

**SIMULASI DAN ANALISIS KEKUATAN PEMBEBANAN *FRAME* PADA
PERANCANGAN MESIN *PRESS BEARING* MANUAL *HYDRAULIC JACK*
MENGUNAKAN *AUTODESK INVENTOR***

***SIMULATION AND ANALYSIS OF FRAME LOADING POWER IN THE DESIGN OF A
HYDRAULIC JACK PRESS BEARING MACHINE USING AUTODESK INVENTOR***

Al Afif Attorik⁽¹⁾, Ambiyar⁽²⁾, Delima Yanti Sari⁽³⁾ dan Bulkia Rahim⁽⁴⁾

(1), (2), (3) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

alafif0407@gmail.com

ambiyar@ft.unp.ac.id

delimayanti@yahoo.com

bulkiarahim.ft@unp.ac.id

Abstrak

Mesin *press* merupakan suatu mesin yang beroperasi untuk menghasilkan tekanan tinggi pada suatu objek. Sumber tenaga dapat berasal dari mesin hidrolis, tenaga manusia, motor listrik dan hal lainnya. Penelitian ini diangkat dari masalah yang terjadi pada *frame* atau rangka mesin *press bearing* hidrolis manual yang mengalami *bending* yang cukup parah pada bagian rangka atas (*head support*) yang dapat merusak kerangka mesin dan adanya beban (*force*) yang belum diketahui yang diterima oleh *frame* mesin *press* sehingga *frame* tersebut mengalami *bending*. Maka dilakukan perancangan ulang dalam bentuk desain gambar yang bisa dianalisis kekuatan dan tegangan yang terjadi pada *frame* tersebut yang memungkinkan peneliti bisa mengetahui nilai beban yang aman dipakai untuk *frame* tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan nilai dari tegangan yang terjadi pada *frame* dan nilai keamanan yang diperoleh dari hasil perancangan struktur rangka mesin *press* berupa gambar teknik dan analisa kekuatan struktur. Penelitian ini dibatasi dengan pemuatan 20 Ton. Penelitian ini mengkaji desain, simulasi dan analisis tegangan struktur rangka mesin *press bearing* hidrolis manual kapasitas 20 Ton dengan menggunakan metode elemen hingga atau bisa dikatakan juga sebagai *Finite Element Analisis* (FEA). Material yang digunakan adalah *Stell Mild*. Analisis elemen hingga dilaksanakan dengan sistem numerik menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2021. Hasil dari simulasi dan jug analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa struktur rangka mesin *press bearing* memiliki tegangan, deformasi, massa, dan faktor keamanan sebesar 0,7854 MPa, 0,002533 mm, 75.362 kg, dan 15.

Kata Kunci: Mesin *Press*, Struktur Rangka, Autodesk Inventor 2021, Analisis Elemen Hingga, Analisis Tegangan.

Abstract

A press machine is a machine that operates to produce high pressure on an object. Power sources can come from hydraulic machines, human power, electric motors and other things. This research was raised from problems that occurred in the frame or frame of the manual hydraulic press bearing machine which experienced severe bending in the upper frame (head support) which could damage the machine frame and the unknown force received by the press machine frame. so that the frame is bent. Then a redesign is carried out in the form of an image design that can be analyzed for the strength and stress that occurs in the frame which allows researchers to find out the value of the load that is safe to use for the frame. This study aims to reveal the value of the stress that occurs in the frame and the safety value obtained from the results of the design of the press machine frame structure in the form of technical drawings and structural strength analysis. This research is limited to 20 Ton loading. This research examines the design, simulation and stress analysis of the frame structure of a 20 Ton manual hydraulic press bearing machine using the finite element method or also known as Finite Element Analysis (FEA). The material used is Steel Mild. Finite element analysis was carried out using a numerical system using Autodesk Inventor Professional 2021 software. The results of the simulation and also the analysis that has been carried out shows that the frame structure of the press bearing machine has a stress, deformation, mass, and safety factor of 0.7854 MPa, 0.002533 mm, 75,362 kg, and 15.

Keywords: Press Machine, Frame Structure, Autodesk Inventor 2021, Finite Element Analysis, Stress Analysis.

I. Pendahuluan

Peradaban manusia sekarang semakin maju dengan perkembangannya teknologi yang sangat pesat dan sudah banyak membantu pekerjaan manusia dalam menyelesaikan permasalahan yang sulit untuk dipecahkan, dengan ditemukannya teknologi baru merupakan bukti manusia selalu memikirkan bagaimana cara merancang atau mendisain serta menemukan hal yang baru guna mempermudah pekerjaan yang dilakukan dalam berbagai bidang pekerjaan dan teknologi. Kecepatan perkembangannya yang pesat dapat dilihat di dalam bidang industri yang banyak memerlukan sarana penunjang dalam melancarkan pekerjaan yang dilakukan suatu industri ataupun laboratorium.

Press hidrolik merupakan mesin yang sering digunakan dan sangat diperlukan dalam lingkup proses pemesinan dan mekanik, Mesin *press* yang digerakkan dengan tekanan adalah mesin modern yang memiliki kerangka bertenaga air yang dapat bekerja secara bebas dengan memanfaatkan tekanan yang ditemukan secara independen untuk setiap mesin. (Indah et al., 2017). Alat *press* hidrolik ialah memanfaatkan kekuatan dongkrak untuk menekan sebuah komposit pada alat *press* (Sarif, 2018). Salah satu kegunaan dari *Press* hidrolik ini adalah sebagai alat pelepas atau pemasang *bearing* (bantalan). *Bearing* adalah komponen mesin yang menopang poros bertumpuk, sehingga revolusi atau pengembangan ke sana kemari dapat terjadi tanpa hambatan, aman, dan dengan masa pakai yang lama. (Harling & Apasi, 2018).

Bearing adalah suatu bagian dari komponen mesin yang memegang peranan penting dengan alasan bahwa kapasitas *bearing* adalah untuk membantu poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami erosi yang tidak perlu. (Rachman et al., n.d.).

Bantalan (*bearing*) merupakan suatu komponen yang penting dalam suatu konstruksi, dalam menjadikan pergerakan yang sejalan diantara 2 bagian komponen, biasanya gerakan *anguler* atau *linier*. Menggunakan bantalan akan menjadikan kontak diantara dua komponen sangat signifikan jika dari pada tanpa bantalan. Mesin *press bearing* hidrolik manual ini memakai struktur kerangka yang digerakkan oleh tekanan, dalam sistem yang berfungsi sebagai hidrolik yaitu dongkrak berperan penting dalam siklus tekanan dan sistem tekanan yang berfungsi dibatasi hingga 20 ton sesuai dengan batas tenaga dongkrak yang digunakan. (Iik Hikmatul Akbar, Yudi Samanthan, n.d.)

Teknik penggunaan hidrolik ini dalam sebuah mesin sangat banyak ditemukan dalam ruang lingkup masyarakat dan tidak sedikit pula orang yang sudah memakai alat tersebut, mesin *press bearing* hidrolik dipergunakan untuk memasang bantalan yang sulit dipasang secara manual. Jadi tidak memerlukan

tenaga yang besar untuk mengaplikasikannya. Mesin ini juga dapat digunakan untuk menekan *soft breaker*. (Yusup et al., 2015)

Perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini memakai sebuah metode numerik yang di kenal sebagai metode elemen hingga atau *Finite Element Analysis* (FEA) atau bisa disebut juga metode elemen hingga, Metode elemen hingga bisa dikatakan juga sebagai prosedur numerik untuk memecahkan masalah mekanika kontinum dengan ketelitian yang dapat diterima oleh rekayasawan (ROBER D, n.d.). metode elemen hingga ialah prosedur tipikal untuk memperoleh estimasi untuk masalah nilai batas. Strategi ini telah digunakan dengan pencapaian luar biasa dalam menangani berbagai masalah di hampir semua bidang desain dan ilmu material numerik. (Bargess et al., 2000). Metode ini dipakai untuk mencari nilai dari defleksi, tegangan, dan faktor keamanan yang bisa ditahan oleh struktur desain rangka mesin *press bearing* hidrolik manual, begitupun untuk kekuatan bahan yang dipakai sebagai rangka dari mesin *press bearing* tersebut, akan menghasilkan perpaduan rangka yang aman, kuat, dan mampu menahan beban atau gaya yang diberikan kepada rangka mesin *press*. Adapun material untuk membuat struktur rangka mesin *press bearing* ini adalah Baja ST 37 Profil U. Baja St 37 adalah baja karbon sedang yang setara dengan AISI 1045, dengan komposisi kimia Karbon: 0.5 %, Mangan: 0.8 %, Silikon: 0.3 % ditambah *unsure* lainnya. Dengan kekerasan ± 170 HB dan kekuatan tarik 650 - 800 N/mm² (Wunda et al., 2019). Material Baja ST 37 yang merupakan baja karbon rendah yang memiliki kadar karbon 0,08- 0,30(9) (Manufaktur, 2018).

Penelitian memfokuskan dalam kekuatan dan keamanan dari struktur rangka mesin *press* bagian atas sampai bagian kedudukan *bearing* yang terbuat dari Baja ST 37 Profil U. Perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan Metode *Finite Element Analysis* (FEA) untuk mencari nilai dari defleksi, tegangan, dan faktor keamanan pada bagian atas rangka sampai dengan bagian kedudukan *bearing* pada mesin *press bearing* manual, sehingga dapat diketahui kekuatan bodi rangka mesin *press* dalam menahan tekanan dari dongkrak.



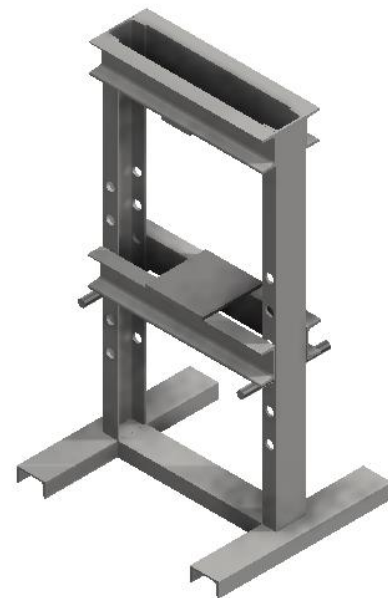
Gambar 1. *Bending* yang Terjadi pada *Frame*.

Penelitian ini memfokuskan pada analisis kekuatan tekan terhadap struktur rangka mesin *press bearing* hidrolik manual. Penelitian ini diambil karena permasalahan yang terjadi pada pembuatan struktur rangka mesin *press bearing* hidrolik manual di PT. Sago Design Engineering pada *prototype* pertama menggunakan penopang atas (*Head Supports*) dengan disain satu *frame* yang mengalami *bending* pada rangka atas dan menimbulkan kerusakan rangka. Sehingga pembuatan struktur mesin *press bearing* hidrolik manual diputuskan untuk dibuat ulang dengan *design* rangka yang berbeda, maka dari itu diperlukan untuk melakukan mendahulukan proses analisis, guna mencari tahu nilai dari kekuatan rangka yang didesain. Berasal dari *problem* di atas maka analisis struktur rangka mesin *press bearing* hidrolik manual yang diambil sampelnya dari bagian rangka atas sampai bagian kedudukan benda, untuk mendapatkan nilai dari defleksi rangka, tegangan dan kekuatan dari rangka mesin *press bearing* manual yang dibuat.

II. Metode Penelitian

A. Material

Material yang dipilih untuk melakukan penelitian dan merancang struktur rangka mesin *press bearing* manual yaitu material *Steel Mild*. *Steel Mild* atau baja ringan adalah salah satu senyawa penting dari besi yang memiliki banyak aplikasi *modern* karena sifat mekaniknya yang menakjubkan, namun baja ringan rentan terhadap korosi. (Stiadi & License, 2019). Desain dan gambar 3D mesin *press bearing* manual yang tertera pada Gambar 2



Gambar 2. Desain 3D Mesin *Press Bearing* Hidrolik Manual

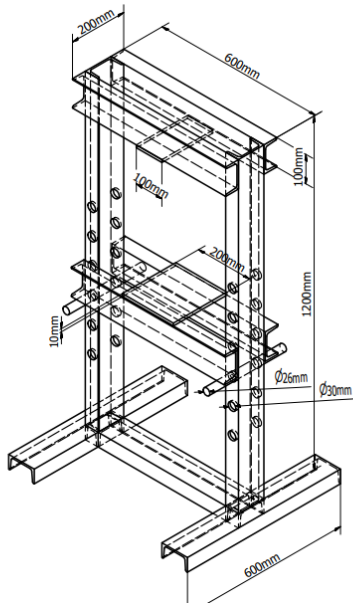
B. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak berupa aplikasi yang akan dipakai pada penelitian ini berupa perangkat lunak Inventor Professional 2021. Autodesk Inventor Professional merupakan bagian dari produk yang dikeluarkan oleh Autodesk yang dahulu lebih familier bersama dengan produk AutoCad (Wibawa, n.d.). Simulasi yang digunakan melalui *software* Autodesk Inventor sangat membantu dalam melakukan analisis untuk memberikan bukti validitas dari sebuah desain (Ari & Wibawa, 2019c). Kelebihan dari metode ini adalah hemat waktu dan lebih praktis saat mendisain gambar sebelum membuatnya menjadi barang nyata (Ari & Wibawa, 2021).

Analisis tegangan merupakan salah satu nilai yang akan didapatkan dari perangkat lunak Inventor memakai metode berupa analisis elemen hingga. Metode elemen hingga merupakan metode yang umum digunakan oleh *software* analisis struktur. Analisis elemen hingga adalah prosedur estimasi yang menggunakan kerangka matematika numerik dalam menghitung kekuatan dan kinerja struktur bagian yang dirancang dengan membagi artikel menjadi bentuk penampang. (*mesh*). (Ari & Wibawa, 2019a)

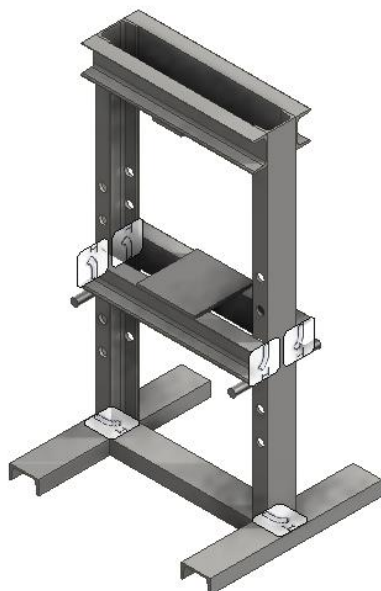
Prosedur dalam menjalankan simulasi ini untuk mendapatkan nilai tegangan melalui analisis perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2021 sebagai berikut:

Pertama, mendesain rangka struktur rangka mesin *press bearing* hidrolik manual. Gambar desain dinyatakan dalam dimensi dan bentuk dari struktur rangka mesin *press bearing* hidrolik manual. Dimensi rangka mesin *press bearing* hidrolik manual secara detail digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Dimensi Mesin *Press Bearing* Hidrolik Manual Kapasitas 20 Ton (dalam mm)

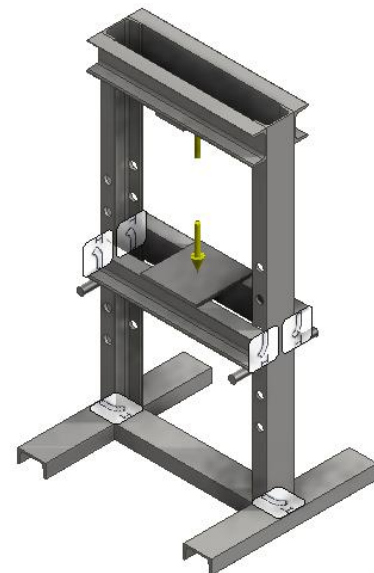
Tahap kedua, yaitu menentukan dan mencari jenis dari material yang dipakai. Material yang dipakai adalah *Steel, Mild*, material ini merupakan material yang awet dan *low-maintenane*. Setelah itu dilanjutkan dengan membuat batasan (*constraint*). Batasan ini dipakai dalam *fixed constraint* pada kedudukan kaki rangka mesin *press bearing* hidrolik manual dan kedua sisi meja kerja rangka mesin *press bearing* hidrolik manual (Gambar 4).



Gambar 4. Posisi *Fixed Constraint* Mesin *Press Bearing* Hidrolik Manual

Tahap berikutnya, menentukan besarnya beban atau tekanan. Besarnya beban yang diberikan pada struktur rangka adalah 20 Ton (20.000kg). Satuan gaya atau beban pada penelitian ini adalah Newton (N), agar mendapatkannya dalam Newton maka harus dikalikan dengan percepatan gravitasi ($9,81\text{m/s}^2$) menjadi 196.200 N. Letak beban berada pada sisi tengah *frame*

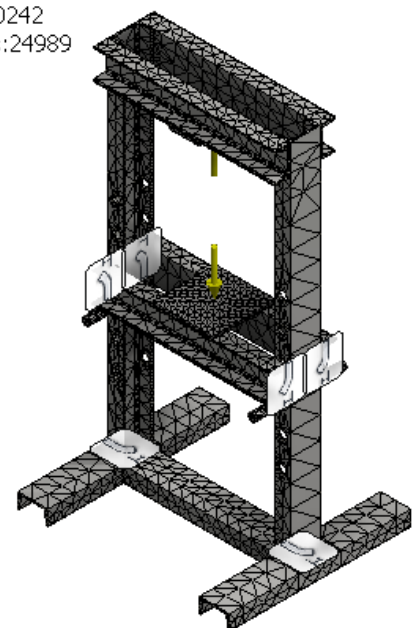
mengarah ke bawah dan atas *frame* mengarah ke atas mesin *press bearing* (Gambar 5). Kedua sisi tersebut yang nantinya dipasang dongkrak hidrolik manual.



Gambar 5. Letak Beban Mesin *Press Bearing* Hidrolik Manual

Prosedur selanjutnya adalah *meshing*. *Meshing* adalah proses pembagian bentuk objek menjadi beberapa komponen, (Mesh) Jumlah cell merupakan daerah yang memiliki perubahan yang sangat tajam, umumnya pengukuran penampang dilakukan dengan halus, sedangkan untuk daerah yang berbeda dilakukan sedikit agak kasar. (Susilo, n.d.), di tahap ini komponen dibagi menjadi 24989 elemen dan 50242 node, detailnya ditunjukkan pada Gambar 6.

Nodes:50242
Elements:24989



Gambar 6. Proses *Meshing* Struktur Rangka Mesin *Press Bearing* Hidrolik Manual

Proses berikutnya yaitu, *running simulation* atau menjalankan program simulasi. Program simulasi

yang dijalankan akan mengeluarkan hasil berupa massa, tegangan *Von Mises*, faktor keamanan, dan deformasi (*displacement*). Proses simulasi akan memunculkan bagian-bagian yang mengalami tekanan dari desain struktur rangka yang telah dibuat. Nilai besaran yang digunakan sebagai parameter dalam melakukan analisis terhadap tegangan yang terjadi pada rangka menggunakan Autodesk Inventor Professional 2021 secara detail bisa kita lihat dari Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Parameter Nilai Tegangan

Parameter	Keterangan
Tipe Simulasi	<i>Single Point</i>
Kapasitas	20 Ton (20.000 kg)
Percepatan grafitasi	9,81 m/s ²
Total beban	196.200 N
<i>Average element size</i>	0,1 mm
<i>Minimum element size</i>	0,2 mm
<i>Safety factor</i>	Berdasarkan <i>yield strength</i>
Jumlah node	50242
Jumlah elemen	24989

III. Hasil dan Pembahasan

A. Analisis Sifat Material

Analisis sifat material sangat diperlukan untuk mendapatkan nilai yang akan dimasukkan dalam analisis struktur. Sifat fisik material yang diinformasikan pada tabel 2 adalah sifat fisik material *Steel Mild*. Material *Steel Mild* memiliki densitas sebesar 7.85 gram/cm³. Nilai ini berpengaruh pada massa total struktur rangka mesin *press bearing* hidrolik manual seberat 75.362 kg.

Tabel 2. Sifat fisik material *Steel Mild*.

Material	<i>Steel Mild</i>
<i>Density</i>	7.85 g/cm ³
<i>Mass</i>	75.362 kg
<i>Area</i>	2638840 mm ²
<i>Volume</i>	9600260 mm ³
<i>Yield Strength</i>	207 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	345 MPa
<i>Young's Modulus</i>	220 GPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0.275 ul
<i>Shear Modulus</i>	86.2745 GPa

Beban tiga dimensi yang berlaku pada benda elastis, akan terjadi tegangan kompleks, yang menyatakan

bahwasanya di setiap titik pada bagian benda ada tekanan yang bekerja dalam berbagai arah. Tegangan *Von Mises* menjadi faktor penting dalam menentukan apakah desain struktur tersebut aman atau akan mengalami kegagalan (Uji & Antariksa, 2019). Barometer dari *Von Mises* memberikan petunjuk yang menyatakan material yang ulet akan menjadi luluh. Ketika nilainya sudah kritis yang disebabkan nilai invarian kedua tegangan *deviatoric* (Uji *et al.*, 2018). Kejadian ini termasuk ke dalam teori plastisitas yang dianggap paling baik untuk sebuah material berbahan ulet, paling utama pada material logam. Tegangan ini sering disebut juga sebagai tegangan ekuivalen atau setara.

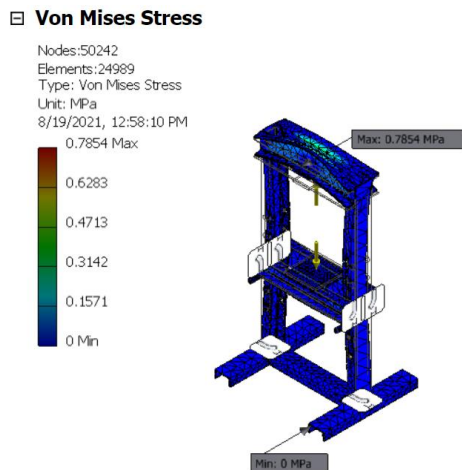
Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi struktur rangka mesin *press bearing* hidrolik manual terhadap beban 196.200 N. Tegangan *Von Mises* maksimal sebesar 0,7854 MPa. Tegangan *Von Mises* masih berada di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) material *Steel Mild*, yaitu sebesar 207 MPa.

Perubahan bentuk atau deformasi ialah salah satu penanda penting untuk memutuskan apakah bahan yang digunakan cukup ekstrim untuk menahan beban yang ideal. Terjadinya deformasi merupakan akibat dari material menerima gaya atau beban. Semakin kecil nilai deformasi, maka semakin kuat suatu material. Nilai deformasi maksimal pada simulasi ini relatif kecil, yaitu 0,002533 mm (Gambar 8).

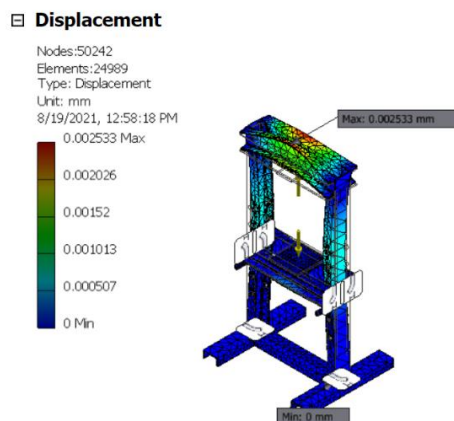
Faktor keamanan merupakan faktor yang dipakai untuk menilai agar susunan komponen mesin bisa dijamin keamanannya, sesuai hipotesis dari Mott, yang mendapat beban statis dengan tingkat kepastian yang tidak dapat disangkal nilai faktor keamanan adalah 1,25 hingga 2,0 (Roswandi *et al.*, 2020). Faktor keamanan adalah faktor yang digunakan untuk menilai sehingga rencana dipastikan keamanan dengan pengukuran paling sedikit (Ari & Wibawa, 2021). Faktor keamanan dapat ditentukan baik pada tekanan elastis paling ekstrim atau tekanan luluh material (Ari & Wibawa, 2019b). Kekuatan luluh (*yield strength*) material menggunakan *software* Inventor dapat dihitung sebagai faktor keamanan (*safety factor*) yang berasal dari material yang sudah dibagi dengan tegangan *Von Mises* maksimum material tersebut.

Nilai faktor keamanan secara umum pada penelitian ini sudah memenuhi syarat untuk mampu menahan tegangan statis. Tegangan statis merupakan tegangan yang menerima beban dengan kecepatan yang lambat, tanpa adanya beban kejutan dan bertahan pada besaran atau nilai selalu konstan, setiap tegangan yang dihasilkan pada keadaan tersebut disebut tegangan statis (*static stress*). Maka struktur ini dinyatakan aman karena nilai faktor keamanan minimumnya yaitu 15 (Gambar 9). Apabila nilai minimum yang dihasilkan oleh struktur rangka mesin *press bearing* manual ini berkisar antara 1 atau dibawahnya, maka struktur rangka mesin *press bearing* ini masih tidak aman untuk dijadikan rangka dan perlu dilakukan

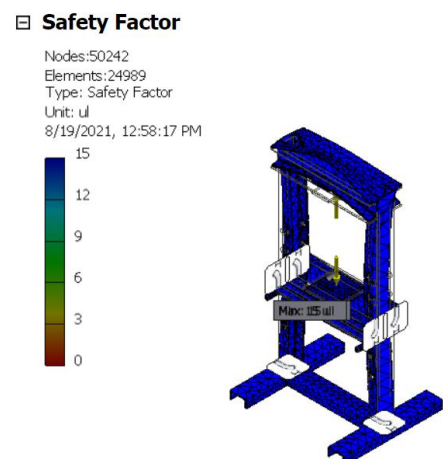
pemodelan ulang, karna nilai dari faktor keamanan yang diberikan pada suatu material dikatakan aman atau mampu menahan beban statis berkisar antara 1,25-2 (Dobrovolsky, 1978). Besarnya nilai dari keamanan rangka ini masih sangat aman, bahkan untuk menahan beban kejut sekalipun.



Gambar 7. Tegangan Von Mises Struktur Rangka Mesin Press Bearing Hidrolik Manual Dengan Beban 196.200 N.



Gambar 8. Deformasi Struktur Rangka Mesin Press Bearing Hidrolik Manual Dengan Beban 196.200 N.



Gambar 9. Faktor Keamanan Rangka Mesin Press Bearing Hidrolik Manual Dengan

Beban 196.200 N.

B. Kesimpulan

Desain struktur rangka mesin *press bearing* hidrolik manual menggunakan material *SteelMild* memiliki massa sebesar 75.362 kg. Pada pembebanan 20.000 kg atau 196.200 N, struktur rangka pada mesin *press bearing* hidrolik manual mendapatkan nilai tegangan maksimum di *Von Mises* sebesar 0,7854 MPa, dan berdasarkan nilai tersebut kekuatan luluhnya (*yield strength*) nilai tegangan ini masih terhitung aman karna nilainya berada jauh bawah kekuatan luluh material *Steel Mild*, yaitu 207 MPa. Pada pemberian beban di 20.000 kg atau 196.200 N, struktur rangka mesin *press bearing* menerima gaya dari dongkrak yang memiliki nilai deformasi maksimum sebesar 0,002533 mm. Pada pembebanan 20.000 kg atau 196.200 N, struktur rangka mesin *press bearing* memiliki nilai safety factor minimum sebesar 15. Nilai ini menunjukkan desain dari struktur rangka mesin *press bearing* sangat aman untuk menahan beban statis maupun kejut.

Referensi

- Ari, L., & Wibawa, N. (2019a). *Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Meja Kerja (Workbench) Balai Lapan Garut Menggunakan Lasinta Ari Nendra Wibawa*. 3(1), 13–17.
- Ari, L., & Wibawa, N. (2019b). *Kekuatan Rangka Main Landing Gear Untuk Pesawat UAV*. V(1), 46–50.
- Ari, L., & Wibawa, N. (2019c). *Pengaruh Pemilihan Material Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Untuk Pesawat Uav Effect Of Material Selection On The Strength Of The Main*. 2(1).
- Ari, L., & Wibawa, N. (2021). *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017* (Issue February 2018).
- Bargess, M. F., Lesmana, C., Tallar, R. Y., Sipil, J. T., Maranatha, U. K., Prof, J., Suria, D., & Mph, S. (2000). *Dengan Metode Elemen Hingga*.
- Harling, V. N. Van, & Apasi, H. (2018). *Perancangan Poros Dan Bearing Pada Mesin Perajang Singkong*. 2.
- lik Hikmatul Akbar, Yudi Samanthan, E. K. (n.d.). *Proses Pembuatan Press Hidrolik Kapasitas Maksimal 15 Ton*. *Teknik Mesin Universitas Majalengka*, 1, 5.

- Indah, N., Baehaqi, M., Mesin, S. T., Teknik, F., Mercu, U., & Jakarta, B. (2017). *Desain dan Perancangan Alat Pengepres Geram Sampah Mesin Perkakas 1,2. 06(1)*, 13–20.
- Manufaktur, K. D. A. N. (2018). *Tugas Sarjana Konstruksi Dan Manufaktur*.
- Rachman, A., Hartono, B., Yuliaji, D., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., Ibn, U., & Bogor, K. (n.d.). *Analisa Getaran Pada Bearing Berbasis Kerusakan Bearing*
- Rober D, C. (n.d.). *Konsep Dan Aplikasi Metode Elemen Hingga*.
- Roswandi, I., Kawasan, G., Serpong, P., & Selatan, T. (2020). *Analisis Beban Pada Hook Pembalik Produk Aet Dengan Software Solidwork 2018 17*, 10–18.
- Sarif, L. (2018). Perancangan dan Desain Alat Press Hidrolik Kapasitas Maksimal 10 Ton. *ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin Perancangan*, 3(4).
- Stiadi, Y., & License, A. (2019). *Inhibisi Korosi Baja Ringan Menggunakan Bahan Alami Dalam Medium Asam Klorida: Review Yeni Stiadi * , Syukri Arief, Hermansyah Aziz, Mai Efdi, Emriadi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas*. 51–65.
- Susilo, J. (n.d.). *Simulasi Penggunaan Fins Undership Terhadap Tahanan Dan Gaya Dorong Kapal Dengan Metode Analisa CFD*.
- Uji, B., & Antariksa, P. (2019). *Pengaruh Diameter Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Pesawat Uav Menggunakan Metode Elemen Hingga. 17*, 26–32.
- Uji, B., Antariksa, P., Penerbangan, L., & Lapan, N. (2018). *Pengaruh Kecepatan Landing Vertikal Terhadap Menggunakan Metode Elemen Hingga. 35–42*.
- Wibawa, lasinta ari nendra. (n.d.). *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Provesional 2017*.
- Wunda, S., Johannes, A. Z., Pingak, R. K., Ahab, A. S., Fisika, P., Sains, F., & Cendana, U. N. (2019). *Analisis Tegangan , Regangan Dan Deformasi Crane Hook Dari Material Baja Aisi 1045 Dan Baja St 37 Menggunakan Software Elmer. 4(2)*.
- Yusup, S. M., Yunus, R. M., & Samantha, Y. (2015). *Perancangan Alat Press Hidroulik Kapasitas Maksimal 15 Ton. Jurnal Teknik Mesin, 3(1)*, 15–18.