

RE-DESIGN MESIN PEMINTAL TALI UNTUK INDUSTRI KECIL MENGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI MEKANIK STUDI KASUS PADA CV. RUMAH MESIN

Irfan Maulana¹, Rany Puspita Dewi², Trisma Jaya Saputra³
irfanmaulana71442@gmail.com¹, ranypuspitadewi@untidar.ac.id²,
trismajayasaputra@untidar.ac.id³
Universitas Tidar

ABSTRAK

Industri Kecil dan Menengah (IKM) memiliki peran strategis dalam mendukung aktivitas manufaktur nasional, khususnya pada sektor produksi tali berbahan serat alam. Namun, mesin pemintal tali yang digunakan saat ini masih menghadapi berbagai kendala, seperti efisiensi operasi yang rendah, kestabilan struktur yang kurang optimal, serta tingkat mobilitas yang terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain ulang mesin pemintal tali melalui pendekatan simulasi mekanik berbasis Finite Element Analysis (FEA). Metode penelitian meliputi observasi lapangan, kajian literatur, perhitungan teknis komponen, pemodelan tiga dimensi menggunakan SolidWorks 2022, serta analisis statik dan frekuensi. Evaluasi dilakukan terhadap distribusi tegangan von Mises, displacement, faktor keamanan, dan getaran pada rangka serta roll mesin. Material ASTM A36 Steel digunakan sebagai material rangka, sedangkan komponen roll menggunakan baja karbon AISI 1020. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rangka mesin mengalami tegangan maksimum sebesar 3,12 MPa, perpindahan maksimum 0,02 mm, frekuensi alami 74,8 Hz, dan faktor keamanan sebesar 3. Pada komponen roll diperoleh tegangan maksimum sebesar 0,002 MPa, perpindahan sebesar $3,2 \times 10^{-7}$ mm, serta faktor keamanan sebesar 3. Seluruh nilai tegangan yang dihasilkan berada di bawah batas luluh material yang digunakan, sehingga desain yang dikembangkan dinilai aman dan mampu menahan beban kerja operasional. Selain itu, desain baru memiliki konstruksi yang lebih ringkas dan mudah dipindahkan, sehingga berpotensi meningkatkan efektivitas penggunaan mesin pada lingkungan IKM.

Kata Kunci: Industri Kecil Menengah, Mesin Pemintal Tali, Re-Design, CAD, Simulasi FEA.

ABSTRACT

Small and Medium Industries (SMIs) play a strategic role in supporting national manufacturing activities, particularly in the production of natural fiber ropes. However, conventional rope-spinning machines still face several limitations, including low operational efficiency, inadequate structural stability, and limited mobility. This study aims to redesign a rope-spinning machine using a mechanical simulation approach based on Finite Element Analysis (FEA). The research methodology consisted of field observations, literature review, technical component calculations, three-dimensional modeling using SolidWorks 2022, as well as static and frequency analyses. The evaluation focused on von Mises stress distribution, displacement, factor of safety, and vibration characteristics of the machine frame and roller components. ASTM A36 steel was selected for the frame material, while the roller component was manufactured from AISI 1020 carbon steel. The simulation results indicate that the machine frame experienced a maximum stress of 3.12 MPa, a maximum displacement of 0.02 mm, a natural frequency of 74.8 Hz, and a factor of safety of 3. The roller component exhibited a maximum stress of 0.002 MPa, a displacement of 3.2×10^{-7} mm, and a factor of safety of 3. All stress values remained below the yield strength of the respective materials, indicating that the proposed design is structurally safe and capable of withstanding operational loads. Furthermore, the redesigned machine features a more compact structure and improved portability, making it suitable for application in Small and Medium Industries.

Keywords: Small And Medium Industries, Rope Spinning Machine, Re-Design, CAD, FEA Simulation.

PENDAHULUAN

Industri Kecil dan Menengah (IKM) memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan sektor manufaktur di Indonesia karena menyerap tenaga kerja dalam jumlah besar dan berkontribusi signifikan terhadap nilai produksi nasional. Industri Kecil dan Menengah di daerah Indonesia banyak memproduksi tali dari bahan serat alam untuk kebutuhan sektor perikanan, pertanian, dan industri rumah tangga, sehingga membutuhkan dukungan peralatan produksi yang andal, efisien, dan sesuai dengan kapasitas operasional skala kecil. Namun pada praktiknya, pelaku IKM sering terkendala kurangnya kajian teknis pada desain mesin, serta minimnya penerapan analisis rekayasa berbantuan komputer untuk memastikan keandalan dan kekuatan peralatan produksi (Risty & Wahyudi, 2025).

Mesin pemintal tali merupakan salah satu mesin utama dalam proses pembuatan tali berbahan serat alam maupun sintesis karena berfungsi membentuk puntiran serat menjadi tali dengan diameter dan kekuatan tertentu. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perancangan mesin pemintal tali yang kurang memperhatikan aspek ergonomi, efisiensi energi, dan kestabilan struktur mengakibatkan kapasitas produksi rendah dan kualitas produk yang kurang seragam (Laksanwati & Harsanta, 2020). Mesin pemintal tali konvensional yang banyak digunakan pelaku IKM umumnya masih memiliki efisiensi rendah (kurang dari 70%), membutuhkan 3-4 operator untuk pengoperasian manual, dan menghasilkan kualitas tali yang kurang seragam akibat getaran mesin dan sistem pemutus daya yang masih manual. Kondisi ini menyebabkan biaya operasional menjadi tinggi, produktivitas rendah, serta tingkat kelelahan operator meningkat karena masih bergantung pada tenaga kerja manual (Ellianto dkk., 2022).

Dari sisi desain struktural, beberapa mesin pemintal tali yang ada di pasaran dan di lingkungan IKM masih menggunakan rangka dengan dimensi relatif besar sehingga sulit dipindahkan dan membutuhkan ruang produksi yang cukup luas. Rangka yang tidak dirancang untuk kemudahan bongkar pasang juga menyulitkan proses re-layout area kerja ketika kapasitas produksi ingin ditingkatkan atau ketika lokasi usaha harus dipindahkan. Oleh karena itu, dibutuhkan desain rangka mesin pemintal tali yang ringkas, memiliki kekakuan dan kekuatan struktural yang memadai, serta bersifat portable agar dapat mendukung fleksibilitas tata letak fasilitas produksi IKM (Laksanwati & Harsanta, 2020).

Perkembangan teknologi perancangan berbantuan Computer Aided Design (CAD) dan analisis berbasis elemen hingga Finite Element Analysis (FEA) memberikan peluang bagi perancang untuk melakukan optimasi desain mesin sebelum proses fabrikasi. Melalui CAD, model tiga dimensi komponen dan assembly mesin dapat dibuat dengan presisi dan integrasi antar komponen yang baik, sedangkan FEA memungkinkan analisis distribusi tegangan, deformasi, faktor keamanan, dan respon getaran rangka serta komponen utama mesin. Penerapan FEA pada tahap desain terbukti efektif untuk memvalidasi kekuatan struktur, meningkatkan faktor keamanan, serta mengurangi risiko kegagalan mekanik dan biaya trial and error pada pengembangan mesin di skala IKM. Beberapa studi juga menunjukkan bahwa penggunaan FEA pada desain rangka mesin dan struktur rangka lainnya mampu mengidentifikasi titik lemah, mengoptimalkan ketebalan dan geometri profil, serta meningkatkan kestabilan dinamis sistem secara keseluruhan (Setiawan dkk., 2025).

CV Rumah Mesin sebagai salah satu pelaku usaha di bidang rekayasa dan pembuatan mesin untuk IKM telah menerapkan pendekatan Research and Development (R&D) yang memanfaatkan perangkat lunak seperti SolidWorks untuk perancangan dan simulasi mekanik. Pemanfaatan perangkat lunak tersebut membuka peluang penelitian untuk melakukan re-design mesin pemintal tali yang lebih sesuai dengan kebutuhan IKM, khususnya dari segi efisiensi, portabilitas rangka, kestabilan dinamis, serta keandalan

struktur. Sejumlah penelitian sebelumnya mengenai perancangan dan modifikasi mesin pemintal tali tampar maupun tali dari serat alam menunjukkan bahwa pengembangan desain yang lebih kompak dan terintegrasi dengan sistem transmisi yang tepat dapat meningkatkan kapasitas produksi dan kualitas tali yang dihasilkan (Laksanwati & Harsanta, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian mengenai perancangan ulang (re-design) mesin pemintal tali untuk IKM dengan pendekatan simulasi mekanik berbasis FEA pada rangka dan komponen utama mesin. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan desain mesin pemintal tali yang lebih efisien, memiliki kekuatan struktural yang memadai, lebih mudah dipindahkan, serta mampu meningkatkan kualitas dan produktivitas pemintalan tali pada skala IKM.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah suatu metode penelitian yang bersifat sistematis dan objektif. Metode ini menggunakan data dalam bentuk angka untuk menjawab penelitian. Metode ini juga berfokus pada pengukuran variabel dan analisis statik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Mesin pemintal tali yang dirancang dalam penelitian ini memiliki spesifikasi utama berupa motor listrik dengan daya $\frac{1}{2}$ hp. Secara keseluruhan, mesin ini tergolong cukup ringkas dan sesuai untuk penggunaan pada industri skala kecil. Spesifikasi mesin pemintal tali secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi mesin pemintal tali

Spesifikasi	Keterangan
Daya	$\frac{1}{2}$ hp
Tegangan listrik	220 volt
Material rangka	Besi siku 35 mm $\times$ 35 mm $\times$ 5 mm
Penggerak	Motor listrik
Dimensi	700 mm $\times$ 500 mm $\times$ 900 mm

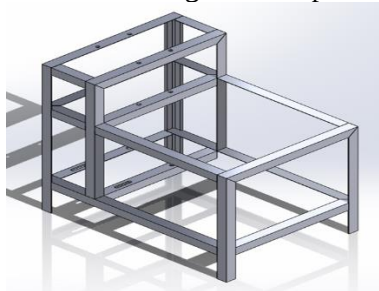
Desain Dan Perhitungan Komponen

Re-design mesin pemintal tali di mulai dari menentukan desain rangka, menghitung rancangan poros, menghitung rancangan bantalan, menghitung rancangan pulley dan v-belt. Hasil dari perhitungan akan dimuatkan ke dalam desain sehingga dapat digabungkan menjadi satu bagian mesin pemintal tali.

a. Desain rangka

Rangka mesin pemintal tali memiliki dimensi panjang 700 mm, lebar 500 mm, dan tinggi 700 mm. Material yang digunakan pada rangka mesin pemintal tali ini menggunakan besi siku ASTM A36 steel dengan ukuran 35 mm $\times$ 35mm $\times$ 5 mm. Hasil desain rangka mesin pemintal tali dapat dilihat pada Gambar 1.

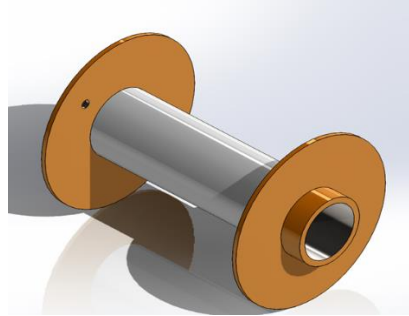
Gambar 1 Desain rangka mesin pemintal tali



b. Desain roll

Desain roll pemintal tali digunakan untuk menggulung tali yang sudah dipintal. Desain roll ini memiliki diameter 80 mm, panjang 250 mm, dan tebal 5 mm. Material yang digunakan pada roll ini adalah baja karbon AISI 1020. Hasil desain dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 Desain roll mesin pemintal tali



c. Perhitungan poros

- 1) Menghitung tegangan tarik yang diijinkan (σ_t) dengan persamaan:

Diketahui:

Material poros yang digunakan = baja karbon S45C

Kekuatan tarik (σ_b) = 58 kg/mm²

Faktor keamanan (S_f) = 6

Maka,

$$\sigma_t = \frac{\sigma_b}{S_f}$$

$$\sigma_t = \frac{58 \text{ kg/mm}^2}{6}$$

$$\sigma_t = 9,67 \text{ kg/mm}^2$$

- 2) Menghitung tegangan geser yang diijinkan (τ), dengan:

Diketahui:

Tegangan tarik yang diijinkan (σ_t): 9,67 kg/mm²

Maka,

$$\tau = 0,5 \sigma_t$$

$$\tau = 0,5 \times 9,67 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

- 3) Perhitungan torsi

Diketahui:

Daya motor (P) = ½ hp = 0,373 kW

Putaran poros (n) = 1400 rpm

Maka,

$$T = \frac{P \times 9550}{n}$$

$$T = \frac{0,373 \text{ kW} \times 9550 \text{ N.m/kW.rpm}}{1400 \text{ rpm}}$$

$$T = 2,55 \text{ N.m}$$

- 4) Perhitungan torsi ekuivalen

Torsi ekuivalen dihitung dengan mempertimbangkan faktor kejut dan fatik.

Diketahui:

Torsi (T) = 2,55 N.m

Faktor kejut bending (K_b) = 1,5

Faktor kejut torsi (K_t) = 1,2

Momen lentur (M) = 2 T

Maka,

$$M = 2 \times 2,55 \text{ N.m} = 5,1 \text{ N.m}$$

$$T_e = \sqrt{(K_b \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2}$$

$$T_e = \sqrt{(1,5 \times 5,1 \text{ N.m})^2 + (1,2 \times 2,55 \text{ N.m})^2}$$

$$T_e = \sqrt{(7,65)^2 + (3,06)^2}$$

$$T_e = \sqrt{58,52 + 9,36}$$

$$T_e = \sqrt{67,88}$$

$$T_e = 8,24 \text{ N.m}$$

- 5) Perhitungan diameter poros berdasarkan torsi ekuivalen

Diketahui:

Torsi ekuivalen (T_e) = 8,24 N.m = 8.240 N.mm

Tegangan geser yang diijinkan (τ) = 4,83 kg/mm²

Maka,

$$d_t = \left(\frac{16 \cdot T_e}{\pi \cdot \tau} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_t = \left(\frac{16 \cdot 8240 \text{ N.mm}}{3,14 \cdot 4,83 \text{ kg/mm}^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_t = \left(\frac{131840}{15,181} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_t = (8684,5)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_t = 20,55 \text{ mm}$$

- 6) Pemilihan diameter poros

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh diameter minimum poros sebesar:

d=20,55 mm

Jadi, untuk kebutuhan manufaktur dan faktor keamanan, maka diameter poros yang akan digunakan sebesar 25 mm

- d. Perhitungan bantalan

Diketahui:

Daya motor (P) = $\frac{1}{2}$ Hp = 0,373 kW

- 1) Menghitung jumlah putaran bantalan

Diketahui:

Putaran poros (n) = 1400 rpm

Umur rencana bantalan (h) = 10.000 jam

Maka,

$$L_d = h \times n \times 60$$

$$L_d = 10.000 \text{ jam} \times 1.400 \text{ rpm} \times 60 \text{ menit}$$

$$L_d = 840.000.000 \text{ putaran/jam}$$

- 2) Menghitung beban dinamis.

Diketahui:

$$\text{Beban reaksi } (P_d) = \frac{M}{r} = \frac{5,1 \text{ N.m}}{0,0125 \text{ m}} = 408 \text{ N} = 400 \text{ N}$$

Jumlah putaran bantalan (L_d) = 840.000.000 putaran/jam

$K = 3$ untuk bantalan bola

Maka,

$$C = P_d \times \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$C = 400 \text{ N} \times \left(\frac{840000000}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 400 \text{ N} \times (840)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 400 \text{ N} \times 9,43$$

$$C = 3772 \text{ N}$$

$$C = 3,772 \text{ kN}$$

e. Perhitungan pulley dan v-belt

1) Menetapkan kondisi yang dibutuhkan dalam pekerjaan rancangan.

Kondisi yang dibutuhkan dalam perancangan mesin pemintal tali adalah:

- Daya transmisi (P_t) = 0,373 kW
- Putaran pulley kecil (n_1) = 1400 rpm
- Waktu operasi = 8 jam/hari
- Jarak sumbu sementara = 400 mm
- Kondisi lingkungan = normal

2) Menetapkan daya rancangan (P_d).

Sebelum menetapkan daya rancangan, maka dilakukan perhitungan faktor layanan (K_s)

sebagai berikut:

Diketahui:

Faktor koreksi layanan (K_o) = 1,2

Faktor koreksi *idler* (K_i) = 1

Faktor koreksi lingkungan (K_e) = 1

Daya transmisi (P_t) = 0,373 kW

Maka:

$$K_s = K_o \times K_i \times K_e$$

$$K_s = 1,2 \times 1 \times 1$$

$$K_s = 1,2$$

Setelah melakukan perhitungan faktor layanan (K_s), maka dilakukan perhitungan daya rancangan (P_d) sebagai berikut:

$$P_d = P_t \times K_s$$

$$P_d = 0,373 \text{ kW} \times 1,2$$

$$P_d = 0,4476 \text{ kW}$$

3) Pemilihan tipe sabuk.

Berdasarkan daya rancangan dan putaran pulley kecil, dan diagram pemilihan sabuk pada Gambar 2.8, maka sabuk yang dipilih adalah v-belt tipe A.

4) Pemilihan ukuran pulley.

Diketahui:

Diameter pulley kecil (d_d) = 3 inch = 76,2 mm

Speed ratio (SR) = 4

Maka:

$$D_d = d_d \times SR$$

$$D_d = 76,2 \text{ mm} \times 4$$

$$D_d = 304,8 \text{ mm}$$

Jadi, diameter pulley besar adalah sebesar 304,8 mm atau 12 inchi.

5) Perhitungan panjang sabuk (L_d).

Diketahui:

Diameter pulley besar (D_d) = 12 inch = 304,8 mm

Diameter pulley kecil (d_d) = 3 inch = 76,2 mm

Jarak sumbu poros sementara (C') = 400 mm

$$L_d' = 2C' + \frac{\pi}{2}(D_d + d_d) + \frac{(D_d + d_d)^2}{4C}$$

$$L_d' = 2 \cdot 400 \text{ mm} + \frac{3,14}{2}(304,8 \text{ mm} + 76,2 \text{ mm}) + \frac{(304,8 \text{ mm} + 76,2 \text{ mm})^2}{4 \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$L_d' = 800 \text{ mm} + 598,17 \text{ mm} + 32,65 \text{ mm}$$

$$L_d' = 1430,82 \text{ mm}$$

Jadi, panjang sabuk sementara adalah 1430,82 mm, maka dipilih sabuk standar dengan panjang 1440 mm.

Menentukan nilai perhitungan jarak sumbu (b):

Diketahui:

Panjang sabuk (L_d) = 1440 mm

Diameter pulley besar (D_d) = 12 inch = 304,8 mm

Diameter pulley kecil (d_d) = 3 inch = 76,2 mm

Maka,

$$b = L_d - \frac{\pi}{2}(D_d - d_d)$$

$$b = 1430,82 \text{ mm} - \frac{3,14}{2}(304,8 \text{ mm} - 76,2 \text{ mm})$$

$$b = 1430,82 \text{ mm} - 598,17 \text{ mm}$$

$$b = 832,65 \text{ mm}$$

Menentukan jarak sumbu poros (C)

Diketahui:

Jarak sumbu (b) = 832,65 mm

Diameter pulley besar (D_d) = 12 inch = 304,8 mm

Diameter pulley kecil (d_d) = 3 inch = 76,2 mm

Maka,

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 2(D_d - d_d)^2}}{4}$$

$$C = \frac{832,65 \text{ mm} + \sqrt{832,65 \text{ mm}^2 - 2(304,8 \text{ mm} - 76,2 \text{ mm})^2}}{4}$$

$$C = \frac{832,65 \text{ mm} + \sqrt{693302 \text{ mm} - 104438 \text{ mm}}}{4}$$

$$C = \frac{832,65 \text{ mm} + \sqrt{588864 \text{ mm}}}{4}$$

$$C = \frac{832,65 \text{ mm} + 767,5 \text{ mm}}{4}$$

$$C = \frac{1600,15 \text{ mm}}{4}$$

$$C = 400,04 \text{ mm}$$

6) Pemasangan dan pengencangan sabuk yang diizinkan.

Pemasangan sabuk dilakukan dengan mengatur jarak sumbu poros agar sabuk dapat terpasang dengan baik tanpa terlalu kencang maupun terlalu kendur. Pengencangan sabuk yang diizinkan pada transmisi sabuk didasarkan pada Gambar 2.9. Jika panjang sabuk sebesar 1440 mm, maka pengencangan sabuk yang diizinkan di angka 39~60.

Hasil Simulasi Pada Rangka

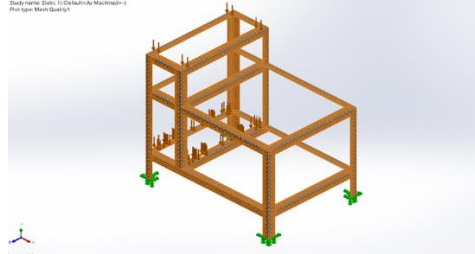
Simulasi pada rangka mesin pemintal tali, pembebanan diberikan pada bagian permukaan rangka yang berfungsi sebagai tempat poros dan di bagian rangka yang menumpu motor listrik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan rangka terhadap

pembebanan yang terjadi akibat adanya poros. Pembebanan meliputi motor listrik, sistem transmisi, dan poros sebesar 400 N.

a. Proses meshing

Hasil proses meshing dapat dilihat pada Gambar 3.

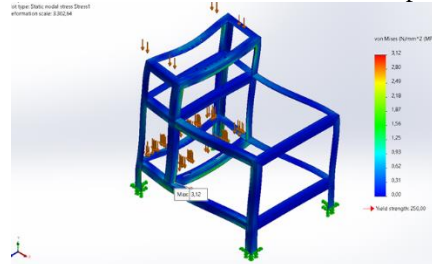
Gambar 3 Proses meshing pada rangka



b. Analisis von mises stress

Hasil simulasi menunjukkan distribusi tegangan von mises pada rangka mesin pemintal tali. Tegangan maksimum terjadi pada bagian sambungan rangka, khususnya pada titik pertemuan antara kedudukan motor dan rangka utama. Hasil analisis von mises stress dapat dilihat pada Gambar 4.

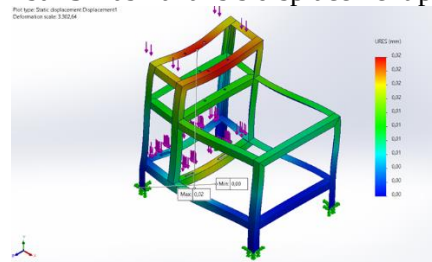
Gambar 4 Hasil analisis von mises stress pada rangka



c. Analisis displacement

Analisis displacement dilakukan untuk mengetahui seberapa besar deformasi yang terjadi pada rangka akibat pembebanan. Hasil analisis displacement dapat dilihat pada Gambar 5.

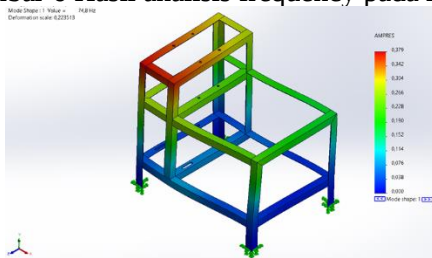
Gambar 5 Hasil analisis displacement pada rangka



d. Analisis frequency

Analisis frekuensi alami dilakukan untuk mengetahui karakteristik getaran dari rangka mesin dan menghindari terjadinya resonansi saat mesin beroperasi. Hasil simulasi analisis frequency dapat dilihat pada Gambar 6.

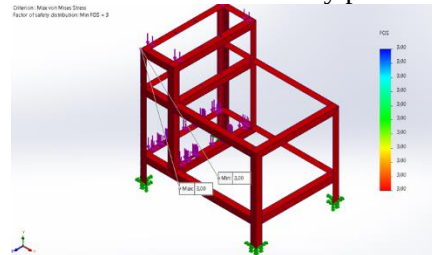
Gambar 6 Hasil analisis frequency pada rangka



e. Analisis Factor of Safety

Factor of safety dilakukan untuk mengetahui nilai keamanan material yang digunakan ketika diberikan pembebanan. Hasil factor of safety dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7 Hasil factor of safety pada rangka



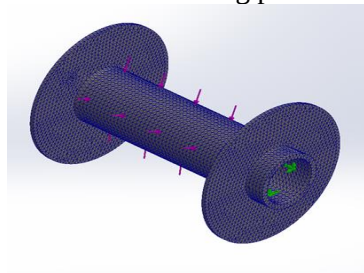
Hasil Simulasi Pada Roll

Simulasi pada roll mesin pemintal tali dilakukan untuk mengetahui kemampuan struktur roll dalam menahan beban akibat proses penggulangan tali selama operasi. Pembebanan diberikan pada permukaan luar roll yang bersentuhan langsung dengan tali, serta mempertimbangkan pengaruh gaya tarik tali dan putaran. Pada simulasi ini digunakan pembebanan sebesar 150 N yang merepresentasikan gaya tarik tali saat proses pemintalan.

a. Proses meshing

Hasil proses meshing dapat dilihat pada Gambar 8.

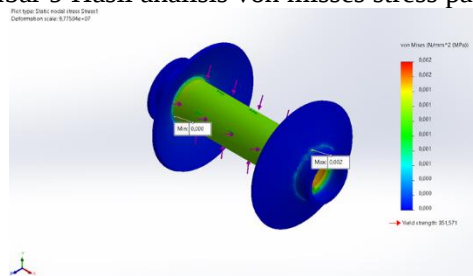
Gambar 8 Meshing pada roll



b. Analisis von mises stress

Hasil simulasi menunjukkan distribusi tegangan von mises pada roll mesin pemintal tali akibat pembebanan sebesar 150 N. Tegangan maksimum terjadi pada bagian tengah roll dan area sambungan antara pipa roll dengan plat penutup (end plate). Hal ini disebabkan oleh adanya kombinasi beban tekan dari tali dan efek torsi akibat putaran. Hasil analisis von mises stress dapat dilihat pada Gambar 9.

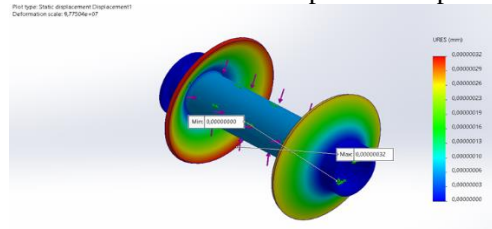
Gambar 9 Hasil analisis von mises stress pada roll



c. Analisis displacement

Analisis displacement dilakukan untuk mengetahui besar deformasi yang terjadi pada roll saat menerima beban. Hasil simulasi menunjukkan bahwa deformasi maksimum terjadi pada bagian tengah bentang roll. Hasil analisis displacement dapat dilihat pada Gambar 10.

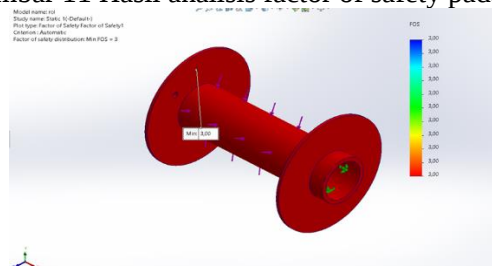
Gambar 10 Hasil analisis displacement pada roll



d. Analisis Factor of Safety

Analisis Factor of Safety dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan desain roll terhadap beban kerja. Berdasarkan hasil simulasi, nilai faktor keamanan minimum masih berada di atas batas aman yang direkomendasikan untuk mesin industri kecil, yaitu antara 1,5 hingga 3. Hasil analisis factor of safety dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 11 Hasil analisis factor of safety pada roll



Pembahasan

Berdasarkan hasil simulasi von Mises stress pada rangka mesin pemintal tali, diperoleh nilai tegangan maksimum sebesar 3,12 MPa. Nilai tersebut jauh lebih rendah dibandingkan dengan tegangan luluh material ASTM A36 yaitu sekitar 250 MPa, sehingga struktur rangka dapat dinyatakan aman terhadap kegagalan. Tegangan maksimum terlokasi pada bagian sambungan rangka, khususnya padaudukan motor, yang merupakan area dengan konsentrasi tegangan akibat pembebanan. Selama tegangan kerja lebih kecil dari tegangan luluh, maka material masih berada dalam kondisi elastis dan tidak mengalami deformasi permanen (Budynas dkk., 2020).

Hasil simulasi displacement pada rangka menunjukkan deformasi maksimum sebesar 0,02 mm. Nilai ini tergolong sangat kecil, sehingga menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan yang baik. Dalam perancangan elemen mesin, deformasi yang kecil sangat penting untuk menjaga keselarasan antar komponen seperti poros, pulley, dan roll. Deformasi yang berlebihan dapat menyebabkan ketidaksejajaran, peningkatan getaran, serta penurunan performa mesin (Budynas dkk., 2020).

Berdasarkan hasil simulasi Factor of Safety (FoS) diperoleh nilai sebesar 3, yang berada dalam rentang aman untuk mesin industri kecil dan menengah, yaitu antara 1,5 hingga 3. Nilai ini menunjukkan bahwa struktur memiliki margin keamanan yang cukup dalam menahan beban kerja. Faktor keamanan merupakan rasio antara kekuatan material terhadap tegangan kerja yang terjadi, sehingga semakin besar nilainya, maka semakin aman suatu desain terhadap kemungkinan kegagalan (Budynas dkk., 2020).

Hasil analisis frekuensi alami (frequency) menunjukkan nilai sebesar 74,8 Hz. Jika dibandingkan dengan frekuensi kerja mesin yang berasal dari putaran motor sebesar 1400 rpm atau sekitar 23,3 Hz, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi kondisi resonansi. Resonansi terjadi ketika frekuensi kerja mendekati frekuensi alami struktur, yang dapat menyebabkan peningkatan amplitudo getaran secara signifikan dan berpotensi merusak komponen mesin. Dengan demikian, hasil simulasi menunjukkan bahwa desain rangka telah memenuhi kriteria kestabilan dinamis (Prakosa dkk., 2022).

Pada komponen roll, hasil simulasi menunjukkan nilai von Mises stress maksimum sebesar 0,002 MPa, yang jauh lebih kecil dibandingkan tegangan luluh material baja karbon AISI 1020. Hal ini menunjukkan bahwa roll memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menahan beban tarik selama proses pemintalan. Simulasi ini menyatakan bahwa nilai tegangan yang jauh di bawah batas luluh menunjukkan desain struktur masih berada dalam kondisi aman (Prasetyo & Sekarjati, 2022).

Nilai displacement pada roll diperoleh sebesar 0,00000032 mm, yang menunjukkan deformasi yang sangat kecil dan dapat diabaikan. Nilai ini mengindikasikan bahwa roll memiliki kekakuan yang sangat tinggi sehingga mampu mempertahankan bentuknya selama proses operasi. Deformasi yang kecil menunjukkan bahwa struktur memiliki performa yang baik dalam mempertahankan stabilitas bentuk terhadap pembebanan (Setiawan dkk., 2025).

Hasil FoS pada roll sebesar 3 menunjukkan bahwa komponen ini memiliki tingkat keamanan yang cukup terhadap beban kerja yang diterima. Hasil tersebut dinyatakan aman karena nilai FoS yang didapatkan pada rangka bernilai lebih dari 1. Apabila nilai safety factor kurang dari angka 1, maka dapat menyebabkan kegagalan material dan keruntuhan struktur (Budynas dkk., 2020).

Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa baik rangka maupun roll mesin pemintal tali telah memenuhi kriteria kekuatan, kekakuan, dan keamanan struktur. Hal ini membuktikan bahwa penerapan metode Finite Element Analysis (FEA) dalam proses perancangan mampu memberikan prediksi yang akurat terhadap perilaku struktur, sehingga dapat meminimalkan risiko kegagalan sebelum tahap manufaktur dilakukan (Prasetyo & Sekarjati, 2022). Hasil keseluruhan simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil analisis simulasi

Desain	Material	Result			
		Von mises (MPa)	Displacement (mm)	Factor of Safety	Frequency (Hz)
Rangka	ASTM A36 steel	3,12	0,02	3	74,8
Roll	Baja karbon AISI 1020	0,002	0,00000032	3	-

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kegiatan re-design, perhitungan numerik, serta analisis menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) pada mesin pemintal tali, maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan ulang mesin pemintal tali menghasilkan konfigurasi desain yang lebih kompak dan sesuai dengan kebutuhan Industri Kecil dan Menengah (IKM). Rangka mesin dirancang dengan dimensi 700 mm × 500 mm × 700 mm menggunakan material ASTM A36 yang mampu memberikan kekuatan serta kekakuan struktur yang memadai, sekaligus mendukung kemudahan dalam proses pemindahan mesin.
2. Berdasarkan hasil perhitungan komponen utama, diperoleh spesifikasi teknis yang telah memenuhi persyaratan desain elemen mesin. Diameter poros yang digunakan sebesar 25 mm dengan material S45C, sistem transmisi menggunakan kombinasi pulley berdiameter 3 inch dan 12 inch dengan rasio 1:4, serta panjang sabuk v-belt sebesar 1440 mm. Spesifikasi tersebut dinilai mampu menjamin kinerja mesin yang optimal dan aman selama proses operasi.
3. Hasil simulasi pada rangka mesin menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimum (von Mises) sebesar 3,12 MPa masih berada jauh di bawah batas tegangan luluh material,

sehingga struktur dinyatakan aman terhadap potensi kegagalan. Nilai deformasi maksimum sebesar 0,02 mm menunjukkan bahwa struktur memiliki tingkat kekakuan yang baik. Selain itu, faktor keamanan sebesar 3 mengindikasikan bahwa desain memenuhi kriteria keamanan untuk aplikasi mesin skala IKM. Hasil analisis frekuensi alami sebesar 74,8 Hz yang lebih tinggi dibandingkan frekuensi kerja mesin (23,3 Hz) menunjukkan bahwa struktur tidak mengalami kondisi resonansi.

4. Hasil simulasi pada komponen roll menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi sebesar 0,002 MPa dan deformasi maksimum sebesar 0,00000032 mm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa roll memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menahan beban kerja. Nilai faktor keamanan sebesar 3 juga mengindikasikan bahwa komponen roll berada dalam kondisi aman selama digunakan.

Secara umum, re-design mesin pemintal tali yang dihasilkan dalam penelitian ini telah memenuhi aspek kekuatan, kekakuan, dan keamanan struktur. Dengan demikian, desain tersebut dinilai layak untuk diaplikasikan pada Industri Kecil dan Menengah dalam rangka meningkatkan efisiensi serta produktivitas proses pemintalan tali.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan pengujian secara langsung (eksperimental) terhadap mesin hasil perancangan guna memverifikasi hasil simulasi, sehingga diperoleh kesesuaian antara analisis numerik dan kondisi aktual di lapangan.
2. Optimalisasi desain masih dapat dilakukan, khususnya pada bagian sambungan rangka yang mengalami konsentrasi tegangan, dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan material tanpa mengurangi kekuatan struktur.
3. Pengembangan desain di masa mendatang diharapkan dapat memperhatikan aspek ergonomi dan keselamatan kerja, seperti penambahan sistem pelindung pada bagian yang berputar serta peningkatan sistem kontrol yang lebih aman bagi operator.
4. Perlu dilakukan analisis lanjutan terkait aspek ekonomi, yang mencakup biaya produksi, biaya operasional, serta efisiensi energi, sehingga mesin yang dirancang tidak hanya memenuhi aspek teknis, tetapi juga memiliki kelayakan secara ekonomis untuk diterapkan pada skala Industri Kecil dan Menengah.

DAFTAR PUSAKA

- Ammar, F. (2025). Desain Rangka Mesin Vertical Injection Molding Dengan Metode FEA. *JURNAL REKAYASA MESIN*, 5(2), 59–65.
- Budynas, R. G., Nisbett, J. K., & Shigley, J. E. (with Tangchaichit, K.). (2020). *Shigley's mechanical engineering design* (Eleventh edition). McGraw-Hill Education.
- Ellianto, M. S. D., Nurcahyo, Y. E., & Firdausi, F. F. A. (2022). Empowerment of Fishermen Communities through the Utilization of Spinning Machine Technology in Weru Village, Paciran District. *Soeropati*, 4(2), 142–150. <https://doi.org/10.35891/js.v4i2.3302>
- ISO 1101. (2017). *Geometrical Product Specifications (GPS)—Geometrical tolerancing—Tolerances of form, orientation, location and run-out (2017 (E))*. www.iso.org
- Laksanwati, E. K., & Harsanta, H. (2020). Rancang Bangun Mesin Pemintal Benang Dengan Kapasitas 3 Cons Menggunakan Software Autocad. *Motor Bakar : Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 1–8. <https://doi.org/10.31000/mbjtm.v4i2.5751>
- Lolongan, S., Halik, A., & Aditya, W. D. (2024). Modifikasi Mesin Pemintal Serat Daun Nanas. *MeKaniK, Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Mesin*, 17(2), 31–39.
- Madsen, D. A., & Madsen, D. P. (2013). *Geometric Dimensioning and Tolerancing (Ninth Edition)*. The Goodheart-Willcox Company, Inc. www.g-w.com
- Mansyah, S., Veranika, R. M., Fauzie, M. A., Ali, H., & K., S. (2021). Perancangan Dan Pembuatan Alat Penggulung Tali Plastik Dua Roll Dengan Penggerak Motor Listrik. *JURNAL*

- DESIMINASI TEKNOLOGI, 9(2). <https://doi.org/10.52333/destek.v9i2.780>
- Mitsuboshi. (2014). V-Belt Design Manual DIN. https://www.mitsuboshi.co.jp/english/sien/sien_dl.html
- Pinangkaan, N. (2024). Uji Kinerja Mesin Pemintal Tali Dari Sabut Kelapa. *Jurnal Masina Nipake*, 4(1), 1–11.
- Planchard, D. C. (2022). *Engineering Design with SOLIDWORKS 2022* (2022 ed.). SDC Publications.
- Prakosa, R., Anggoro, P. W., & Yuniarto, A. T. (2022). Redesain Mesin Spinner pada UMKM Putri 21 untuk Mengurangi Getaran pada Foundational Bolt Menggunakan Finite Element Analysis Software SOLIDWORK 2018. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(1), 21–30. <https://doi.org/10.32497/jrm.v17i1.2897>
- Prasetyo, A. B., & Sekarjati, K. A. (2022). Finite Element Simulation of Power Weeder Machine Frame. *Indonesian Journal of Computing, Engineering and Design (IJoCED)*, 4(2), 25–34. <https://doi.org/10.35806/ijoced.v4i2.291>
- Risty, A. S. M., & Wahyudi, K. E. (2025). Pemberdayaan Ekonomi Lokal : Industri Kecil Menengah (IKM) Berorientasi Ekspor Di Provinsi Jawa Timur. *JANE (Jurnal Administrasi Negara)*, 17(1), 39–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/jane.v17i1.63729>
- Setiawan, E., Zamheri, A., & Mardiana. (2025). Analisa Simulasi Pada Kekuatan Material Mini Boiler Menggunakan Metode Finite Element Analysis (FEA). *MACHINERY JURNAL TEKNOLOGI TERAPAN*, 6(1), 18–27. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.15234205>
- Sularso, & Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin* (11 ed.). PT.Pradnya Paramita.
- Verma, G., & Weber, M. (2022). *SolidWorks Simulation 2022 Black Book* (2022 ed.). CADCIM Technologies.
- Wirjosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam* (8 ed.). PT Pertja.