

Analisa Konstruksi Mesin Bubut Duplikat Untuk Profil Kayu Dengan Ukuran Kayu Diameter 15 Cm Dan Panjang 50 Cm

Bambang Setiawan^{1*}, Gunawan Hidayat², Thomas Djunaedi³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat

*Email: bambang.setiawan@umj.ac.id

ABSTRACT

In desaining wood profile lathes, the quality and strength are calculated by analyzing various loads that occur in the lathes and choosing suitable materials to be used in the manufacture of lathes, the materials used are 40 X 40 mm hollow beam type AISI 304 with tensile strength $6 \times 108 \text{ N} / \text{m}^2$, modulus elasticity $1.9 \times 1011 \text{ N} / \text{m}^2$, performed to calculate the distribution of the load received by the rangkan of 757 N and done to get the results close to the original as a reference for making the lathe frame duplicate the wood profile. To do the simulation, solidwork software is needed as a means to DESAIN and DESAIN the lathe frame strength duplicate the wood profile. Manual calculation results are compared with finite element analysis (FEA) simulations. Strength analysis in the frame is obtained $3.9 \times 10^7 \text{ N} / \text{mm}^2$, the deflection that occurs is 0.08 mm.

Keywords: FEA, stress, deflection. Load distribution, wood profile.

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri mebel sekarang di tuntut inovasi dalam hasil buaatannya[1], Pengrajin kayu sangat kesulitan dengan permintaan properti mebel semakin banyak dengan bentuk yang variatif, Serta di butuhkan inovasi alat yang mempermudah pengrajin kayu dalam membuat prodak yang berkualitas dan cepat. Maka Perlu di buat mesin bubut duplikat profil kayu yang sederhana dalam pengerjaannya dan mempunyai fleksibilitas serta inovasi dalam produk[2,3]. Mesin bubut duplikat profil kayu yang ada saat ini di rasakan mempunyai desain yang rumit dan bentuk fisik yang besar serta hasil yang di dapatkan kurang halus dan butuh finishing ulang untuk menciptakan kreasi mesin bubut duplikat profil kayu ini, Di buat dan di rancang mesin bubut duplikat profil kayu dengan ukuran maksimal kayu maksimal diameter 15 cm dan panjang 50 cm. Perhitungan serta analisa kekuatan rancangan akan di pakai dalam acuan pembuatan mesin bubut duplikat profil kayu. Hitungan tegangan, regangan, dan defleksi pada saat pembebanan agar di perhitungan sebagai pertimbangan dalam perancangan ini.

Konsep Dasar Elemen Hingga (*Finite Elements Method*)

Persoalan perancangan dapat diselesaikan dengan cara matematis dan numeris. Untuk benda-benda yang mempunyai bentuk yang tidak teratur (elemen isoparametrik), penyelesaiannya akan sulit menggunakan cara matematis. Sehingga perlu digunakan cara numerik, yang dalam perkembangannya disebut sebagai Metode Elemen Hingga (*Finite Elements Method*)[4,5]. Bila suatu kontinu dibagi – bagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil (subregion) maka bagian-bagian kecil ini disebut elemen hingga. Proses pembagian suatu kontinu menjadi elemen hingga ini dikenal sebagai proses pembagian (deskritisasi), sehingga elemen hingga merupakan pendekatan bagian demi bagian dengan menggunakan polinomial yang mana masing-masing terdefinisi pada daerah (elemen) yang kecil dan dinyatakan dalam harga-harga titik simpul dari fungsi tersebut

Dinamakan elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga dan umumnya mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana dibandingkan kontinunya. Metode ini menjadi suatu solusi permasalahan yang sering dijumpai dalam dunia teknik seperti perpindahan kalor, mekanika fluida, analisa struktur, mekanika benda pejal, sampai dengan getaran. Tujuan utama

analisis dengan menggunakan Metode Elemen Hingga adalah untuk memperoleh pendekatan tegangan dan perpindahan yang terjadi pada suatu struktur[6].

Elastisitas.

Dalam memilih material logam untuk pembuatan batang penghubung, yang harus diperhatikan adalah sifat – sifat material, antara lain kekuatan (*strength*), keliatan (*ductility*), kekerasan (*hardness*), dan kekuatan lelah (*fatigue strength*). Sifat mekanik material didefinisikan sebagai ukuran kemampuan material untuk menahan gaya atau tegangan. Pada saat menahan beban, struktur molekul berada dalam keseimbangan[7].

Gaya luar pada proses penarikan tekanan, pemotongan, penempaan, pengecoran dan pembengkokan mengakibatkan material mengalami tegangan. Hampir semua benda teknik memiliki sifat elastisitas. Suatu sistem struktur diperuntukan mengemban fungsi tertentu, sekaligus menahan pengaruh gaya luar yang ada. Apabila gaya luar yang menghasilkan perubahan bentuk (*deformation*) kemudian gaya tersebut dilepas, maka kembali ke bentuk semula, karena elastisitas bahan[8].

Dalam hal ini struktur unit rangka batang penghubung motor yang akan dianalisis memiliki sifat elastisitas, yang dibatasi dengan anggapan bahwa bahan rangka isotropis, yaitu sifat elastisitasnya sama kesemua arah dengan bahan rangka yang akan dianalisis berada pada daerah elastis linear. Hubungan regangan peralihan untuk benda elastis dalam koordinat Cartesius dinyatakan dalam bentuk matriks.

Deformasi

Deformasi terjadi bila bahan mengalami gaya. Selama deformasi, bahan menyerap energi sebagai akibat adanya gaya yang bekerja sepanjang deformasi. Sekecil apapun gaya yang bekerja, maka benda akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran[8,9]. Perubahan ukuran secara fisik ini disebut sebagai deformasi. Deformasi ada dua macam, yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang terjadi akibat adanya beban yang jika beban diadadakan, maka material akan kembali seperti ukuran dan bentuk semula, sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang bersifat permanen jika bebannya dilepas.

Deformasi benda karena gaya yang bekerja misalkan sebuah benda mendapat tegangan tarik. Diketahui bahwa tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Maka regangan:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{P}{AE} \quad (2)$$

Dimana

P = Beban atau gaya yang bekerja pada benda

l = Panjang benda

E = Luas penampang benda

σ = Tegangan yang timbul pada benda

E = Modulus Elastisitas material benda

ε = Regangan

δl = Deformasi benda

Teori Von Mises

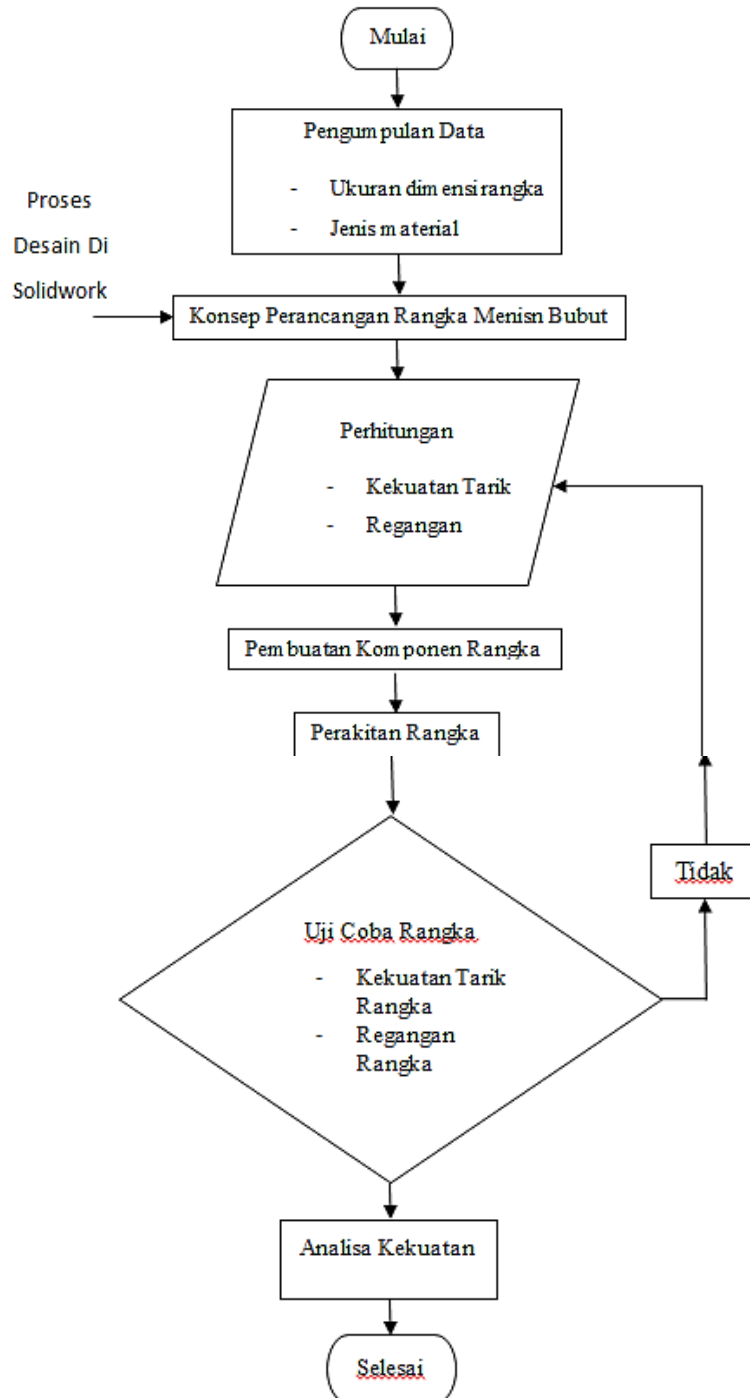
Von mises menyatakan bahwa akan terjadi luluh bilamana invarian kedua *deviator* tegangan J_2 melampaui harga kritis tertentu. Dengan kata lain luluh akan terjadi pada saat energi distorsi atau energi regangan geser dari material mencapai suatu nilai kritis tertentu[10]. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa energi distorsi adalah bagian dari energi regangan total per unit volume yang terlibat di dalam perubahan bentuk.

$$J_2 = k^2$$

(3)

Dalam ilmu material dan teknik, kriteria luluh *von Mises* dapat juga diformulasikan dalam *von Mises stress* atau *equivalent tensile stress*, σ_v , nilai tegangan scalar dapat dihitung dari tensor tegangan. Dalam kasus ini, material dikatakan mulai luluh ketika tegangan von Mises mencapai nilai kritis yang diketahui sebagai *yield strength*. Tegangan *von Mises* digunakan untuk memprediksi tingkat keluluhan material terhadap kondisi pembebanan dari hasil pengujian tarik simple uniaksial[11].

METODOLOGI PERANCANGAN



Gambar 1. Diagram alir

Konsep Perancangan Rangka

Dalam merancang suatu alat, diperlukan konsep rancangan dalam bentuk desain yang mana nantinya desain tersebut akan di realisasikan atau diaktualisasikan pada saat pengoperasian. Dan dilakukannya proses perhitungan pada konsep perencanaan konstruksi mesin bubut duplikat profil kayu tersebut, hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan dan efisiensi kerja yang dihasilkan oleh alat tersebut, untuk memaksimalkan pengujian atau pengoperasian



Gambar 2. Rangka mesin duplikat profil kayu

Perhitungan

Dalam proses ini, dilakukan perhitungan pada material meliputi tegangan tarik, regangan, dan defleksi yang terjadi pada rangka mesin bubut duplikat profil kayu. Proses Pembuatan Rangka. Setelah semuanya sudah di rencanakan, maka tahap selanjutnya yaitu dilakukan proses pembuatan konstruksi rangka mesin bubut duplikat profil kayu.

Pengujian Konstruksi

Pada tahap ini, konstruksi mesin bubut duplikat yang telah dibuat, dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah mesin bubut duplikat yang sudah di *assembling* dengan komponen lainnya sudah berjalan maksimal atau berfungsi dengan baik atau belum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk Menentukan peletakan part pada rangka di butuhkan diagram gaya bebas untuk mempermudah perancang menetapkan letak part agar distribusi beban tepat, Maka di buatlah diagram gaya bebas seperti gambar di bawah ini:

W1: Motor

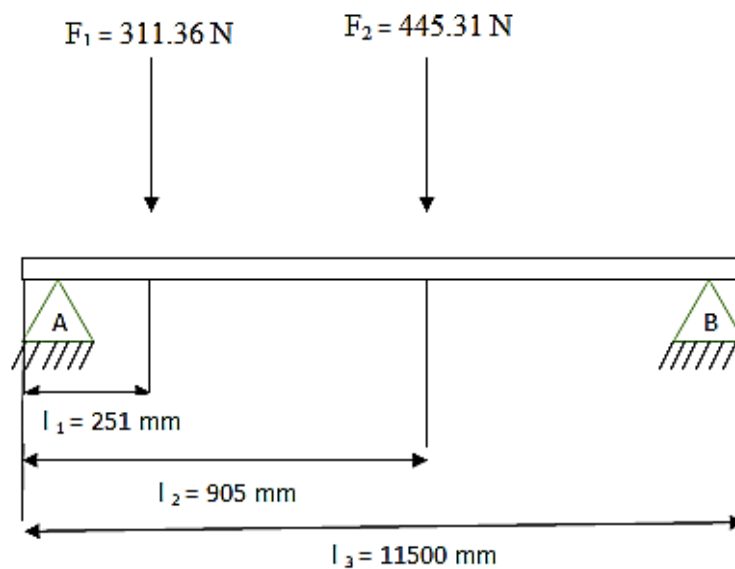
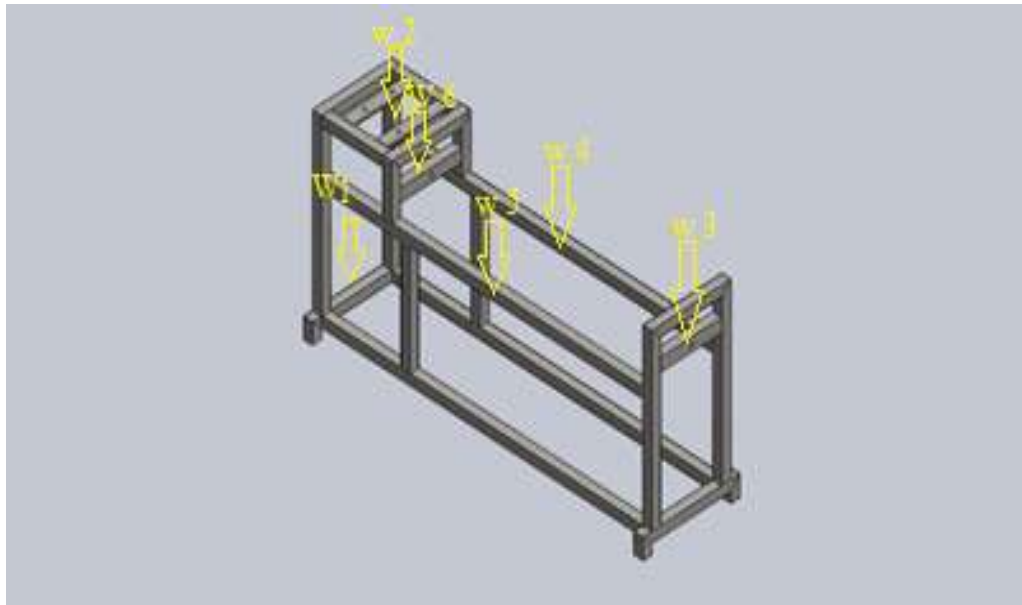
W2: Poros, Bearing, Pully

W3: Shaft Utama, Ulir Utama, Pemegang Poros Utama, Kepala Lepas

W4: Ulir Copy

W5: Shaft Eretan, Ulir Eretan, Pemeganga Pahat

W6: Shaft Utama, Ulir Utama, Pemegang Poros Utama, Kepala Lepas



Gambar 3. Distribusi bebat pada rangka

Distribusi Beban :

$$F_{by} + F_{ay} - F_1 - F_2 = 0$$

$$F_{by} + F_{ay} = F_1 + F_2$$

$$F_{by} + F_{ay} = 311.36 \text{ N} + 445.31 \text{ N}$$

$$F_{by} + F_{ay} = 756.67 \text{ N} = 757 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F_{by} = \frac{(F_1 \times l_1) + (F_2 \times l_2)}{l_3}$$

$$F_{by} = \frac{(F_1 \times 251) + (F_2 \times 905)}{11500}$$

$$F_{by} = \frac{(311.36 \times 251) + (445.31 \times 905)}{11500}$$

$$F_{by} = 42.27 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{ay} = \frac{(F_1 X (l_3 - l_1)) + (F_2 X (l_3 - l_2))}{l_3}$$

$$F_{ay} = \frac{(F_1 X 11249) + (F_2 X 10595)}{11500}$$

$$F_{ay} = \frac{(311.36 X 11249) + (445.31 X 10595)}{11500}$$

$$F_{ay} = 714.83 \text{ N}$$

$$F_{by} + F_{ay} = 756.67 \text{ N}$$

$$714.83 + 42.27 = 757.1 \text{ N} = 757 \text{ N}$$

Tegangan Normal

Dalam menghitung kekuatan rangka dapat di wakili oleh beban terbesar yang di terima oleh rangka, Beban terbesar pada rangka di berikan oleh Motor. Dimana luas penampang yang di gunakan pada rangka adalah jenis persegi Hollow, Maka untuk mencari luasnya dengan rumus $P \times L$.

$$A_1 = 40 \times 40$$

$$A_2 = 36 \times 36$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang (A)} &= A_1 - A_2 \\ &= (40 \times 40) - (36 \times 36) \\ &= 360 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$F_{\max} : 245 \text{ N}$$

$$A : 360 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A}$$

$$= \frac{245}{360}$$

$$= 0.68 \text{ N/mm}^2 = 6.8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Untuk menghitung tegangan ijin di gunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{\sigma_{\max}}{sf1 \times sf2}$$

Di gunakan material AISI 304 stell (*Tensile strength*) adalah $6 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, Kemudian di gunakan *safety factor* yang di pilih adalah beban dinamis 4 dan beban statis 6.

Maka :

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{\sigma_{\max}}{sf1 \times sf2}$$

$$= \frac{6 \times 10^8 \text{ N/m}^2}{6 \times 4}$$

$$= 2.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Jadi jika kita lihat dari data hasil analisa perhitungan tegangan yang di terima oleh material lebih kecil dari pada tengangan ijin, Maka desain dapat di katakan aman.

Regangan

Untuk menghitung sebuah regangan pada sebuah material di dapatkan rumus sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

E : $1.9 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ (Modulus elastisitas dari bahan AISI 304 *steel*)

Maka :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{5.4 \times 10^5 \text{ N/m}^2}{1.9 \times 10^{11} \text{ N/m}^2}$$

$$\varepsilon = 0.0000028$$

Defleksi

Sebelum mencari defleksi, pada perancangan bahan yang di gunakan penampang persegi besi hollow baja karbon rendah E : $1.9 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, Mencari momen inersia dari bahan yang di gunakan yaitu dengan mengukur penampang lintang persegi dengan ukuran sisi luar S1 = 40 mm dan ukuran sisi dalam S2 = 36 mm, Maka momen inersia yang di dapatkan adalah

$$I = \frac{S1^4 - S2^4}{12}$$

$$I = \frac{40^4 - 36^4}{12}$$

$$I = 73.36 \text{ mm}^4$$

$$\delta = \frac{P \times L^2}{3 \times E \times I}$$

Keterangan :

P : Beban terberat per satuan panjang

L : Panjang Rangka

E : Modulus Elastisitas

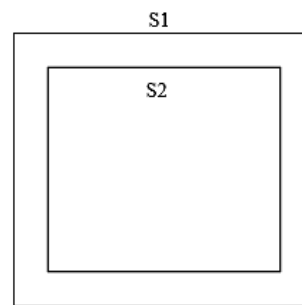
I : Momen Inersia

P : 445.312 N

L : 11.5 m

E : $1.9 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

I : 73.36 mm^4



Maka defleksi sebagai berikut:

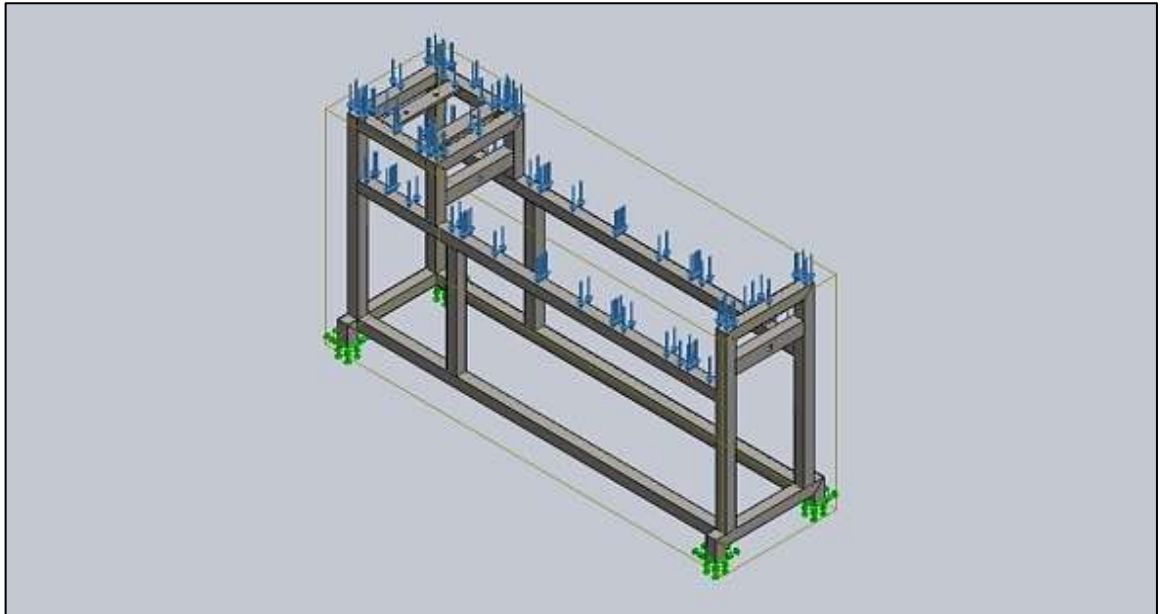
$$\delta = \frac{P \times L^2}{3 \times E \times I}$$

$$\delta = \frac{445.32 \text{ N} \times 11.5^2}{3 \times 1.9 \times 10^{11} \times 73.36}$$

$$\delta = 0.000000014 \text{ m} \quad , \quad \delta = 0.0000014 \text{ mm}$$

Simulasi Menggunakan Software

Pada penelitian desain rangka mesin bubut profil kayu dapat di lihat distribusi beban pada gambar di bawah ini. Di simulasikan beban sebesar 757 N kepada rangka mesin bubut duplikat profil kayu seperti terlihat pada gambar dengan peletakan beban tekan kebawah seperti no 1 dan dengan *fix geometry* (penahan). Berikut ini adalah hasil analisa rancangan berdasarkan hasil hitungan manual dengan hasil simulasi dengan solidwork.



Gambar 4. Analisa Beban

Hasil Hitungan Manual

Hasil Simulasi Solidwork

Tegangan pada rangka :

Dik :

$$F_{\max} : 196 \text{ N}$$

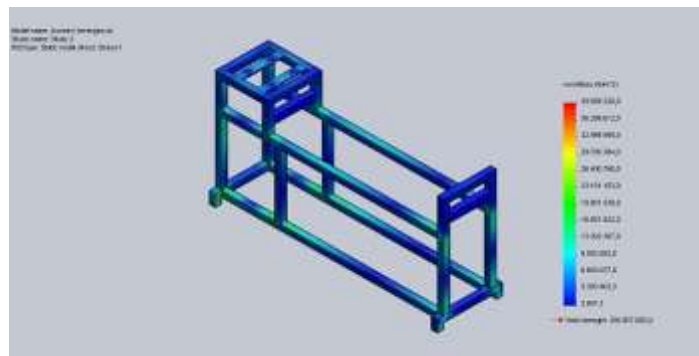
$$A : 360 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A}$$

$$= \frac{196}{360}$$

$$= 0.68 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan pada rangka :



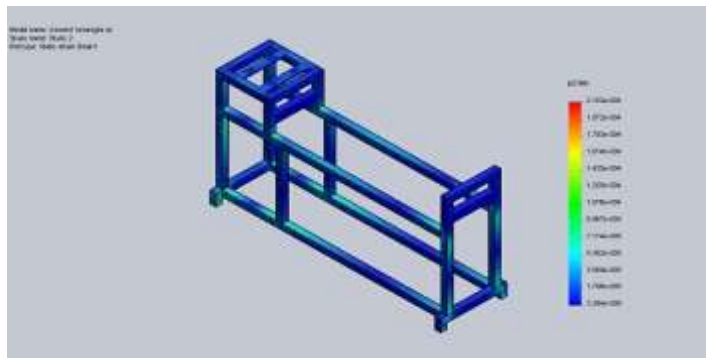
Regangan yang terjadi pada rangka :

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\epsilon = \frac{5.4 \times 10^5 \text{ N/m}^2}{1.9 \times 10^{11} \text{ N/m}^2}$$

$$\epsilon = 0.0000028$$

Regangan yang terjadi pada rangka :



Defleksi yang terjadi pada rangka Defleksi yang terjadi pada rangka :

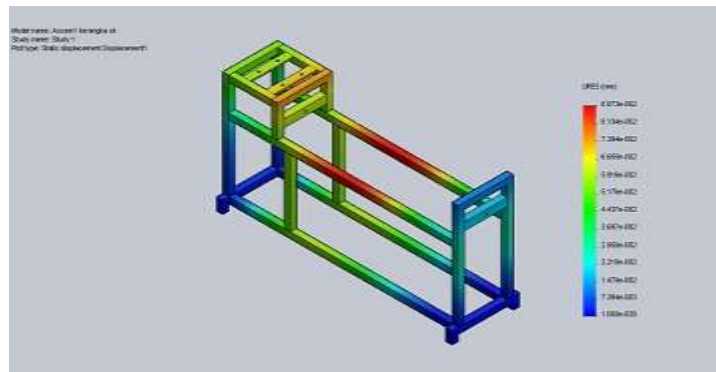
:

$$\delta = \frac{P \times L^2}{3 \times E \times I}$$

$$\delta = \frac{445.32 \text{ N} \times 11.5^2}{3 \times 1.9 \times 10^{11} \times 73.36}$$

$$\delta = 0.0000000014 \text{ m}$$

$$\delta = 0.0000014 \text{ mm}$$



KESIMPULAN

1. Dengan menggunakan software solidwork penulis melakukan beberapa simulasi seperti tegangan 3.9×10^7 , regangan 0.00021, dan defleksi 0.4 mm dari material, setelah disimulasikan dengan beban yang di terima oleh rangka mesin bubut duplikat kayu dari hasil simulasi telah mendapatkan hasil bahwa desain telah layak di gunakan.
2. Material yang di gunakan untuk membuat rangka mesin bubut ialah AISI 304 hollow 40 x 40 dan tebal 2 mm Galvanis berdasarkan perhitungan dan analisa material ini bisa digunakan dan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Jokosisworo, "Pengaruh penggunaan serat kulit rotan sebagai penguat pada komposit polimer dengan matriks POLYESTER YUKALAC 157 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN DAN TEKUK," *Teknik*, vol. 30, no. 3, pp. 191–196, 2009.
- [2] F. Abu, H. Gholami, M. Z. M. Saman, N. Zakuan, and D. Streimikiene, "The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications," *J. Clean. Prod.*, vol. 234, pp. 660–680, 2019.
- [3] A. Susanty, B. Tjahjono, and R. E. Sulistyani, "An investigation into circular economy practices in the traditional wooden furniture industry," *Prod. Plan. & Control*, vol. 31, no. 16, pp. 1336–1348, 2020.
- [4] A. R. Nasution and E. Widodo, "Numerical Analysis of Low Carbon Steel Tensile Strength Using Software (SolidWorks)," *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [5] M. A. Siregar and R. Riawansyah, "Simulasi Perpindahan Panas Pada Heater Injection Molding Menggunakan Software Solidworks," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 39–46, 2018.
- [6] R. D. Cook, "Finite element modeling for stress analysis," *John Wiley & Sons*, ISBN 0-471-10774-3, 1995.
- [7] A. R. Nasution, I. Tanjung, A. M. Siregar, and others, "Pengaruh Annealing Baja St 37 Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 5, no. 2, pp. 194–199, 2022.
- [8] Shigley's, *Instructor's Solutions Manual "Mechanical Engineering Design"*, 9th ed. New York: McGraw-Hill, 2008.
- [9] J. Fern, A. Rohe, K. Soga, and E. Alonso, *The material point method for geotechnical engineering: a practical guide*. CRC Press, 2019.
- [10] T. Mulyanto and A. D. Spto, "Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian dengan Software Solidworks," *Presisi*, vol. 18, no. 2, 2017.
- [11] J. R. Rice and G. F. Rosengren, "Plane strain deformation near a crack tip in a power-law hardening material," *J. Mech. Phys. Solids*, vol. 16, no. 1, pp. 1–12, 1968, doi: [https://doi.org/10.1016/0022-5096\(68\)90013-6](https://doi.org/10.1016/0022-5096(68)90013-6).