



Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pres Batako Menggunakan *Finite Element Method*

Design and Strength Analysis of Brick Press Machine Frame using Finite Element Method

Anggi Pratama dan Delvis Agusman*

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Jl. Tanah Merdeka No. 6, Jakarta 13830, Indonesia

Informasi artikel:

Diterima:
28/02/2023
Direvisi:
16/03/2023
Disetujui:
30/03/2023

Abstract

This study investigates the safety factor and stress in order to determine the utmost dynamic load the press machine frame can withstand. Dynamic loads occur because of the working mechanism of the press machine, which suppresses the brick components. Test simulation stress analysis using the computer program Inventor Professional Student 2023 with the finite element method in a material structure simulation test of a brick press machine frame with a dynamic load treatment the frame design model uses mild steel material with dimensions of 880 mm by 545 mm by 1200 mm. The variable loads are 700 kg, 1000 kg, and 1500kg. The simulation results show the displacement value at a load of 700 kg = 0,25 mm; 1000 kg = 0,36 mm; and 1500 kg = 0,54 mm. The von Mises stress value is 700 kg = 70,03 MPa; 1000 kg = 100,4 MPa; and 1500 kg = 150,9 MPa. The safety factor value is 700 kg = 2,96; 1000 kg = 2,06; and 1500 kg = 1,37. The simulation results show that the frame design of the brick press machine has a safety factor of 2,06 and can withstand a dynamic load of up to 1000 kg.

Keywords: mild steel, displacement, safety factor, dynamic load, simulation.

SDGs:



Abstrak

Penelitian ini mengkaji faktor keamanan dan tegangan guna mengetahui beban dinamis maksimal yang dapat diterima oleh rangka mesin pres batako. Beban dinamis terjadi akibat dari mekanisme kerja mesin pres yang melakukan penekanan terhadap komponen batako. Simulasi pengujian *stress analysis* menggunakan program komputer *inventor professional student 2023*, dengan menggunakan metode elemen hingga dalam uji simulasi struktur material dari rangka mesin pres batako dengan perlakuan pemberian beban dinamis. Model rancangan rangka menggunakan material *mild steel* dengan dimensi 880 mm x 545 mm x 1200 mm. Variabel beban yang diberikan sebesar 700 kg; 1000 kg dan 1500 kg. Hasil simulasi menunjukkan nilai *displacement* pada beban 700 kg = 0,25 mm; 1000 kg = 0,36 mm dan 1500 kg = 0,54 mm. Nilai *von mises stress* sebesar 700kg=70,03MPa; 1000 kg = 100,4 MPa dan 1500 kg = 150,9 MPa. Nilai *safety factor* sebesar 700 kg = 2,96; 1000 kg = 2,06 dan 1500 kg = 1,37. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rancangan rangka mesin pres batako memiliki faktor keamanan 2,06 dan dapat menahan beban dinamis hingga 1000 kg.

Kata Kunci: *mild steel, displacement, faktor keamanan, beban dinamis, simulasi.*

*Penulis Korespondensi
email : delvis.agusman@uhamka.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Batako adalah salah satu jenis bahan bangunan yang digunakan oleh masyarakat Indonesia. Pemanfaatan batako yang semakin meningkat menuntut produsen batako untuk mengembangkan sistem produksi dalam membuat batako agar menjadi lebih cepat dan efisien (Sukanto dan Adhe Anggry, 2012). Proses pembuatan batako dilakukan dengan metode tekan yang dapat membuat komposisi material batako menjadi padat. Metode penekanan ini dapat memanfaatkan mesin pres (Syaukani dkk., 2021).

Mesin pres adalah suatu alat yang dapat memberikan tekanan besar pada suatu objek. Tekanan besar yang dihasilkan berasal dari mekanisme kerja dari mesin hidrolik (Attorik dkk., 2022). Pembebanan secara terus-menerus menyebabkan struktur dari material rangka terdistorsi secara bertahap (Henshall, Helling dan Miller, 1996). Material rangka yang mengalami distorsi pembebanan secara berlebihan akan mengalami kegagalan yang dapat menyebabkan rangka mengalami bengkok atau patah yang kemudian akan mengakibatkan penurunan kinerja mesin pres secara signifikan, khususnya pada mesin pres batako (Megson, 2019; Yulianto dan Winarso, 2012).

Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini melakukan pengembangan desain rangka mesin pres batako dan melakukan analisis kekuatan rangka menggunakan *finite element method* untuk mempersingkat waktu analisis.

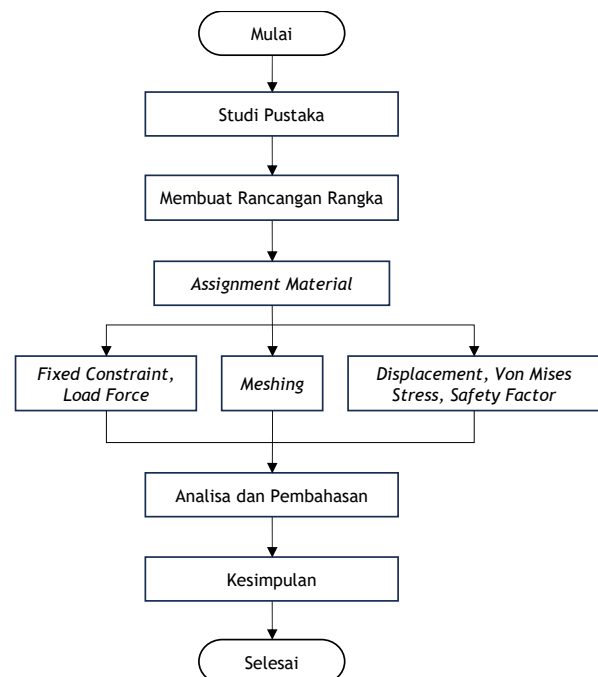
Material yang digunakan pada perancangan rangka menggunakan material *mild steel*. Selain karena penggunaannya sangat umum dan banyak digunakan dalam dunia industri fabrikasi, material *mild steel* juga memiliki sifat fisik yang kuat serta kaku sehingga sangat cocok digunakan sebagai material utama dari rangka yang akan menerima penekanan atau pembebanan secara terus-menerus. Guna mengetahui pembebanan atau tekanan maksimal yang dapat diterima oleh struktur rangka mesin pres batako, untuk menghindari pemberian tekanan yang berlebih, perlu dilakukan simulasi pengujian pada komponen struktur rangka (Hamdani dkk., 2020).

Rancangan rangka dari mesin pres batako diuji dengan diberikan pembebanan dinamis yang diperoleh dari gaya penekanan mesin pompa hidrolik. Variabel beban yang diberikan berasal dari gaya tekan maksimal, menyesuaikan dengan kapasitas penekanan dari beberapa spesifikasi pompa hidrolik yang terdapat dipasaran yaitu sebesar 700 kg (6864 N); 1000 kg (9800 N) dan 1500 kg (14709 N). Simulasi pengujian pemberian beban atau tekanan dilakukan dengan menggunakan bantuan “*software inventor professional student 2023*” dari Autodesk (Wibawa dan Himawanto, 2018; Aufana, Kabib dan Hidayat, 2019). Hasil dari simulasi pengujian menghasilkan nilai regangan (*displacement*), nilai tegangan *stress* (*von mises stress*) dan nilai faktor keamanan (*safety factor*) (Yulianto dan Winarso, 2012).

2. METODOLOGI

2.1. Diagram Alir

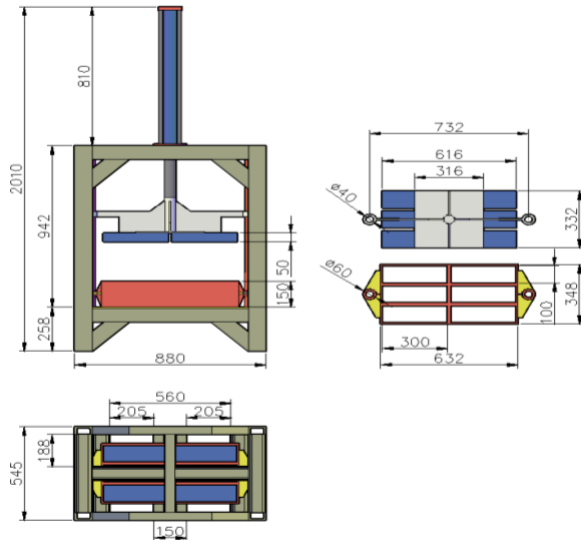
Simulasi yang dilakukan pada kajian ini menggunakan *stress analysis* dengan metode elemen hingga (Syaukani dkk., 2021). Alur dari proses simulasi dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

2.2. Desain Rangka

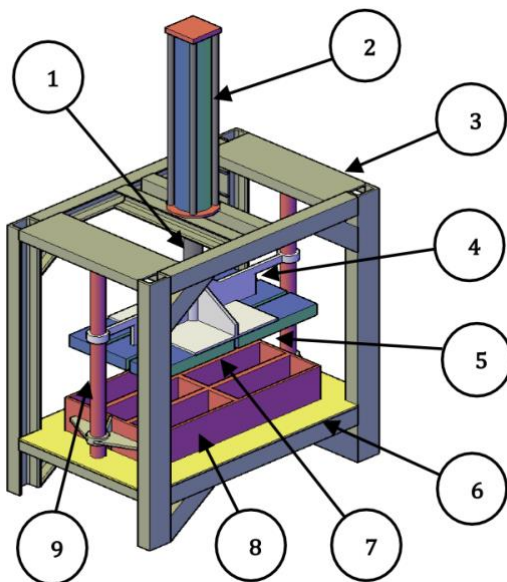
Desain dari rancangan rangka digambar dengan bantuan perangkat lunak *autocad student 2022* dari *autodesk*. Rancangan mesin pres batako dapat dilihat pada [Gambar 2](#).



Gambar 2. Desain konstruksi mesin pres batako

2.3. Komponen Mesin Pres Batako

Komponen utama yang terdapat pada rancangan mesin pres batako, dapat dilihat pada [Gambar 3](#).



Gambar 3. Komponen mesin pres batako

Adapun komponen-komponen mesin pres batako yang terdapat pada [Gambar 3](#), yaitu:

- 1) Hydraulic Piston Rod
- 2) Hydraulic Cylinder
- 3) Frame
- 4) Bosh Spindle Pole
- 5) Baling Compartement
- 6) Bed
- 7) Pressing Plate
- 8) Brick Mould
- 9) Press Guidepost

2.4. Assignment Materials

Assignment materials adalah proses identifikasi jenis material dan jenis faktor keamanan (*safety factor*) yang akan digunakan dalam simulasi *stress analysis* dengan mempergunakan *software inventor professional student 2023* (Younis, 2019).

Sebelum proses *assignment materials* dilakukan, rancangan kontruksi rangka mesin pres batako yang telah selesai didesain menggunakan *software autocad*, diimport kedalam layar kerja *inventor professional student 2023*, agar dapat dilakukan proses simulasi.

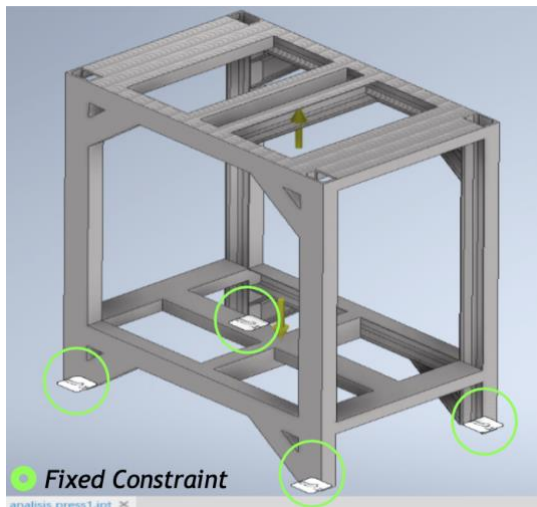
Material *mild steel* yang dipergunakan pada kajian ini, diujikan kedalam simulasi *stress analysis*. *Yield strength* dipilih sebagai acuan dalam menentukan faktor keamanan (*safety factor*) dari suatu desain, khususnya desain dari rancangan rangka mesin pres batako. Detail dari *assignment materials* dapat dilihat pada [Gambar 4](#).

Assign Materials			
Component	Original Material	Override Material	Safety Factor
analis press1.pt	Steel, Mild	Steel, Mild	Yield Strength

Gambar 4. Assignment materials

2.5. Fixed Constraint

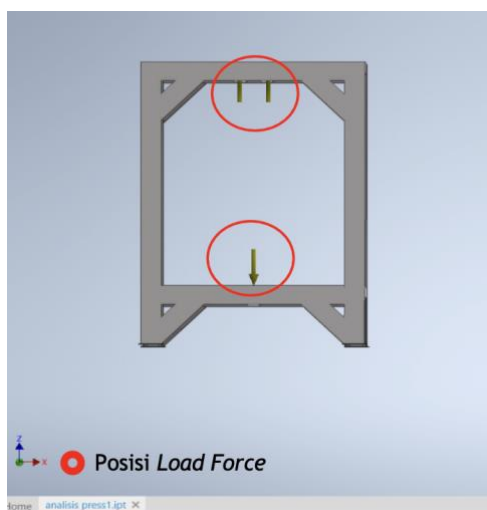
Fixed constraint merupakan daerah yang menjadi tumpuan beban dari kedudukan model rangka. Pada kajian ini daerah *fixed constraint* terletak pada kaki-kaki rangka, untuk lebih jelasnya, letak *fixed constraint* dapat dilihat pada [Gambar 5](#).



Gambar 5. Wilayah *fixed constraint*

2.6. Load Force

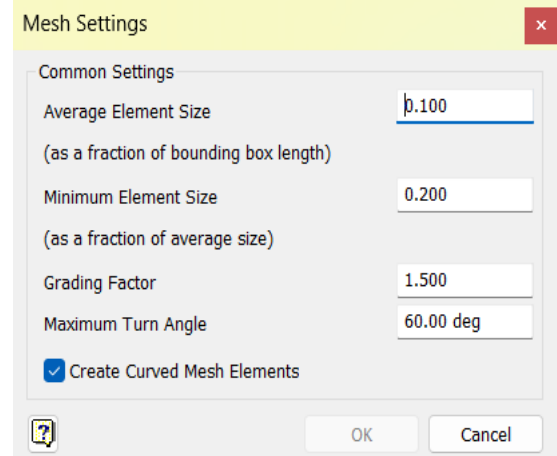
Load Force merupakan rekayasa pemberian gaya atau beban pada permukaan benda. *Load force* dalam kajian ini, didefinisikan sebagai beban dinamis yang diberikan oleh gaya tekan pompa hidrolik terhadap rangka. Gaya tekan dari komponen *hidraulic piston rod* diteruskan ke komponen *pressing plate*, lalu komponen *pressing plate* menekan material batako yang ada didalam komponen *brick mould*, dimana gaya penekanannya berlawanan. Besar *load force* yang diberikan mengacu pada variabel beban yaitu sebesar 700 kg; 1000 kg dan 1500 kg dalam satuan Kilogram, atau sebesar 6864 N; 9806 N dan 14709 N dalam satuan *Newton*. Untuk lebih jelasnya, letak *load force* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Load force*

2.7. Meshing

Meshing adalah proses memecah objek atau model menjadi bagian-bagian yang lebih kecil (Marpaung, Wibowo dan Harmadi, 2022). Bentuk dari *meshing* berupa jaring-jaring yang akan membagi struktur dari rangka. Proses *meshing* akan menghasilkan komponen berupa *nodes* dan *elements*. Pada kajian ini struktur dari rancangan rangka mesin pres batako menghasilkan nilai *nodes* sejumlah 101.898 dan nilai *elements* sejumlah 52.372. Jumlah *nodes* dan *elements* didapat dari pengaturan *mesh settings* yang dapat dilihat pada Gambar 7. Sedangkan hasil dari proses *meshing* model 3D dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. *Mesh settings*



Gambar 8. *Meshing*

2.8. Analisis Displacement, Von Mises Stress dan Safety Factor

Analisis *displacement* dilakukan untuk mengetahui regangan yang terjadi pada specimen rangka (Faraji, Kim dan Kashi, 2018). Ketika sebuah benda atau material dibebani dan berubah bentuk, sifat elastisnya memungkinkannya untuk kembali ke bentuk aslinya. Modulus elastisitas suatu material dihasilkan dari rasio antara *stress* dan tegangan terhadap tekanan yang dialami oleh struktur rangka dengan menggunakan Persamaan (1) (Hu, Marciniak dan Duncan, 2002):

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1)$$

Dimana:

- E = elastic modulus (MPa)
- σ = tegangan (MPa)
- ϵ = regangan (mm)

Perhitungan regangan merupakan proses yang dimulai dengan menghitung gaya tarikan pada benda. Kemudian, regangan dihitung dengan membagi gaya dengan luas penampang benda (Daryanto, 2007). Regangan juga digambarkan sebagai transformasi bentuk dari struktur material (Suwandi dkk., 2019). Regangan dibagi menjadi dua yaitu regangan rekayasa dan regangan sejati.

Regangan rekayasa adalah regangan yang dikalkulasikan menggunakan Persamaan (2) dengan ukuran specimen asli atau panjang awal dari specimen. Sedangkan regangan sejati adalah regangan yang dikalkulasikan secara bertahap pada saat specimen mengalami perubahan bentuk saja yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3) (Hu, Marciniak dan Duncan, 2002):

$$\epsilon_{eng} = \frac{l-l_0}{l_0} \times 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad (2)$$

$$\epsilon = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} \quad (3)$$

Dimana:

- ϵ_{eng} = regangan rekayasa
- ϵ = regangan sejati
- Δl = perubahan panjang (m)
- l_0 = panjang awal (m)
- l = panjang setelah diberi gaya (m)

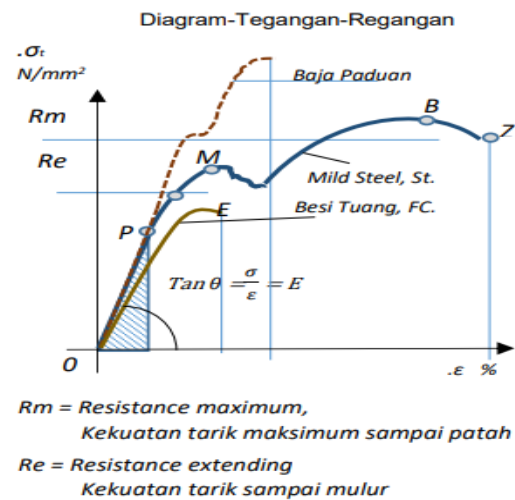
Konsep tegangan yang terdapat pada penelitian ini menggunakan teori tegangan luluh sisa (*von mises stress theory*). Kriteria luluh menggunakan Persamaan 4 (Hu, Marciniak dan Duncan, 2002):

$$\sqrt{\frac{1}{2}\{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\}} = \sigma_f \quad (4)$$

Dimana:

- $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ = principle stress
- σ_f = flow stress

Diagram tegangan-regangan pada Gambar 9 menunjukkan bahwa struktur rangka dari material *mild steel* ketika diberikan beban diatas kekuatan luluh (*yield point*) akan mengalami deformasi sehingga menyebabkan struktur dari material rangka akan mulur dan patah.



Gambar 9. Diagram tegangan-regangan (Dobrovolsky, 1968)

Tegangan luluh struktur rangka material *mild steel* yang diperoleh dari hasil pengujian *stress analysis* akan dibandingkan dengan spesifikasi sifat fisik dari material *mild steel* itu sendiri, guna mengetahui nilai faktor keamanan (*safety factor*) (Farshal, Nugroho dan Umardani, 2022).

2.9. Sifat Fisik Material

Sifat fisik material adalah sifat-sifat material yang bukan berasal dari pembebanan melainkan berasal dari struktur material. Agar rancangan rangka mesin pres batako aman, hasil analisis berupa nilai tegangan dan regangan yang didapat

setelah proses simulasi harus berada dibawah sifat fisik materialnya. Karakteristik sifat fisik material *mild steel* ditampilkan pada Tabel 1. Sedangkan parameter analisis terhadap kekuatan rangka dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Sifat fisik material *mild steel*

Parameter	Keterangan
Material	<i>Mild Steel</i>
Densitas	7,85 g/cm ³
Yield Strength	207 MPa
Modulus Young	220 GPa
Rasio Poisson	0,275 ul
Modulus Geser	86,2745

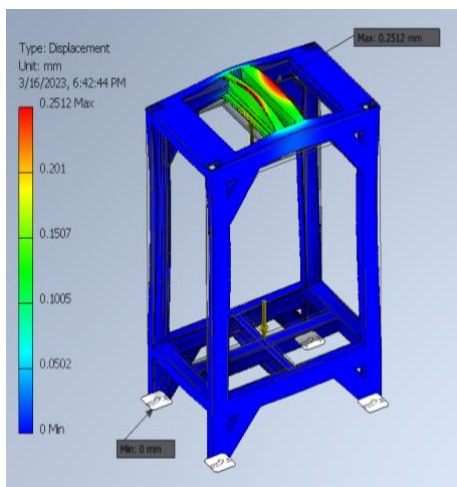
Tabel 2. Parameter analisis *deformation* atau *displacement*

Simulation type	Stress Analysis
Variabel Beban	700 kg (6864 N) 1000 kg (9800 N) 1500 kg (14709N)
Average Element Size	0,1mm
Min Element Size	0,2mm
Safety Factor	Yield strength
Jumlah Nodes	101.898
Jumlah Elements	52.372

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

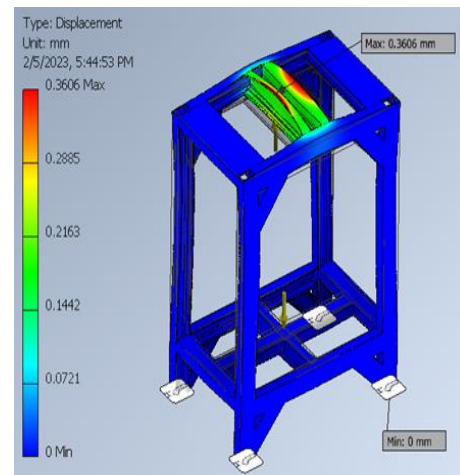
3.1. Simulasi Regangan (*Displacement*)

Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi regangan (*displacement*) pada material struktur rangka mesin pres batako terhadap variabel beban 700kg, diperoleh nilai *displacement* maksimum sebesar 0,25 mm.

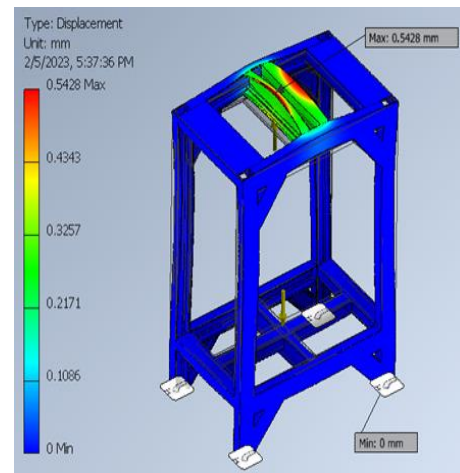


Gambar 10. Simulasi *displacement* pada beban 700 kg

Hasil simulasi regangan (*displacement*) pada material struktur rangka mesin pres batako terhadap variabel beban 1000 kg, diperoleh nilai *displacement* maksimum sebesar 0,36 mm (lihat Gambar 11). Sedangkan hasil simulasi regangan (*displacement*) pada material struktur rangka mesin pres batako terhadap variabel beban 1500 kg, diperoleh nilai *displacement* maksimum sebesar 0,54 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



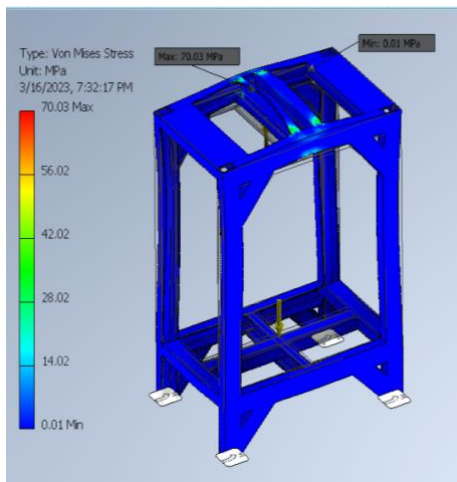
Gambar 11. Simulasi *displacement* pada beban 1000 kg



Gambar 12. Simulasi *displacement* pada beban 1500 kg

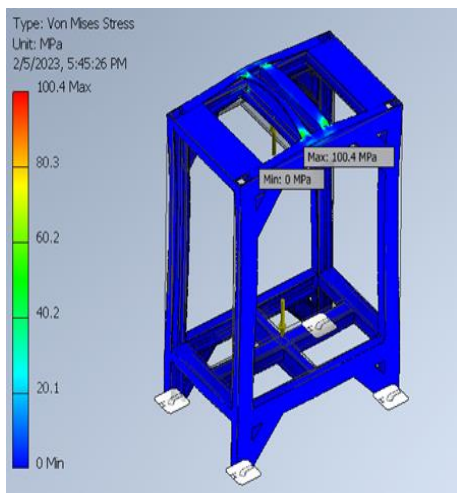
3.2. Simulasi Tegangan (*Von Mises Stress*)

Gambar 13 menunjukkan hasil simulasi tegangan (*von mises stress*) pada material struktur rangka mesin pres batako terhadap variabel beban 700 kg, diperoleh nilai *von mises stress* maksimum sebesar 70,03 MPa.



Gambar 13. Simulasi von mises stress pada beban 700 kg

Hasil simulasi tegangan (*von mises stress*) yang ditunjukkan pada Gambar 14, bahwa material struktur rangka mesin pres batako terhadap variabel beban 1000 kg menghasilkan nilai *von mises stress* maksimum sebesar 100,4 MPa.



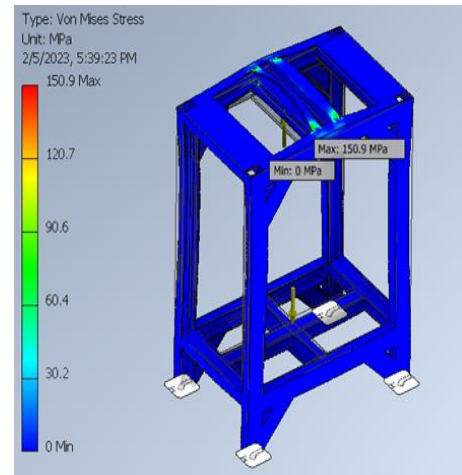
Gambar 14. Simulasi von mises stress pada beban 1000 kg

Sedangkan Gambar 15 menunjukkan hasil simulasi tegangan (*von mises stress*) pada material struktur rangka mesin pres batako terhadap variabel beban 1500kg, diperoleh nilai *von mises stress* maksimum sebesar 150,9 MPa.

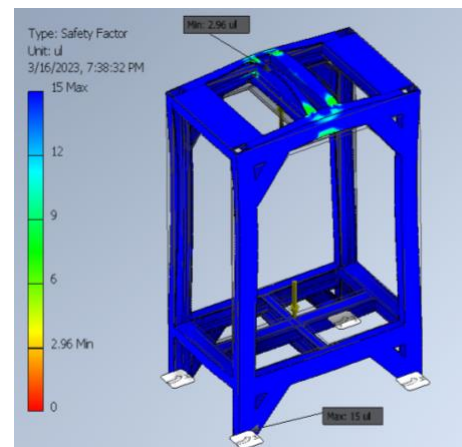
3.3. Simulasi Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Hasil simulasi faktor keamanan (*safety factor*) pada material struktur rangka mesin pres batako terhadap variabel beban 700 kg

berdasarkan Gambar 16, didapat nilai *safety factor* minimum sebesar 2,96.



Gambar 15. Simulasi von mises stress pada beban 1500 kg

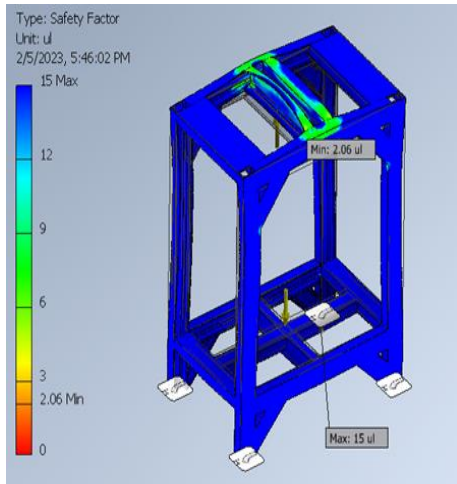


Gambar 16. Faktor keamanan struktur rangka mesin pres batako pada beban 700 kg

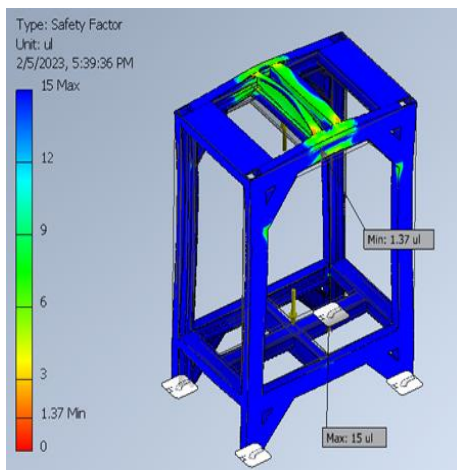
Hasil simulasi faktor keamanan (*safety factor*) yang ditunjukkan Gambar 17 pada material struktur rangka mesin pres batako terhadap variabel beban 1000 kg, didapat nilai *safety factor* minimum sebesar 2,06. Sedangkan untuk variabel beban 1500 kg, diperoleh nilai *safety factor* minimum sebesar 1,37 seperti pada Gambar 18.

Berdasarkan buku "*Machine Element*" karangan Dobrovolsky, rentang nilai keamanan yang disarankan untuk beban dinamis adalah 2,0 – 3,0 (Dobrovolsky, 1968). Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan struktur rangka mesin pres batako aman menahan beban dinamis sebesar 1000 kg, karena nilai *safety factor* yang didapat sebesar 2,06.

Sedangkan pada simulasi yang sama untuk pembebanan 1500 kg, struktur rangka dinyatakan tidak aman karena nilai *safety factor* yang didapat hanya sebesar 1,37.



Gambar 17. Faktor keamanan struktur rangka mesin pres batako pada beban 1000 kg



Gambar 18. Faktor keamanan struktur rangka mesin pres batako pada beban 1500 kg

4. SIMPULAN

Desain rangka mesin pres batako menggunakan material *mild steel* dengan dimensi 880 mm x 545 mm x 1200 mm. Berdasarkan simulasi *stress analysis*, struktur rangka mesin pres batako pada pembebanan 1000 kg atau 9800 N dinyatakan aman, karena mampu menahan beban sebesar 1000 kg dan memiliki nilai *safety factor* yang didapat sebesar 2,06; Hasil yang didapat tersebut, telah memenuhi nilai yang

disyaratkan untuk pembebanan dinamis, yaitu sebesar 2,0 – 3,0.

Ditinjau dari nilai tegangan *von mises stress* maksimum pada pembebanan 1000 kg didapat nilai sebesar 100,4 MPa, Nilai tegangan ini masih terhitung sangat aman karena nilainya masih jauh berada dibawah tegangan luluh (*yield strength*) dari material *mild steel*, yaitu sebesar 207 MPa. Mengacu pada hasil yang didapatkan dari simulasi, dapat disimpulkan bahwa rancangan rangka mesin pres batako dapat menahan beban dari mekanisme gaya tekan pres hidrolik hingga 1000 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Attorik, A.A. dkk. (2022) 'Simulasi Dan Analisis Kekuatan Pembebanan Frame Pada Perancangan Mesin Press Bearing Manual Hydraulic Jack Menggunakan Autodesk Inventor', *Jurnal Vokasi Mekanika*, 4(1), hal. 19-25.
- Aufana, D., Kabib, M. dan Hidayat, T. (2019) 'Perancangan Dan Simulasi Tegangan Frame Mesin Pengisian Curah Tembaku', *Jurnal Crankshaft*, 2(2), hal. 9-16.
- Daryanto, A. (2007) *Eksperimen Dan Analisis Pemodelan Uji Tarik Plat Logam (Sheet Metal) Dengan Standar ASTM E 8M*. Thesis. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Dobrovolsky, V. (1968) *Machine Elements*. Mir Publishers [Cetak].
- Faraji, G., Kim, H.S. dan Kashi, H.T. (2018) *Severe Plastic Deformation: Methods, Processing and Properties*. Butterworth-Heinemann: Elsevier [Cetak].
- Farshal, M.F., Nugroho, S. dan Umardani, Y. (2022) 'Analisis kegagalan sprocket pada transmisi mobil Antawirya', *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 17(2), hal. 97-101.
- Hamdani, A. dkk. (2020) 'Perancangan Dan Simulasi Tegangan Rangka Mesin Pres Batako', *Jurnal Crankshaft*, 3(2), hal. 1-6.
- Henshall, G.A., Helling, D.E. dan Miller, A.K. (1996) 'Improvements in the MATMOD Equations for Modeling Solute Effects and Yield-Surface Distortion', in *Unified Constitutive Laws of Plastic Deformation*. Butterworth-Heinemann: Elsevier [Cetak].
- Hu, J., Marciniak, Z. dan Duncan, J. (2002) *Mechanics of Sheet Metal Forming*. Butterworth-Heinemann: Elsevier [Cetak].

- Marpaung, F., Wibowo, E.T. dan Harmadi, R. (2022) 'Desain dan Analisis Tanki ISO LNG Kapasitas 40 feet Menggunakan Teknik Finite Element Analysis', *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 4(2), hal. 163-170.
- Megson, T.H.G. (2019) *Structural and Stress Analysis - 4th Edition*. Butterworth-Heinemann: Elsevier [Cetak].
- Sukanto dan Adhe Anggry (2012) 'Rancang Bangun Mesin Pengaduk Material Bahan Batako Berkapasitas 0,8 m³ Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung', in *STEMAN 2012. Seminar Nasional Rekayasa Dan Teknologi Manufaktur*, Bandung: Politeknik Manufaktur Bandung (2012), hal. 1-7.
- Suwandi, A. dkk. (2019) 'Simulation-based Prediction of Structural Design Failure in Fishing Deck Machinery a Hydraulic Type with Finite Element Method', in *IC-AMME 2018. The 1st International Conference on Automotive, Manufacturing, and Mechanical Engineering (IC-AMME 2018)*, Indonesia: E3S Web of Conferences, hal. 01001-01008.
- Syaukani, M. dkk. (2021) 'Desain dan Analisis Mesin Press Komposit Kapasitas 20 Ton', *Journal of Science, Technology, and Visual Culture*, 1(1), hal. 29-34.
- Wibawa, L.A.N. dan Himawanto, D.A. (2018) 'Analisis Ketahanan Beban Dinamis Material Turbin Angin Terhadap Kecepatan Putar Rotor (Rpm) Menggunakan Metode Elemen Hingga', *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 9(2), hal. 803-808.
- Younis, W. (2019) *Up and Running with Autodesk Inventor Simulation 2010 - 1st Edition*. 1st edn. Butterworth-Heinemann: Elsevier [Cetak].
- Yulianto, N. dan Winarso, R. (2012) 'Analisa Tegangan Pada Rangka Prototype Kendaraan Buge Menggunakan Elemen Hingga', *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 2(1), hal. 10-18.

