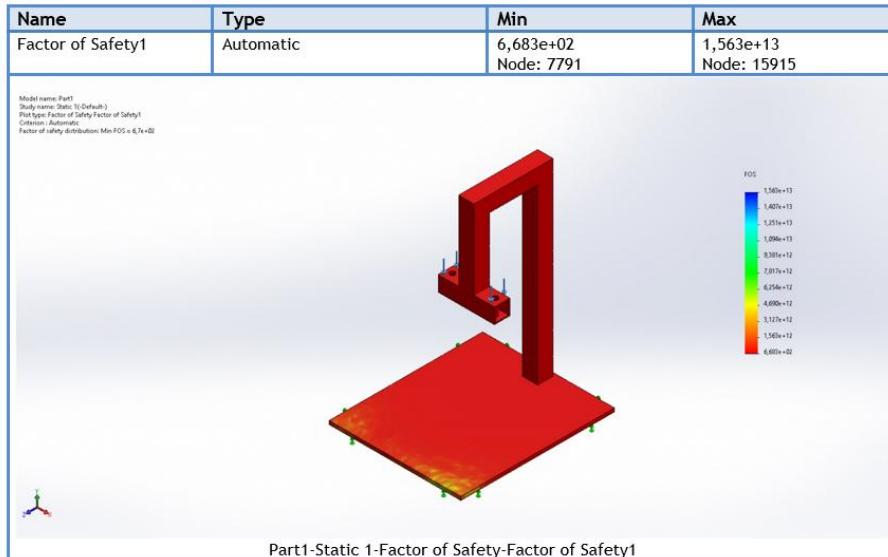
Dari hasil simulasi didapatkan perubahan bentuk sebesar 0,009212 mm (Gambar 4).

Gambar 4. Simulasi *Displacement*

Hasil analisis deformasi menunjukkan nilai *displacement* maksimum 0,009212 mm, tergolong sangat kecil dan menunjukkan kekakuan yang sangat baik. Rangka mampu menahan beban kerja dengan stabil tanpa lendutan berarti, sehingga posisi cetakan tetap presisi. Dengan nilai ini, rangka dinilai stabil, kuat, dan mampu mempertahankan performa selama operasi.

3.5.3 Simulasi *Safety Factor*

Dari hasil simulasi didapatkan nilai minimum $6,683 \times 10^2$ dan maksimum $1,563 \times 10^{13}$ (Gambar 5).



Gambar 5. Simulasi *Safety Factor*

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor keamanan rangka berada pada rentang 668,3 hingga $1,563 \times 10^{13}$. Nilai ini menunjukkan bahwa tegangan yang bekerja sangat kecil dibandingkan batas kekuatan material ASTM A36. Faktor keamanan minimum saja sudah jauh di atas standar (2–4), sehingga rangka mampu menahan beban ratusan kali lebih besar dari beban kerja aktual. Dengan demikian, desain rangka sangat aman dan masih dapat dioptimalkan untuk efisiensi material.

3.6 Perhitungan Secara Teoretis

Diketahui:

- Luas penampang (A) = $4,480 \text{ mm}^2 = 4,480 \times 10^{-6} \text{ m}^2$
- Gaya (F) = 6,86 N
- Modulus elastisitas (E) = 200 GPa = $200 \times 10^9 \text{ Pa}$
- Tegangan leleh (σ_{yield}) = 250 MPa = $2,5 \times 10^8 \text{ Pa}$
- Panjang batang (L) = 180 mm = 0,18 m
- *Displacement* simulasi (δ_{simulasi}) = $9,212 \times 10^{-6} \text{ m}$
- *Tegangan* simulasi (σ_{simulasi}) = $3,744 \times 10^5 \text{ Pa}$

3.6.1 Perhitungan *stress* (σ)

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{6,86}{4,480 \times 10^{-6}}$$

$$= 1,531 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$= 1,531 \text{ MPa}$$

3.6.2 Perhitungan *displacement* (δ):

$$\delta = \frac{F \times L}{A \times E} = \frac{6,86 \times 0,18}{(4,480 \times 10^{-6}) \times (200 \times 10^9)}$$

$$= \frac{1,2348}{896 \times 10^3}$$

$$\approx 1,378 \times 10^{-6} m$$

$$\approx 0,001378 mm$$

3.6.3 Perhitungan safety factor (SF):

$$SF = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{aktual}} = \frac{2,5 \times 10^8}{1,531 \times 10^6}$$

$$\approx 163,3$$

Hasil analisis numerik menunjukkan tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 0,3744 MPa, sedangkan perhitungan manual menghasilkan 1,531 MPa. Perbedaan ini masih dapat diterima karena perbedaan asumsi pembebanan dan penyederhanaan model. Keduanya menunjukkan tegangan jauh di bawah batas luluh ASTM A36 (250 MPa), sehingga struktur aman terhadap kegagalan plastis.

Displacement numerik sebesar 0,009212 mm dan hasil manual 0,001378 mm sama-sama menunjukkan nilai yang sangat kecil, menandakan kekakuan rangka yang sangat baik. Dari sisi keamanan, faktor keselamatan simulasi berada pada rentang $6,683 \times 10^2$ hingga $1,563 \times 10^{13}$, sedangkan manual sebesar 163,3. Keduanya menunjukkan tingkat keamanan yang sangat tinggi.

Berdasarkan seluruh hasil, desain rangka mesin cetak rengginang berbahan besi hollow ASTM A36 memiliki kekuatan, kekakuan, dan faktor keamanan yang memadai, sehingga layak digunakan secara berkelanjutan dalam proses produksi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi, dapat disimpulkan bahwa:

1. Mesin pencetak memiliki kapasitas produksi sebesar 333 keping rengginang per jam, atau sekitar 10 kg/jam. Perhitungan siklus mencapai 84 siklus per jam, dan gaya tekan aktuator sebesar 3.600 N terbukti cukup untuk menjalankan proses pencetakan.
2. Sambungan pengelasan memiliki luas penampang sebesar 961 mm^2 dengan tegangan geser 7,14 MPa, serta faktor keamanan sebesar 14, yang menunjukkan bahwa sambungan cukup kuat dan aman.
3. Simulasi menggunakan SolidWorks menghasilkan tegangan (*stress*) sebesar 0,3744 MPa, *displacement* sebesar 0,009212 mm, dan *safety factor* sebesar 668,3. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan tinggi dan tingkat keamanan yang sangat baik. Perbandingan antara hasil simulasi dan perhitungan teoritis menunjukkan bahwa:
 - a. *Stress* simulasi lebih rendah dibandingkan nilai teoritis ($0,3744 \text{ MPa} < 1,531 \text{ MPa}$).
 - b. *Displacement* simulasi lebih tinggi ($0,009212 \text{ mm} > 0,001378 \text{ mm}$).
 - c. *Safety factor* simulasi lebih tinggi ($668,3 > 163,3$).

Hal ini menunjukkan bahwa desain rangka dan sambungan masih berada dalam batas aman dan bahkan memiliki tingkat keamanan yang sangat tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pengembangan, dan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemendiktisaintek) yang telah mendanai kegiatan ini melalui program Hibah Bima PkM skema Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Effendi, R. Pratama, M. Qadri, and A. Yunus Nasution, “Analysis of the Frame Design of Cracker Sheet Printing and Cutting Machine Using Finite Element Method Simulation,” *DINAMIS*, vol. 12, no. 1, pp. 7–13, 2024, doi: <https://doi.org/10.32734/dinamis.v12i1.16359>.
- [2] R. Iskandar, E. Widawati, and S. I. Goenawan, “Analisis Perancangan dan Pembuatan Cetakan Rengginang untuk Mempermudah Pencetakan dan Memaksimalkan Bentuk Rengginang (Studi Kasus: Dusun Ponggang),” *J. Ind. Serv.*, vol. 6, no. 1, pp. 31–39, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.36055/jiss.v6i1.9471>.
- [3] S. S. Nudhehi and J. R. Steffen, *Analysis of Machine Elements Using SolidWorks Simulation 2022*. Kansas: SDC Publications, 2022.
- [4] M. Mróz, R. Czech, B. Kupiec, A. Dec, M. Spólnik, and P. Rąb, “Numerical and Physical Simulation of MAG Welding of Large S235JRC+N Steel Industrial Furnace Wall Panel,” *Materials (Basel.)*, vol. 16, no. 7, p. 2779, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/ma16072779>.
- [5] A. E. Admi, M. A. Sabtu, S. A. Osman, and S. A. Osman, “A Novel Simulation Methodology for Evaluation of Weldment Analysis Tools for Edge Weld Design Optimization,” *J. Adv. Res. Appl. Mech.*, vol. 133, no. 1, pp. 103–119, 2025, doi: <https://doi.org/10.37934/aram.133.1.103119>.
- [6] Y. M. Hwang and I. P. Hsu, “Die Design and Finite Element Analysis of Welding Seams during Aluminum Alloy Tube Extrusion,” *Metals (Basel.)*, vol. 13, no. 5, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/met13050911>.
- [7] S. A. Amin, A. A. Abdulhasan, M. S. Mohammed, and H. S. Majdi, “Experimental and Numerical Study of Maximum Welding Joint Temperature Impacts in Alloy Steel Pipe Welding Microstructure, Distortion, Corrosion Resistance, and Mechanical Properties,” *Rev. des Compos. des Mater. Av.*, vol. 34, no. 6, pp. 775–786, 2024, doi: <https://doi.org/10.18280/rcma.340612>.
- [8] H. M. Mnati, A. H. Kareem, H. S. Majdi, L. J. Habeeb, and A. M. Hashim, “Optimizing Aspect Welds Size for Structural Integrity and Performance: A Simulation Approach Using SolidWorks,” *Int. J. Comput. Methods Exp. Meas.*, vol. 13, no. 1, pp. 177–198, 2025, doi: <https://doi.org/10.18280/ijcemem.130119>.
- [9] R. D. E. Putra and T. Z. Fitri, “Analysis of the Effectiveness of 3D Printing Technology as an Alternative to Replacing Machine Components,” *J. Eng. Sci. Technol. Manag.*, vol. 4, no. 2, pp. 71–75, 2024, doi: <https://doi.org/10.31004/jestm.v4i2.187>.
- [10] V. Raja, S. Nimbkar, J. A. Moses, S. V. Ramachandran Nair, and C. Anandharamakrishnan, “Modeling and Simulation of 3D Food Printing Systems—Scope, Advances, and Challenges,” *Foods*, vol. 12, no. 18, p. 3412, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/foods12183412>.