

ANALYSIS OF FLEXURAL STRESS IN PROTOTYPE CARDING MACHINE SPINDLE GEARS MADE OF AISI 1020 STEEL

Muhamad Safi'i^{1,*}, Khaqurokhim², Rouf Muhammad³, Suheri Suheri⁴, Agung Nugroho⁵, Susanto⁶, M. Iqbal Farhan Putra Arya⁷.

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al Qur'an Wonosobo, 56351.

⁴ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Samudra, Aceh, 24416.

⁵ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim, Semarang, 50232.

⁶ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Politeknik Maritim Negeri Indonesia, Semarang, 90134.

⁷ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang, 50275.

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Januari 2024
Direvisi dari 27 Januari 2024
Diterima 28 Januari 2024
Dipublikasi 30 Juni 2024

Keywords:

Flexural stress;
Prototype gears;
Carding machine;
AISI 1020 steel;
Silk processing;
Mechanical analysis;
Mathematical calculations.

DOI :

10.55377/jurutera.v11i01.9548

ABSTRACT

Stress in a mechanically loaded structure is a critical aspect that warrants thorough investigation. The impact of stress on a structure can lead to various consequences, including crack propagation and fracture. Gears play a crucial role in transmitting power and rotation between shafts, making an in-depth analysis of stress in gears essential for ensuring mechanical reliability. Previous research has predominantly focused on stress and loads in gears, utilizing mathematical and numerical methods to explore variations in parameters such as gear diameter and thickness in various vehicles and machines. However, there is a noticeable gap in the literature regarding the analysis of the effect of AISI 1020 steel material on spur gears, particularly in the context of a carding machine for silk processing. This study aims to fill this void by employing a mathematical approach to determine the flexural stress in prototype spindle gears used in a carding machine for silk processing. Through thorough analysis and mathematical calculations, the flexural stress in the prototype spindle gears of the carding machine for silk processing was determined to be 176.32 kg/mm². This research provides valuable insights into the mechanical behavior of gears under load, specifically in the context of the unique requirements of a carding machine for silk processing.

© 2024 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

PENDAHULUAN

Tegangan atau *stress* dalam sebuah struktur mekanik yang mengalami pembebanan menjadi hal yang menarik untuk dibahas. Tegangan yang bekerja dalam sebuah struktur dapat berakibat pada banyak hal, diantaranya keretakan ataupun patah (M. Safi'i, 2023). Roda gigi merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari satu poros ke poros lainnya. Perkembangan industri yang cepat seperti pada kendaraan, kapal dan pesawat terbang memerlukan penerapan lebih lanjut dari teknologi roda gigi (H. Sutanto, 2017).

Untuk menunjang kinerja roda gigi maka diperlukan analisa untuk mengetahui tegangan pada roda gigi, salah satunya adalah tegangan lentur.

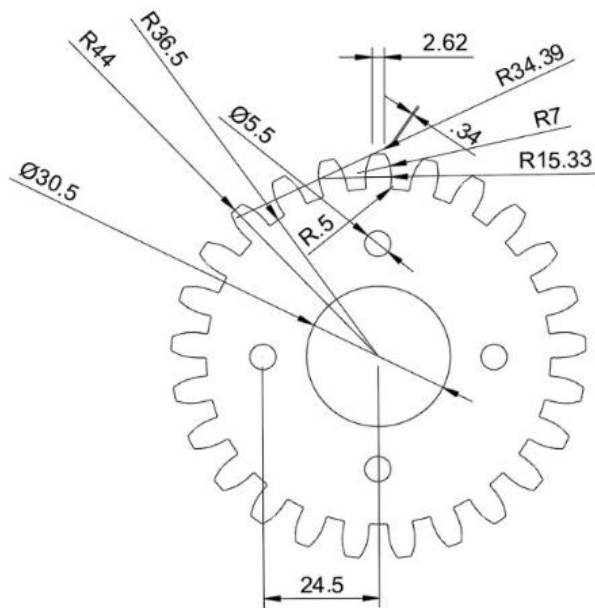
Analisis distribusi tegangan pada roda gigi transmisi dengan parameter Diameter jarak bagi RG (dp) 62,5 mm, Diameter kaki RG (dk) 58,5 mm, Jarak kisar antar gigi (p) 5,6 mm, Lebar gigi (h) 3,3 mm, Bahan roda gigi SNC2 : baja paduan Ni & Cr, pengerasan celup dingin, Tinggi gigi (l) 4 mm 16 Gaya tangensial batang gigi (Ft) 329,6 N, Tebal gigi (b) 11 mm, Modul (m) 2, Sudut kontak (α) 200, dan Jumlah gigi (z) 35 buah dilakukan guna untuk mengetahui pemodelan grafis yang menghasilkan informasi penting seperti tegangan ekivalen dalam skala Von Mises dan faktor keamanan. Hasil perhitungan tegangan lentur dengan menggunakan *software* COSMOSXpres didapatkan kekuatan luluhnya yaitu 620,4 N/mm² sehingga masih aman digunakan (R. Hadiputranto, 2010).

Analisa tegangan pada roda gigi lurus dilakukan dengan pendekatan elemen hingga dan perhitungan matematis. Hasil perhitungan matematis (manual) didapat nilai tegangan maksimum *spur gear* sebesar 69,033 N/mm², dan tegangan maksimum *spur gear* sebesar 71,827 N/mm². Perbandingan proses simulasi dengan perhitungan matematis (manual) didapat penyimpangan maksimum sebesar 4,727 %. Harga penyimpangan ini dapat diterima karena lebih kecil dari 5 % dan komponen hasil rancangan aman digunakan karena tegangan yang bekerja lebih kecil dari tegangan yang diizinkan (A. Hutomo, 2020).

Penelitian sebelumnya difokuskan pada tegangan dan beban pada roda gigi yang dikembangkan dengan metoda perhitungan matematis maupun numerik terhadap berbagai variasi seperti bahan, diameter dan tebal roda gigi pada kendaraan maupun mesin lain. Selain itu, tidak ada studi analisa tentang pengaruh bahan Baja Aisi 1020 dengan pendekatan perhitungan matematis guna untuk mencari nilai tegangan lentur pada roda gigi pada mesin *carding* sutra.

METODE PENELITIAN

Model Fisik



Gambar 1. Desain Roda Gigi Prototype Mesin *Carding* Sutra.

(Sumber : Foto Gambar Solidworks).

Pembuatan geometri roda gigi dilakukan dengan menggunakan *software* gambar *Solidworks* yang mengacu pada manual book mesin. Dimensi roda gigi dijelaskan pada Gambar 1.

Spesifikasi Bahan Pembuatan Roda Gigi

Baja AISI 1020 merupakan salah satu baja karbon rendah dengan unsur karbon (1,40-1,70)% Ni, (0,90-1,40)% Cr, dan (0,20-0,30)% Mo. Baja AISI 1020 setara dengan baja DIN CK22.C22, JIS S20C (M. Nasution, 2020).

Tabel 1. Properties material Baja AISI 1020.

Properties	AISI 1020	Structural Stell
Density	7900 kg/m ³	7850 kg/m ³
Young's modulus	2x10 ¹¹ Pa	2x10 ¹¹ Pa
Poison's ratio	0,29	0.3
Bulk modulus	1.5873x10 ¹¹ Pa	1.6667x10 ¹¹ Pa
Shear modulus	7.75x10 ¹¹ Pa	7.692x10 ¹¹ Pa
Yield strength	351.5x10 ⁶ Pa	250x10 ⁶ Pa
Ultimate strength	420x10 ⁶ Pa	460x10 ⁶ Pa

Spesifikasi Mesin *Carding* Sutra

Spesifikasi mesin *carding* sutra adalah sebagai berikut:

1. *Application* : Cotton, chemical fiber and blends of 22-76 mm long.
2. *Capacity* : Up to 60 kgs/h.
3. *Output speed of silver* : up to 180m/ min.
4. *Quantitative Silver* : approx. 3.5-6.5 gs/m.
5. *Feed weight*: approx. 400-800 gs/m.

Reduksi Data dan Analisa

Beban lentur (*Bending*) adalah keadaan gaya kompleks yang berkaitan dengan melenturnya elemen. Biasanya lentur terjadi pada elemen balok sebagai akibat dari adanya beban transversal (dimana partikel-partikel medium beresilasi disekitar posisi rata-rata mereka di sudut kanan ke arah rambat gelombang (M. Safi'i, 2023).

Modul

$$D = \frac{m}{z} \dots \dots \dots (1)$$

Pitch Diameter

$$D = m \cdot z \dots \dots \dots (2)$$

Circular Pitch

$$P = m \cdot \pi = \frac{D}{Z}(\pi) \dots \dots \dots (3)$$

Number of Teeth

$$Z = \frac{D}{m} \dots \dots \dots (4)$$

Addendum:

$$ha = m \dots \dots \dots (5)$$

Dedendum

$$hf = 1,5 \times m \dots \dots \dots (6)$$

Outside Diameter

$$Do = D = 2 \times m = m(z + 2) \dots \dots \dots (7)$$

Root Diameter

$$Dr = D - 2,5 \times m \dots \dots \dots (8)$$

Base Circle Diameter

$$Dp = D \cdot \cos \alpha \dots \dots \dots (9)$$

Thooth Thickness

$$S = \frac{\pi}{2}(m) = \frac{P}{Z} \dots \dots \dots (10)$$

Tegangan lentur maksimum

$$\sigma_w = \frac{(W_T \times h) \frac{t}{2}}{b \frac{t^3}{12}} = \frac{(W_T \times h) \times 6}{b \cdot t^2} \dots \dots \dots (11)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode untuk mencari tegangan lentur maksimum prototype roda gigi pada mesin carding sutra dilakukan dengan pendekatan perhitungan matematis. Perhitungan dimulai dari propertis penting roda gigi, dari hasil perhitungan tersebut didapatkan hasil tegangan lentur maksimum, adapun caranya adalah:

Modul

$$D = \frac{m}{z} = \frac{88}{24} = 3,67mm$$

Pitch Diameter

$$D = m \cdot z = 3,67 \times 24 = 88,08mm$$

Circular Pitch

$$P = m \cdot \pi = \frac{D}{z}(\pi) = \frac{88,08}{24} \times 3,14 = 11,52mm$$

Number of Teeth

$$Z = \frac{D}{m} = \frac{88,08}{3,67} = 24$$

Addendum:

$$ha = m = 3,67mm$$

Dedendum:

$$hf = 1,5 \times m = 1,5 \times 3,67 = 5,51mm$$

Outside Diameter

$$Do = D = 2 \times m = m(z + 2) = 3,67(24 + 2) = 95,42mm$$

Root Diameter

$$Dr = D - 2,5 \times m = 88,08 - 2,5 \times 3,67 = 78,9mm$$

Base Circle Diameter

$$Dp = D \cdot \cos \alpha = 88,08 \times \cos 45^\circ = 88,08 \times \frac{1}{2} \sqrt{2} = 44,04 \sqrt{2}$$

Thooth Thickness

$$S = \frac{\pi}{2}(m) = \frac{P}{Z} = \frac{3,14}{24} \times 3,67 = 5,77mm$$

Dari beberapa perhitungan diatas, maka tegangan lentur maksimum balok gigi/mata giginya adalah:

$$\sigma_w = \frac{(W_T \times h) \frac{t}{2}}{b \frac{t^3}{12}} = \frac{(W_T \times h) \times 6}{b \cdot t^2} = \frac{(320 \times 5,51) \times 6}{10 \times 36} = 32 \times 5,51 = 176,32 \text{ kg/mm}^2$$

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan perhitungan matematis yang dilakukan pada roda gigi prototype mesin carding sutra menggunakan bahan Baja AISI 1020, diperoleh nilai tegangan lentur sebesar 176,32 kg/mm². Hasil ini menggambarkan ketahanan struktural roda gigi terhadap beban dan memberikan pemahaman mendalam tentang performa material dalam konteks penggunaan pada mesin carding sutra. Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pemahaman kita tentang tegangan lentur pada roda gigi, khususnya dalam aplikasi mesin carding sutra. Hasil analisis menyediakan informasi

yang relevan untuk perancangan lebih lanjut dan pengembangan mesin, serta memberikan dasar ilmiah yang solid untuk penggunaan material Baja AISI 1020 pada komponen mesin yang mengalami tegangan lentur. Pemahaman mendalam ini diharapkan dapat mendukung upaya peningkatan kinerja dan ketahanan mekanis dari mesin carding sutra secara keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI).
Laboratorium Efisiensi Energi, Universitas
Diponegoro Semarang. Jl. Prof. Sudarto No.13,
Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa
Tengah (50275), Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Muhamad Safi'i. "Buku Ajar Elemen Mesin".
Universitas Sains Al-Qur'an. Wonosobo, 2023
- Hadi Sutanto. "Analisis Tegangan Roda Gigi Miring
pada Transmisi Kendaraan Roda Empat
berdasarkan AGMA dan ANSYS". Media
Teknika Jurnal Teknologi, Teknik Mesin
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Depok,
2017.
- Rachmanto Hadiputranto. "Analisis Distribusi
Tegangan Roda Gigi Transmisi Dengan
Pemodelan Grafis COSMOSXpress".
TRANSMISI, Vol-VI Edisi-2/ Hal. 581 – 588,
STT YBSI, Tasikmalaya, 2010.
- Aditya Hutomo, Agung Setyo Darmawan. "Analisis
Tegangan Komponen Poros, Roda Gigi Lurus dan
Roda Gigi Muka Mesin Molen Semen Dengan
Metode Elemen Hingga". Teknik Mesin, Fakultas
Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta,
2022.
- Muslih Nasution, Rini Halila Nasution. ""Analisa
Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 1020
Terhadap Perlakuan Carburizing Arang Batok
Kelapa". Buletin Utama Teknik Vol. 15, No. 2,
Teknik Mesin, Fakultas Teknik UISU, 2020.