

ANALISIS PENENTUAN KETEBALAN RANGKA PENAHAN DOUBLE CLAMP PRESS SOL SEPATU MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK

Umar Faruq Assyadillah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: umarfaruq.20050@mhs.unesa.ac.id

Agung Prijo Budijono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: agungbudijono@unesa.ac.id

Abstrak

Rangka penahan double clamp pada mesin press sol sepatu berfungsi sebagai elemen struktural utama yang menahan beban tekan selama proses produksi. Desain rangka yang terlalu tebal berpotensi menyebabkan pemborosan material, sedangkan desain yang terlalu tipis dapat menimbulkan kegagalan struktur dan membahayakan keselamatan operator. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ketebalan minimum rangka penahan double clamp yang aman dan efisien dengan menggunakan simulasi metode elemen hingga. Variasi ketebalan rangka yang dianalisis meliputi 8 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm, dan 22 mm dengan material ASTM A36 dan pembebanan statis sebesar 325 kg. Parameter analisis yang digunakan meliputi tegangan von Mises, regangan, displacement, dan faktor keamanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan rangka menurunkan nilai tegangan, regangan, dan displacement, serta meningkatkan faktor keamanan. Berdasarkan kriteria keamanan struktur statis, ketebalan rangka 12 mm merupakan ketebalan minimum yang memenuhi persyaratan keamanan tanpa mengalami kegagalan struktur dengan nilai tegangan maksimum sebesar 104,8 Mpa, regangan sebesar 0,00035 mm, displacement sebesar 0,425 mm, dan safety factor sebesar 2,4, sehingga desain dengan ketebalan lebih besar dari nilai tersebut cenderung bersifat overdesign.

Kata Kunci: rangka mesin, metode elemen hingga, tegangan von mises, faktor keamanan

Abstract

The double clamp support frame in a shoe sole press machine functions as the primary structural element that withstands compressive loads during the production process. An excessively thick frame design may lead to material inefficiency, while an overly thin design can result in structural failure and pose safety risks to operators. This study aims to determine the minimum safe and efficient thickness of the double clamp support frame using finite element method (FEM) simulation. The analyzed frame thickness variations include 8 mm, 12 mm, 16 mm, 19 mm, and 22 mm, employing ASTM A36 steel material under a static load of 325 kg. The evaluation parameters consist of von Mises stress, strain, displacement, and safety factor. The simulation results indicate that increasing the frame thickness reduces stress, strain, and displacement values while increasing the safety factor. Based on static structural safety criteria, a frame thickness of 12 mm is identified as the minimum thickness that satisfies safety requirements without experiencing structural failure; therefore, designs with greater thickness tend to exhibit overdesign characteristics.

Keywords: machine frame structure, finite element method (FEM), von Mises stress, factor of safety

Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Mesin press sol sepatu *double clamp* adalah salah satu mesin yang digunakan dalam industri alas kaki, yang berfungsi dalam proses penempelan sol pada bagian atas sepatu (bonding). Mesin ini dilengkapi dengan rangka penahan *double clamp* yang memungkinkan proses bonding sepasang sepatu dalam sekali proses. Proses bonding dilakukan dengan cara memberikan tekanan yang besar pada sol sepatu untuk memastikan sol dengan bagian upper sepatu merekat dengan kuat.



Gambar 1. Mesin Press Sol Sepatu Double clamp

Dalam proses perancangan mesin press sol sepatu *double clamp*, terdapat berbagai aspek yang harus diperhatikan, seperti pemilihan mekanisme penekanan, kebutuhan daya tekan, desain keseluruhan, material dan dimensi rangka bodi, perancangan sistem kontrol, serta

pemilihan bentuk dan dimensi rangka penahan ganda. Berdasarkan wawancara dengan pembuat mesin, diketahui bahwa keterbatasan waktu dalam proses perancangan mengharuskan pembuat untuk menyederhanakan beberapa tahapan, salah satunya dalam pemilihan ketebalan rangka penahan ganda. Keputusan tersebut hanya didasarkan pada pengalaman dan intuisi tanpa melalui perhitungan serta validasi teknis, namun tetap dipastikan bahwa mesin dapat bekerja tanpa masalah.

Oleh karena itu, diperlukan analisis untuk mengetahui apakah ketebalan rangka penahan ganda yang digunakan saat ini sudah merupakan ketebalan minimum yang aman atau masih dapat dikurangi tanpa mengorbankan kekuatan struktural. Analisis ini dapat dilakukan melalui simulasi pembebanan guna mengetahui nilai faktor keamanan (*safety factor*) yang dimiliki rangka, sehingga dapat dipastikan apakah desain rangka penahan dengan ketebalan tertentu mampu menahan beban tanpa mengalami kegagalan struktur.

Penelitian ini menggunakan empat parameter utama hasil simulasi, yaitu tegangan (*stress*), regangan (*strain*), perpindahan (*displacement*), dan faktor keamanan (*safety factor*) sebagai alat analisis untuk mengevaluasi potensi kegagalan struktur rangka. Parameter *stress* dan *safety factor* digunakan sebagai indikator utama dalam menentukan keamanan kekuatan material dengan membandingkan tegangan maksimum yang terjadi terhadap tegangan izin material, sehingga dapat dipastikan bahwa struktur masih berperilaku elastis. Parameter *displacement* digunakan untuk menilai deformasi global struktur akibat pembebanan. Meskipun demikian, analisis *strain* tetap diperlukan sebagai parameter pendukung untuk mengevaluasi deformasi lokal yang terjadi pada elemen struktur serta untuk menjelaskan mekanisme terbentuknya perpindahan dan distribusi deformasi pada rangka. Keberadaan parameter *strain* memungkinkan identifikasi area dengan konsentrasi deformasi meskipun struktur secara keseluruhan masih berada pada daerah elastis, sehingga analisis kegagalan struktur dapat dilakukan secara lebih komprehensif dan sistematis.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi komputasi numerik. Studi komputasi numerik dalam bidang rekayasa struktur umumnya dilakukan menggunakan metode elemen hingga, yaitu suatu teknik numerik yang membagi struktur kontinu menjadi elemen-elemen diskret untuk memprediksi distribusi tegangan, regangan, dan deformasi akibat pembebanan tertentu (Zienkiewicz et al., 2014).

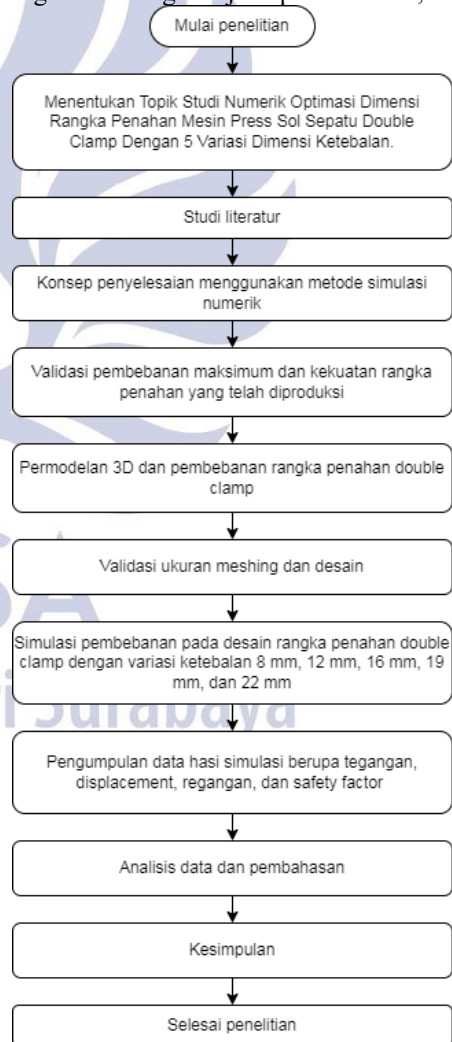
Metode ini melibatkan tiga tahap.

Tahap pertama adalah scanning, bertujuan untuk memperoleh data lengkap tentang produk yang akan dianalisis. Pada tahap ini, setiap parameter penting dalam rangka double clamp diidentifikasi dan dicatat sebagai input penting dalam tahap berikutnya. Parameter ini meliputi geometri rangka double clamp, dimensi dan ukuran rangka double clamp, material yang digunakan, beban maksimum yang akan ditahan, serta cara kerja mesin press sol sepatu double clamp.

Tahap kedua adalah point processing yakni perancangan permodelan pembebanan pada desain rangka double clamp dengan variasi ketebalan yang ada. Permodelan ini sepenuhnya didasarkan pada parameter yang telah didapatkan dari tahap sebelumnya, permodelan dilakukan menggunakan software solidworks.

Tahap ketiga adalah validation, pada tahap ini dilakukan dua macam validasi, yang pertama dilakukan validasi bahwa rangka double clamp yang saat ini telah dimanufaktur benar-benar mengalami overdesign, dan validasi kedua dilakukan pada ukuran meshing yang akan digunakan dalam proses simulasi numerik, hal ini dilakukan agar hasil simulasi dapat mewakili fenomena di lapangan dengan akurat dan terukur.

Tahap terakhir adalah proses simulation, pada tahap ini semua parameter yang telah dimasukkan kedalam solidworks akan disimulasi dengan beban maksimum yang akan diaplikasikan pada rangka penahan double clamp sehingga hasil simulasi dapat mewakili kejadian nyata di lapangan. Kemudian hasil simulasi akan dianalisis menggunakan metode komparasi hingga ditemukan hasil yang paling sesuai dengan tujuan penelitian ini,

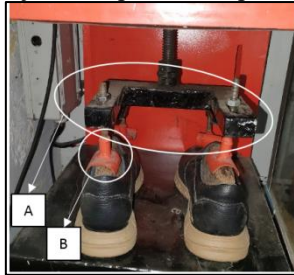


Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap Scanning

Tahap scanning bertujuan untuk memperoleh data lengkap tentang objek yang akan diteliti, hal ini mencakup bentuk geometri dan dimensi rangka penahan double clamp, material yang digunakan, hingga cara kerja mesin press sol sepatu double clamp.



Gambar 3. Komponen rangka penahan ganda (A) dan clamp tumpuan (B)

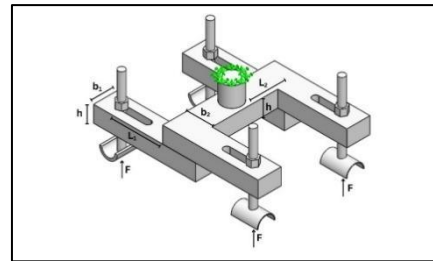
Mesin press bekerja dengan cara menahan sepatu diatas meja press, kemudian dongkrak yang berada di bawah meja press akan memberikan tekanan kearah atas sesuai dengan kebutuhan penekanan, beban yang diberikan dibagi ke 4 titik secara merata.

Material yang digunakan dalam proses manufaktur rangka penahan adalah plat ASTM A36 dengan ketebalan 25 mm, bentuk dari rangka penahan sendiri berupa geometri letter H dengan sisi bagian depan lebih rendah dari bagian belakang untuk menyesuaikan kebutuhan penekanan sepatu. Beban maksimum yang digunakan untuk ukuran maksimum sepatu adalah 325 kg, beban ini akan dibagi secara merata pada contact area yang berada dibagian bawah rangka double clamp.

Tabel 1. mechanical properties ASTM A36

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1.	Density	7,80	g/cc
2.	Ultimate Tensile Strength	400 – 550	MPa
3.	Yield Tensile Strength	250	MPa
4.	Elongation	20 – 23%	-
5.	Modulus of Elasticity	200	GPa
6.	Bulk Modulus	160	GPa
7.	Shear Modulus	79,3	GPa

Dilakukan juga pengukuran dimensi rangka secara manual menggunakan penggaris dan jangka sorong sehingga didapatkan pengukuran yang akurat dan sesuai dengan objek yang akan diteliti.



Gambar 2 dimensi hasil pengukuran rangka penahan double clamp

Dari hasil pengukuran dapat diketahui nilai parameter sebagai berikut:

- L1 (Panjang lengan balok penumpu) = 70 mm
- L2 (Panjang lengan balok penghubung) = 75 mm
- h (ketebalan rangka double clamp) = 25 mm
- b1 (Lebar rangka penumpu) = 40 mm
- b2 (Lebar rangka penghubung) = 35 mm

Selain dari itu ada data yang juga harus diketahui, yaitu kebutuhan safety factor pada proses pengepresan menggunakan mesin press sol sepatu double clamp, Data klasifikasi safety factor pada penelitian ini mengacu pada tabel yang disajikan dalam buku Machine Design Project (Vidosic, 1993).

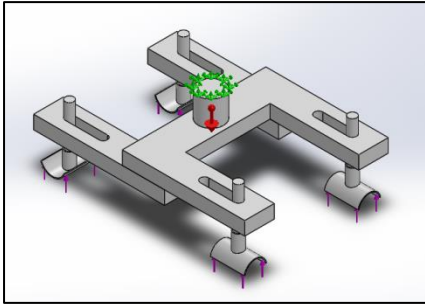
Tabel 2. Klasifikasi kebutuhan nilai faktor keamanan

No.	Nilai FOS	Keterangan Kondisi
1	1,25 - 1,5	Untuk material yang sangat andal yang digunakan dalam kondisi yang dapat dikontrol dan dikenakan beban dan tekanan yang dapat ditentukan dengan pasti. Digunakan hampir selalu di mana bobot rendah merupakan pertimbangan yang sangat penting
2	1,5 - 2	Untuk material yang terkenal dalam kondisi lingkungan yang cukup konstan, dikenakan beban dan tekanan yang dapat ditentukan dengan mudah.
3	2 - 2,5	Untuk material rata-rata yang dioperasikan di lingkungan biasa dan dikenakan beban dan tekanan yang dapat ditentukan.
4	2,5 - 3	Untuk material yang kurang teruji atau rapuh dalam kondisi lingkungan, beban, dan tekanan rata-rata.
5	3 - 4	Untuk material yang belum teruji yang digunakan dalam kondisi lingkungan, beban, dan tekanan rata-rata.
6	3 - 4	Juga harus digunakan dengan material yang lebih dikenal namun digunakan dalam lingkungan yang tidak pasti atau berpotensi mengalami tekanan yang tidak pasti

Dalam proses pengepresan menggunakan mesin press sol sepatu double clamp, beban yang diberikan serta material yang digunakan telah dikondisikan secara terukur dan terkendali. Kondisi ini menyebabkan kemungkinan terjadinya pembebanan tak terduga menjadi sangat kecil karena proses dilakukan di lingkungan yang terkontrol. Oleh karena itu, struktur rangka pada proses pembebanan ini termasuk ke dalam kelompok 1, di mana nilai safety factor dalam rentang 1,25 hingga 1,5 dinyatakan aman.

2. Tahap processing point

Pada tahap ini dilakukan permodelan 3D dan permodelan pembebanan pada software solidworks berdasarkan data yang telah didapatkan apda tahap sebelumnya. Dengan data-data yang telah didapatkan daitas didapatkan design rangka penahan double clamp sebagai berikut



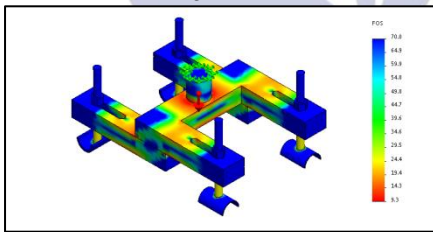
Gambar 3. permodelan pembebanan rangka penahan double clamp

Dapat dilihat pada gambar bahwa panah berwarna ungu mewakili gaya eksternal yang akan ditahan oleh struktur, panah berwarna merah menunjukkan arah gravitasi, dan panah berwarna hijau menunjukkan letak titik tumpu struktur rangka penahan double clamp.

3. Tahap validation

Pada tahap ini dilakukan 2 proses validasi, yang pertama validasi bahwa desain yang saat ini digunakan benar-benar mengalami overdesign, dan validasi kedua dilakukan pada design dan permodelan pembebanan untuk memastikan bahwa proses simulasi berjalan sesuai keadaan nyata dan hasil simulasi dapat dijadikan acuan dalam mengambil keputusan pada pemilihan ketebalan pada proses manufaktur.

Validasi pertama dilakukan dengan cara mensimulasikan design rangka penahan double clamp dengan variasi ketebalan 25 mm.



Gambar 4. hasil simulasi safety factor rangka double clamp dengan ketebalan 25 mm

Dapat dilihat bahwa hasil simulasi pembebanan pada rangka double clamp dengan ketebalan 25 mm pada beban maksimum 325 kg memiliki nilai safety factor sebesar 9,3. Desain ini dapat dikatakan overdesign karena safety factor yang dibutuhkan hanya berkisar antara 1,25 hingga 1,5.

Setelah itu dilakukan validasi design dan ukuran meshing untuk memastikan bahwa hasil simulasi dapat menggambarkan keadaan nyata saat rangka penahan dikenai beban, mula-mula ditentukan letak titik kritis struktur saat menahan beban, hal ini dilakukan menggunakan metode analitik free body diagram. Langkah pertama adalah membandingkan momen lentur di balok penghubung dan balok penumpu menggunakan rumus momen lentur.

1. Momen lentur balok penghubung.

$$M1 = (F \cdot 2) \cdot L1$$

$$M1 = (797,0625 \cdot 2) \text{ N} \cdot 70 \text{ mm}$$

$$M1 = 135.500,625 \text{ Nmm}$$

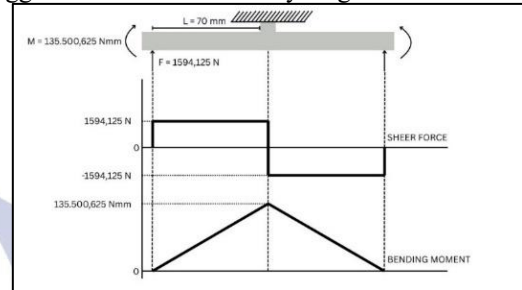
2. Momen lentur rangka penumpu

$$M2 = F \cdot L2$$

$$M2 = 797,0625 \text{ N} \cdot 75 \text{ mm}$$

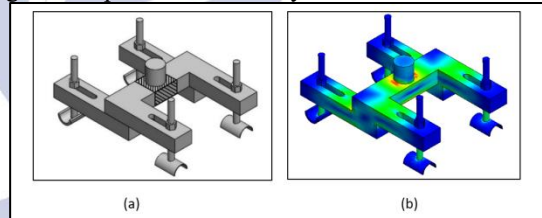
$$M2 = 59.779,6875 \text{ Nmm}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa momen lentur pada balok penghubung lebih besar dibandingkan dengan balok penumpu, sehingga titik kritis struktur berada pada rangka penghubung. Untuk menentukan secara pasti posisi momen lentur maksimum, dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan metode free body diagram.



Gambar 5. analisis free body diagram pada balok penghubung rangka penahan double clamp

Setelah ditentukan titik kritis dimana rangka mengalami tegangan lentur terbesar, langkah selanjutnya adalah membandingkan kontur simulasi tegangan statis dari SolidWorks dengan hasil dugaan yang telah diperoleh sebelumnya.



Gambar 6. (a) Lokasi tegangan maksimal analitik dan (b) Distribusi tegangan hasil simulasi.

Dari perbandingan diatas dapat dilihat bahwa letak titik kritis hasil analitik menggunakan metode free body diagram seragam dengan hasil simulasi solidworks, dimana pada hasil analitik digambarkan dengan daerah terarsir sedangkan hasil simulasi digambarkan dengan kontur berwarna merah, maka dapat disimpulkan bahwa desain 3D telah sejalan dengan keadaan lapangan.

Setelah diketahui bahwa desain yang digunakan telah valid maka langkah berikutnya adalah menentukan ukuran meshing yang dapat digunakan dalam simulasi pembebanan solidworks menggunakan metode grid independent test dengan rumus berikut:

$$\text{error} = \frac{|\text{numerik} - \text{analitik}|}{\text{analitik}} \times 100\%$$

untuk hasil analitik yang akan digunakan didapatkan menggunakan rumus tegangan lentur maksimum pada balok kantilever sebagai berikut

$$\sigma_y = \frac{M \cdot y}{I}$$

Dimana:

$$M = F \cdot L$$

$$y = h/2$$

$$I = b \cdot h^3 / 12$$

Keterangan:

M = Momen lentur
(Nmm)

Y = Jarak sumbu dengan serat terluar (mm)

I = Inersia (mm⁴)

F = Gaya eksternal (N)

L = Panjang lengan gaya (mm)

h = Ketebalan rangka (mm)

b = Lebar rangka (mm)

berikut adalah hasil perhitungan analitik tegangan lentur maksimum:

a. $M = F \times L$

$M = 1594,125 \text{ N} \times 70 \text{ mm}$

$M = 135.500,625 \text{ Nmm}$

b. $I = \frac{b \cdot h^3}{12}$

$I = \frac{40 \cdot 25^3}{12}$

$I = 52.083,33 \text{ mm}^4$

c. $y = h/2$

$y = 25/2$

$y = 12,5 \text{ mm}$

d. $\sigma_y = \frac{M \cdot y}{I}$

$\sigma_y = \frac{135500,625 \cdot 12,5}{52083,3}$

$\sigma_y = 26,78 \text{ MPa}$

Setelah memperoleh nilai tegangan secara analitik, langkah selanjutnya adalah menghitung persentase error antara tegangan analitik dan tegangan hasil simulasi dengan menggunakan berbagai variasi ukuran meshing. Pada desain rangka penahan ini, perangkat lunak SolidWorks merekomendasikan ukuran elemen mesh sebesar 8,5 mm.

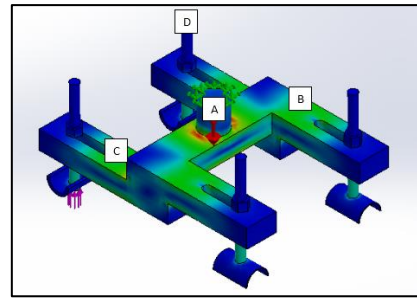
Berdasarkan rekomendasi tersebut, dilakukan variasi ukuran mesh yang lebih kecil dari 8,5 mm untuk mengevaluasi sejauh mana pengaruh ukuran mesh terhadap hasil simulasi, serta untuk menentukan ukuran mesh yang menghasilkan nilai tegangan simulasi paling mendekati hasil analitik.

ukuran meshing	tegangan analitik	tegangan simulasi	nilai error
5,5	26,78	31,2	16,50%
6	26,78	38,3	43,01%
6,5	26,78	33,1	23,59%
7	26,78	30,9	15,38%
7,5	26,78	26,7	0,30%
8	26,78	30,8	15,01%
8,5	26,78	28,2	5,30%

Berdasarkan tabel perbandingan yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa ukuran mesh sebesar 7,5 mm menghasilkan nilai tegangan simulasi yang paling mendekati hasil perhitungan tegangan secara analitik.

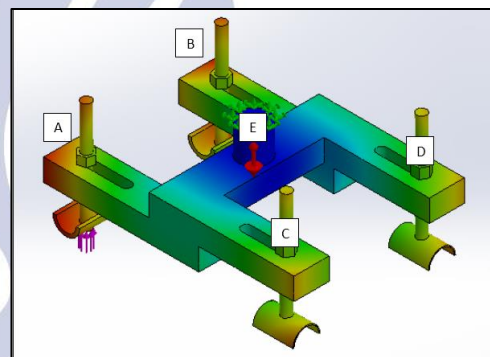
Simulation process

Hasil simulasi pembebanan rangka penahan double clamp menggunakan solidworks menghasilkan parameter berupa distribusi kontur dan nilai tegangan, regangan, displacement, serta safety factor.



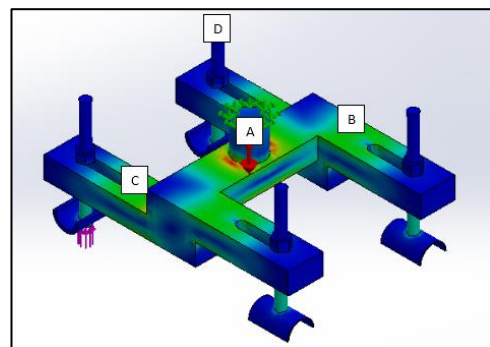
Gambar 9. Hasil simulasi tegangan

Hasil simulasi tegangan menunjukkan bahwa seluruh variasi ketebalan rangka memiliki pola distribusi tegangan yang serupa. Area di sekitar ulir penumpu, yang ditandai dengan huruf A, mengalami tegangan maksimum ketika struktur dikenai beban. Selanjutnya, pada bagian tengah balok penghubung serta pangkal balok penumpu, yang ditandai dengan huruf B dan C, terjadi tegangan dengan nilai yang lebih rendah. Sementara itu, titik D merupakan bagian struktur yang tidak mengalami tegangan, yaitu pada ujung balok penumpu dan ujung balok penghubung.



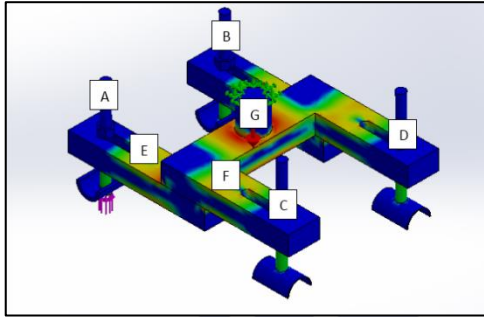
Gambar 10. Hasil simulasi displacement

Hasil simulasi menunjukkan bahwa seluruh variasi ketebalan rangka memiliki pola distribusi displacement yang serupa. Displacement maksimum terjadi pada ujung balok penumpu bawah, yang ditandai dengan huruf A dan B. Displacement bernilai rendah terjadi di sepanjang balok penumpu atas serta pada sebagian balok lainnya yang ditandai dengan huruf C dan D. Sementara itu, bagian struktur yang tidak mengalami displacement berada pada balok penghubung, yang ditandai dengan huruf E.



Gambar 11. Hasil simulasi regangan

Hasil simulasi regangan menunjukkan bahwa seluruh variasi ketebalan rangka memiliki pola distribusi regangan yang serupa. Area di sekitar ulir penumpu, yang ditandai dengan huruf A, mengalami regangan maksimum ketika struktur dikenai beban. Selanjutnya, pada bagian tengah balok penghubung serta pangkal balok penumpu, yang ditandai dengan huruf B dan C, terjadi regangan dengan nilai yang lebih rendah. Sementara itu, titik D merupakan bagian struktur yang tidak mengalami regangan, yaitu pada ujung balok penumpu dan ujung balok penghubung.



Gambar 12. Hasil simulasi safety factor

Hasil simulasi regangan menunjukkan bahwa seluruh variasi ketebalan rangka memiliki pola distribusi safety factor yang serupa. Area di ujung balok penumpu, yang ditandai dengan huruf A, B, C, dan D mengalami safety factor maksimum ketika struktur dikenai beban. Selanjutnya, pada bagian tengah balok penghubung serta pangkal balok penumpu, yang ditandai dengan huruf E dan F, terjadi regangan dengan nilai yang lebih rendah. Sementara itu, titik G merupakan bagian struktur yang memiliki nilai safety factor minimum, yaitu pada area sekitar ulir penumpu.

ketebalan rangka (mm)	stress (Mpa)	displacement (mm)	strain (mm)	safety factor
8	223,5	1,658	0,000802	1,12
12	104,8	0,425	0,000346	2,4
16	61,9	0,188	0,000225	4,03
19	44,6	0,12	0,000162	5,59
22	34,8	0,082	0,000122	7,18

Mengacu pada klasifikasi kriteria keamanan struktur berdasarkan nilai safety factor sebagaimana dijelaskan oleh Vidosic (1993) dalam Machine Design Projects, evaluasi spesimen pada penelitian ini dilakukan untuk menentukan rangka yang paling sesuai dengan tujuan penelitian. Berdasarkan keseluruhan data hasil simulasi dan analisis yang telah diperoleh, rangka dengan ketebalan 12 mm dinyatakan sebagai spesimen yang paling memenuhi kriteria keamanan struktur tanpa mengalami kondisi overdesign. Hasil ini diperoleh dari perbandingan setiap spesimen terhadap kriteria keamanan yang telah ditetapkan, di mana rangka dengan ketebalan 12 mm mampu memberikan tingkat keamanan yang memadai dengan penggunaan material yang lebih efisien dibandingkan variasi ketebalan lainnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis numerik menggunakan metode elemen hingga terhadap rangka penahan double clamp pada mesin press sol sepatu dengan pembebanan statis sebesar 325 kg dan material ASTM A36, dapat disimpulkan bahwa peningkatan ketebalan rangka berbanding terbalik dengan nilai tegangan von Mises, regangan, dan displacement, serta berbanding lurus dengan nilai faktor keamanan. Pada ketebalan 8 mm, tegangan maksimum yang terjadi mendekati batas tegangan izin material dengan nilai faktor keamanan di bawah kriteria desain statis. Sementara itu, pada ketebalan 12 mm diperoleh tegangan von Mises maksimum sebesar ± 26 MPa, regangan maksimum berada pada orde 10^{-4} , displacement maksimum kurang dari 0,5 mm, serta nilai faktor keamanan sebesar ± 9 , yang masih berada jauh di atas batas minimum yang direkomendasikan untuk struktur statis.

Ketebalan yang lebih besar dari 12 mm menunjukkan peningkatan faktor keamanan yang signifikan, namun tidak memberikan keuntungan struktural yang sebanding terhadap efisiensi material dan berat konstruksi. Dengan demikian, rangka penahan double clamp dengan ketebalan 12 mm dapat dinyatakan sebagai ketebalan minimum yang aman, efisien, dan tidak mengalami kegagalan struktur, sehingga paling sesuai dengan tujuan penelitian ini dan tidak bersifat overdesign.

Untuk mengakomodasi dimensi unit penggerak baru. Hasil simulasi *motion study* menunjukkan bahwa unit penggerak hasil perancangan ulang mampu menghasilkan perpindahan meja pres sebesar 35,82 mm dalam waktu 10 detik, sehingga capaian tersebut telah memenuhi bahkan melampaui target minimum yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S., Wahjudi, E., & Yunus. (2022). Implementasi Mesin Pres Sepatu Sistem Pneumatik Semi Otomatis dan Perbaikan Manajemen untuk Meningkatkan Produktivitas Industri Kecil Sepatu Banjarsari. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 542-551. <https://doi.org/10.30653/002.202272.38>
- Adril, E., Et Al. (2021). Perancangan Mesin Press Tahu Sistem Pneumatik Dengan Kapasitas 50 Kg. Padang: *Jurnal Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang*. <https://doi.org/10.30630/jtm.16.2.645>
- Anggoro, M. B. (2020). Rancang Bangun Alat Pres Hidrolik Kapasitas 5 Ton. Magelang: *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Tidar*. <https://doi.org/10.31002/metana.v4i1.2223>
- Arifin, M. Z., Et Al. (2023). Rancang Bangun Mesin Press Pencetak Briket Arang Berbahan Kayu Jambu Biji. Jakarta: *Jurnal Technopex Institute Teknologi Indonesia*. <https://doi.org/10.31284/p.technopex.2023.461>
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (2000). *Mekanika Bahan Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hardy, W., & Umar, K. (2023). *Buku Ajar Metode Elemen Hingga: Teori Dan Aplikasi Perangkat Lunak*. Bandung: Media Sains Indonesia.
- Harvey, P. D. (1982). *Engineering Properties Of Steels*. Ohio: American Society For Metals.
- Ibrahim, Y. A., Et Al. (2023). *Mekanika Teknik Ii*. Padang: Global Eksekutif Teknologi.
- Lepi, S. M. (1998). *Practical Guide To Finite Elements*. Ohio: Ohio State University.
- Pratama, A., & Agusman, D. (2023). Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pres Batako Menggunakan Finite Element Method. Jakarta: *Jurnal Asimetri: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v5i1.4429>
- Rabbani, G. D. N. (2024). Optimasi Pemilihan Dimensi Material Untuk Mereduksi Berat Rangka Menggunakan Simulasi Numerik Pada Tempat Tidur Pasien Otomatis. Surabaya: *Jurnal Teknik Mesin*. <https://doi.org/10.9744/jtm.22.1.17-24>
- Rolies, W., Et Al. (2024). Perancangan Mesin Pres Sampah Basah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Di Universitas Singaperbangsa Karawang. Karawang: *Jurnal Serambi Engineering*. <https://doi.org/10.32672/jse.v9i2.7562>
- Saputra, D. D. (2022). Analisa Hasil Simulasi Pembebanan Pada Rangka Mesin Press Hidrolik Otomatis Kapasitas 10 Ton. Jakarta: *Jurnal Teknik Mesin Universitas Gunadarma*. <https://doi.org/10.35760/j.v16i3.6338>
- Simbolon, S., & Kurniawan, B. (2022). Simulasi Kekuatan Rangka Mesin Press Papan Komposit Dengan Variasi Tekanan Menggunakan Software Solidworks. Tangerang: *Journal Of Technical Engineering*. <https://doi.org/10.31000/jte.v4i1.7107>
- Syaukani, M., Et Al. (2021). Desain Dan Analisis Mesin Press Komposit Kapasitas 20 Ton. Lampung: *Journal Of Science, Technology, And Virtual Science*. <https://doi.org/10.33024/jstvs.v1i2.4649>
- Thohirin, M., Et Al. (2023). Rancang Bangun Mesin Press Kelapa Sawit Sederhana Menggunakan Sistem Hidrolik Kapasitas 15 Kg. Lampung: *Jurnal Teknik Sains*. <https://doi.org/10.33024/jts.v8i1.10090>
- Triwiyono, A. (2000). *Mekanika Bahan (Analisis Struktur Iii)*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Zulfikar, A. B. (2024). Studi Komputasi Numerik Analisa Struktur Rangka Pelampung Sepeda Air Dengan Tiga Jenis Variasi Material (Al-6061, Galvanized Steel, Stainless Steel 304). Surabaya: *Jurnal Teknik Mesin*. <https://doi.org/10.9744/jtm.22.1.25-32>
- Beer, F. P., Et Al. (2012). *Mechanics Of Materials (6th Ed.)*. New York: Mcgraw-Hill.
- Desnica, E., A. Šoštarić, And S. Lovrenčić. Determination Of A Safety factor Of A Car Wheel Rim Using Finite Element Analysis In Solidworks. University Of Slavonski Brod, 2022. <https://doi.org/10.17559/TV-20220315144510>
- Budijono, A. P. (2023). Design Of Chassis Paramedic Assistant Robot With Static Load Simulation. Universitas Negeri Surabaya. <https://doi.org/10.26740/jeat.v4n1.p1-10>

Nasrullah, H., Yuvenda, D., Efendi, A., Jatmoko, D., & Hasiffurozi. (2023). Fatigue Analysis On Wheels With Finite Element Method Using Solidworks Software [Preprint]. Preprints.Org.
<https://doi.org/10.20944/preprints202306.1856.v1>

International Standard (2012) Iso Mechanical Properties Of Fasteners Made Of Carbon Steel And Alloy Steel, Part 2: Nuts With Specified Property Classes — Coarse Thread And Fine Pitch Thread. International Standard. Switzerland

