

## Pengaruh Diameter Kawat dan Panjang Koil Pegas Tekan terhadap Defleksi pada Sistem Getaran Ayak

Yohanes B. Yokasing<sup>1</sup>, I.G. N. Nitya Santhiarsa<sup>2</sup>, I. Made Parwata<sup>3</sup>, I. Putu Lokantara<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Doktor Ilmu Teknik, Universitas Udayana,  
Jl. P.B Sudirman, Denpasar-Bali, Kode Pos 80231  
Corresponding author: [yohanesyokasing12@gmail.com](mailto:yohanesyokasing12@gmail.com)

### Abstract

*The design of a vibration-based screening system requires adjustment of the compression spring characteristics to meet the required amplitude and working frequency. This study analyzes the effect of wire diameter ( $d$ ) and spring coil length ( $N_0$ ) on spring deflection ( $\delta$ ) and stiffness ( $k$ ) as key parameters in the design of vibratory sieve systems. A quantitative approach was employed through deflection testing using a spring tester and performance graphs. The results show that increasing the wire diameter from 3 mm to 4 mm reduces deflection by up to 38% and increases spring stiffness by approximately 50%. Conversely, increasing the coil length from 80 mm to 120 mm raises deflection by about  $\pm 48\%$ . The spring stiffness constant ranges from 2.4 N/mm to 3.8 N/mm, depending on the dimensional combination. The combination of  $d = 4$  mm and  $N_0 = 80$  mm is suitable for low-frequency vibrations, while  $d = 3$  mm and  $N_0 = 120$  mm is appropriate for high-frequency vibrations. These findings provide technical guidance for adjusting spring characteristics to match the vibration design targets of screening systems, particularly in the processing of both light and heavy materials.*

**Keywords:** Compression spring, vibrating screen, mechanical vibration.

### Abstrak

Desain sistem pengayak berbasis getaran memerlukan penyesuaian karakteristik pegas tekan agar sesuai dengan kebutuhan amplitudo dan frekuensi kerja. Penelitian ini menganalisis pengaruh diameter kawat ( $d$ ) dan panjang koil pegas ( $N_0$ ) terhadap defleksi pegas ( $\delta$ ) dan kekakuan ( $k$ ) sebagai parameter utama dalam perancangan sistem getaran saringan ayak. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif melalui uji defleksi menggunakan *tester spring* dan grafik uji. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan diameter kawat dari 3 mm menjadi 4 mm dapat menurunkan defleksi hingga 38% dan meningkatkan kekakuan pegas sekitar 50%. Sebaliknya, peningkatan panjang koil dari 80 mm menjadi 120 mm menaikkan defleksi sebesar  $\pm 48\%$ . Konstanta kekakuan pegas berkisar antara 2,4 N/mm hingga 3,8 N/mm tergantung kombinasi dimensi. Kombinasi  $d = 4$  mm dan  $N_0 = 80$  mm cocok untuk getaran rendah, sedangkan  $d = 3$  mm dan  $N_0 = 120$  mm sesuai untuk getaran tinggi. Hasil ini memberikan pedoman teknis dalam menyesuaikan karakteristik pegas terhadap target desain getaran sistem ayak getar, khususnya pada pengolahan material ringan dan berat

**Kata kunci:** Pegas tekan, saringan ayak, getaran mekanik

## 1. Pendahuluan

Dalam dunia rekayasa mekanika, khususnya pada sistem pemisahan material granular seperti pasir, batu kerikil, atau biji-bijian. mesin ayak getar (*vibrating screen*) memiliki peran vital dalam meningkatkan efisiensi pemisahan dan klasifikasi partikel berdasarkan ukuran. Efektivitas mesin ini sangat ditentukan oleh kemampuan sistem menghasilkan getaran dinamis yang terkontrol, stabil, dan sesuai dengan karakteristik material yang diproses. Salah

satu komponen penting dalam menghasilkan getaran tersebut adalah pegas tekan, yang berfungsi sebagai elemen penyerap dan pemantul energi osilasi [1].

Pegas tekan tidak hanya berfungsi menahan beban statis, tetapi juga bekerja secara dinamis dalam sistem yang mengalami eksitasi periodik, seperti pada ayakan getar. Parameter fungsional utama dari pegas tekan dalam sistem ini adalah defleksi. Defleksi adalah perubahan panjang pegas akibat gaya tekan. Besarnya defleksi

berpengaruh langsung terhadap amplitudo dan frekuensi alami sistem getar. Jika defleksi tidak sesuai dengan kebutuhan dinamis sistem, maka bisa terjadi kondisi resonansi atau getaran yang terlalu lemah, keduanya berpotensi mengurangi efisiensi pengayakan atau bahkan menyebabkan kerusakan pada komponen mesin [2].

Karakteristik defleksi pegas secara signifikan ditentukan oleh dimensi diameter kawat pegas dan panjang koil (jumlah lilitan aktif). Pegas silinder, memiliki defleksi berbanding lurus terhadap panjang koil dan diameter kumparan, namun berbanding terbalik terhadap pangkat empat diameter kawat. Secara matematis memperlihatkan bahwa diameter kawat berpengaruh secara eksponensial (pangkat empat) terhadap defleksi, sedangkan panjang pegas (direpresentasikan oleh jumlah lilitan) memberikan pengaruh linier. Sebagai konsekuensi praktis, peningkatan kecil pada diameter kawat mampu mereduksi defleksi dalam orde puluhan kali, sedangkan penambahan lilitan yang identik dengan memanjangkan koil justru memperlebar defleksi dalam rasio yang lebih moderat [3].

Dalam konteks perancangan ayakan getar, tantangan utama adalah menyesuaikan karakteristik pegas dengan kebutuhan sistem getaran. Pegas harus cukup lentur agar mampu menghasilkan amplitudo osilasi yang efektif untuk memindahkan dan menyaring material, namun juga cukup kaku agar tidak menyebabkan osilasi berlebih yang dapat merusak struktur atau mengurangi umur pakai [4].

Karakteristik mekanis ini sangat bergantung pada parameter geometris pegas itu sendiri. Oleh karena itu, studi terhadap pengaruh variasi diameter kawat dan panjang koil terhadap defleksi pegas menjadi penting sebagai dasar dalam menentukan spesifikasi teknis pegas tekan yang optimal agar sistem mencapai efisiensi penyaringan yang maksimal tanpa mengorbankan integritas struktural [5].

Oleh karena itu, studi terhadap pengaruh variasi diameter kawat dan panjang koil terhadap defleksi pegas menjadi sangat penting sebagai dasar dalam menentukan spesifikasi teknis pegas tekan

yang optimal, mengingat konstanta pegas ( $k$ ) sangat sensitif terhadap perubahan dimensi geometris tersebut [6].

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen kuantitatif untuk menganalisis karakteristik mekanis pegas tekan. Fokus utama penelitian adalah mengobservasi respons mekanis pegas akibat perubahan parameter geometris terhadap beban statis yang diberikan.

### A. Desain Eksperimen dan Variabel

- 1) Variabel bebas: Parameter geometris pegas yang dimanipulasi, meliputi diameter kawat ( $d$ ) dan panjang koil/jumlah lilitan aktif ( $n$ ).
- 2) Variabel terikat: Nilai defleksi aksial ( $\delta$ ) yang dihasilkan akibat pembebanan.
- 3) Variabel kontrol: Beban aksial tetap ( $F$ ), material pegas (modulus geser  $G$ ), dan diameter rata-rata koil ( $D$ ).

### B. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah sistematis dalam eksperimen ini meliputi:

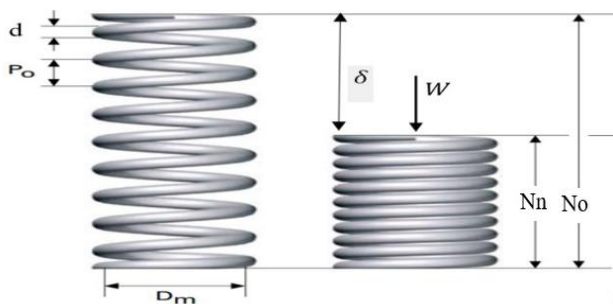
- 1) Preparasi spesimen: Menyiapkan berbagai spesimen pegas tekan dengan variasi diameter kawat dan panjang koil sesuai standar perancangan.
- 2) Pengujian statis : Mengaplikasikan beban aksial tetap pada setiap spesimen menggunakan alat uji beban.
- 3) Akuisisi Data: Mengukur defleksi nyata ( $\delta_{\text{eksperimen}}$ ) yang terjadi pada setiap variasi spesimen secara presisi.
- 4) Analisis Teoretis: Menghitung defleksi secara matematis ( $\delta_{\text{teoretis}}$ ) menggunakan persamaan dasar pegas heliks:
 
$$\delta = \frac{8FD^3n}{Gd^4} \dots\dots\dots(2)$$
- 5) Evaluasi dan komparasi : Membandingkan data hasil pengujian lapangan dengan model teoretis serta kebutuhan fungsional mesin ayakan getar untuk

menentukan tingkat galat (*error*) dan efektivitas perancangan.

### C. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif untuk melihat tren hubungan antar variabel. Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan dasar rasional dalam menentukan spesifikasi pegas yang mampu menyeimbangkan antara fleksibilitas osilasi dan kekuatan struktural sistem ayakan.

Bahan penelitian yang digunakan pegas tekan, tampak gambar 1, dimensi dan mekanisme deformasi pegas tekan.



Gambar 1. Deformasi Pegas Tekan [7]

Di mana  $d$  = diameter kawat (m);  $D_m$  = diameter rata-rata (m);  $D_i$  = diameter dalam (m);  $L_o$  ( $N_o$ ) = Panjang pegas tanpa beban (mm);  $L_n$  ( $N_n$ ) = Panjang pegas dibebani (mm);  $F$  = Gaya yang bekerja pada pegas (N);  $\delta$  = defleksi pegas (m)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Nilai Kekakuan Pegas Tekan

Nilai kekakuan dari pegas tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan,

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n} \quad (2)$$

Di mana:  $G$  adalah modulus geser material ( $N/mm^2$ );  $d$  adalah diameter kawat pegas (mm);  $D$  adalah diameter kumparan (mm);  $n$  atau  $N$  adalah jumlah lilitan aktif pegas [13].

Data pegas yang diuji sebagai berikut; bahan besi baja, untuk diameter kawat 3 mm, 3,5 mm, dan 4 mm; diameter luar pegas 40 mm; jumlah lilitan aktif 8, 10, dan 12. Nilai kekakuan pegas untuk bahan baja tersebut, dijelaskan dalam tabel 1. Nilai ini memberikan gambaran bahwa semakin

besar diameter kawat, maka kekakuan pegas akan meningkat secara signifikan (karena  $d^4$  berpengaruh besar), sementara peningkatan jumlah lilitan dan diameter kumparan akan menurunkan nilai  $k$  [1].

Nilai ini relevan untuk aplikasi rekayasa seperti alat ayak getar, atau sistem redaman mekanik, di mana pemilihan kekakuan yang sesuai menjadi faktor penting dalam desain [8].

Tabel 1. Nilai Kekakuan Pegas Tekan

Diameter Kawat (mm)	Lilitan Aktif (No)	Diameter Tengah (mm)	Kekakuan (N/mm)
3	8	37	11,867
3	10	37	9,493
3	12	37	7,911
3,5	8	36,5	20,888
3,5	10	36,5	16,710
3,5	12	36,5	13,925
4	8	36	34,849
4	10	36	27,879
4	12	36	23,233

#### Pengaruh Diameter Kawat Pegas Terhadap Defleksi yang Terjadi

Defleksi ( $\delta$ ) adalah perubahan panjang atau simpangan aksial pada pegas saat diberi beban tekan. Berdasarkan hukum Hooke, hubungan gaya ( $F$ ) dan defleksi ( $\delta$ ) pada pegas linier, dengan persamaan :

$$F = k \cdot \delta \quad (3)$$

Di mana :  $F$  = gaya tekan (N);  $k$  = konstanta kekakuan pegas (N/m);  $\delta$  = defleksi pegas (m)

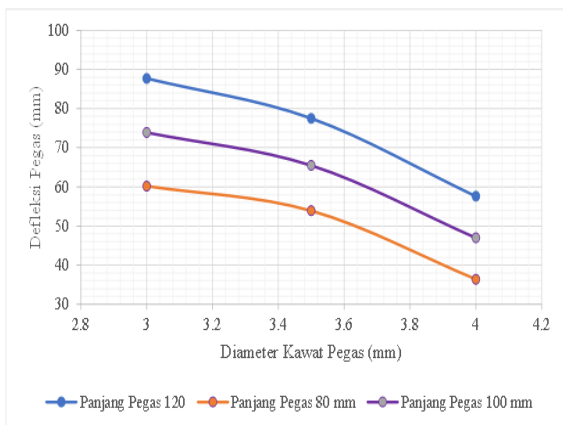
Defleksi dipengaruhi oleh dimensi fisik pegas seperti diameter kawat, jumlah lilitan aktif, dan diameter kumparan pegas [15].

Hubungan perubahan diameter kawat pegas dan defleksi tersebut, dideskripsikan dengan grafik gambar 2. menampilkan hubungan antara Diameter Kawat Pegas (mm) terhadap Defleksi Pegas (mm) untuk tiga variasi panjang pegas, yaitu 80 mm, 100 mm, dan 120 mm.

Pengaruh Panjang Pegas terhadap Defleksi yang berbeda:

- 1) Panjang Pegas 120 mm:

- o Menunjukkan defleksi terbesar pada setiap diameter kawat.
  - o Pegas yang lebih panjang cenderung lebih lentur sehingga menghasilkan defleksi lebih besar pada gaya tekan yang sama.
- 2) Panjang Pegas 100 mm:
- o Nilai defleksi berada di antara panjang 120 mm dan 80 mm.
  - o Konsistensi bahwa panjang pegas berbanding lurus dengan besarnya defleksi.
- 3) Panjang Pegas 80 mm:
- o Menunjukkan defleksi terkecil.
  - o Pegas pendek cenderung lebih kaku, menghasilkan resistansi yang lebih besar terhadap deformasi



Gambar. 2. Grafik Hubungan Diameter kawat Pegas terhadap Defleksi yang Terjadi

Interpretasi Teknikal; Dalam konteks perancangan sistem seperti saringan ayak getar:

- 1) Defleksi tinggi (panjang pegas besar, diameter kawat kecil) cocok untuk sistem yang membutuhkan osilasi besar, seperti peredaman tinggi atau ayakan yang bekerja pada material ringan.
- 2) Defleksi rendah (panjang pegas pendek, diameter kawat besar) sesuai untuk sistem yang stabil dan minim getaran, atau saat beban kejut tinggi.

*Pengaruh Panjang Koil Pegas Terhadap Defleksi yang Terjadi*

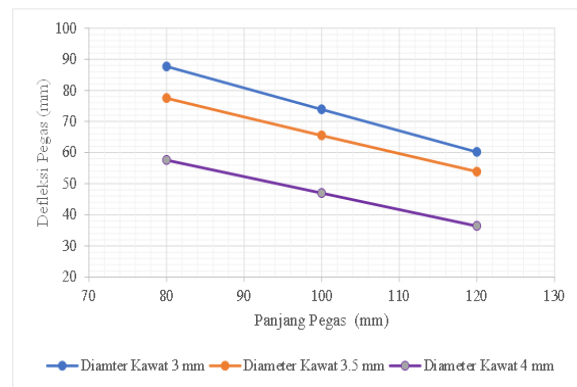
Parameter-parameter defleksi dapat dihitung melalui rumus empiris defleksi pegas silinder :

$$\delta = \frac{8 PD^3 N}{Gd^4} \quad (3)$$

Di mana:  $\delta$  = defleksi (mm); P = gaya beban aksial (N); D= diameter rata-rata pegas (mm); N = jumlah lilitan aktif/panjang pegas; G = modulus geser material (MPa); d = diameter kawat pegas (mm).

Rumus ini menunjukkan bahwa defleksi : berbanding lurus terhadap jumlah lilitan (N) dan diameter kumparan ( $D^3$ ), berbanding terbalik terhadap diameter kawat ( $d^4$ ), artinya, meningkatkan diameter kawat akan mengurangi defleksi, sedangkan menambah panjang pegas (dengan menambah lilitan) akan menambah defleksi, dan ini memengaruhi frekuensi serta amplitudo getaran sistem ayak.

Hal ini ditunjukkan grafik gambar 3, grafik hasil kajian, memperlihatkan bahwa semakin panjang pegas, maka defleksi yang terjadi semakin besar, ditunjukkan oleh ketiga garis yang menurun ke kiri (dari kanan ke kiri). Artinya, pegas yang lebih panjang cenderung lebih lentur dan mengalami deformasi yang lebih besar untuk gaya tekan yang sama.



Gambar. 3. Grafik Hubungan Panjang Pegas terhadap Defleksi yang Terjadi

*Pengaruh Diameter Kawat terhadap Defleksi;*

- (1) Diameter Kawat 3 mm: Menunjukkan defleksi paling besar pada setiap panjang pegas. Diameter kawat lebih kecil pegas lebih lentur defleksi lebih besar.
- (2) Diameter Kawat 3.5 mm: Defleksi lebih kecil dibanding diameter 3 mm, namun masih cukup signifikan.

- (3) Diameter Kawat 4 mm:  
Menunjukkan defleksi paling kecil.  
Diameter kawat besar; kekakuan pegas meningkat, pegas menjadi lebih kaku dan sulit dideformasi.

#### Hubungan Panjang Pegas dengan Defleksi

- (1) Dari grafik, semua kurva menunjukkan bahwa defleksi meningkat seiring dengan bertambahnya panjang pegas.
- (2) Hal ini disebabkan karena panjang pegas yang lebih besar umumnya berarti jumlah lilitan ( $N$ ) bertambah, atau gaya efektif untuk menghasilkan deformasi menjadi lebih besar.
- (3) Dalam rumus,  $\delta$  dan  $N$  sering berbanding lurus dengan panjang pegas.

#### Pengaruh Gaya terhadap Defleksi

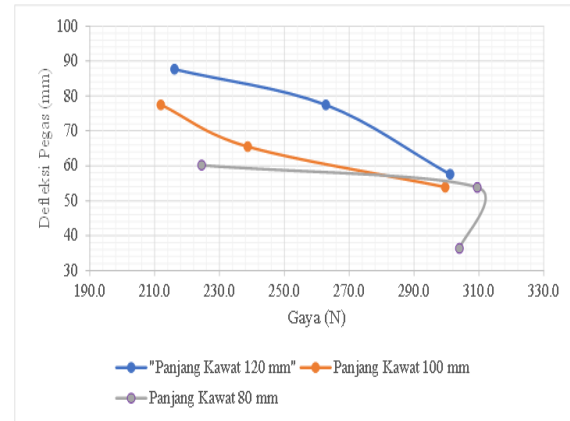
Grafik gambar 4, memperlihatkan hubungan antara gaya tekan ( $N$ ) terhadap defleksi pegas ( $mm$ ) untuk tiga variasi panjang kawat pegas, yaitu 120 mm, 100 mm, dan 80 mm. Ini memberikan, defleksi meningkat dengan bertambahnya gaya tekan, yang konsisten dengan hukum Hooke dalam batas elastis. Namun, grafik tidak sepenuhnya linier, terutama pada pegas dengan panjang 80 mm yang menunjukkan perubahan arah (nonlinier), karena mendekati batas plastis atau terjadinya efek lokal seperti buckling kecil atau kontak antar lilitan.

#### Pengaruh Panjang Pegas terhadap Defleksi

- a) Panjang Pegas 120 mm  
Menunjukkan defleksi terbesar pada setiap gaya, karena panjang pegas yang lebih besar memiliki kekakuan yang lebih kecil ( $k$  lebih kecil), sehingga lebih mudah mengalami deformasi.
- b) Panjang Pegas 100 mm  
Defleksi berada di antara panjang 120 mm dan 80 mm. Masih lentur, tetapi sedikit lebih kaku daripada pegas 120 mm.
- c) Panjang Pegas 80 mm  
Menunjukkan defleksi paling kecil pada gaya yang sama, mencerminkan bahwa

pegas pendek memiliki kekakuan lebih tinggi (resistan terhadap gaya tekan).

Adanya pembalikan tren pada gaya sekitar 310 N kemungkinan menunjukkan efek non-linier seperti, pegas mencapai panjang padat (*solid height*), deformasi plastis awal.



Gambar 4. Grafik Hubungan Gaya terhadap Defleksi Pegas

#### Interpretasi Teknikal

- a) Pegas lebih panjang menghasilkan defleksi lebih besar untuk gaya yang sama.
- b) Pegas lebih pendek menahan gaya yang lebih besar namun mengalami defleksi lebih kecil.
- c) Hubungan gaya terhadap defleksi tidak selalu linier terutama ketika gaya mendekati batas kekuatan material atau batas kompresi maksimum pegas.

#### Relevansi untuk Desain Getaran

- a) Mesin ayak getar, pemilihan pegas harus mempertimbangkan :
  - o Amplitudo getaran (defleksi)
  - o Kekuatan sistem menahan beban osilasi,
  - o Stabilitas operasi terhadap beban tinggi.
- b) Pegas dengan panjang lebih besar cocok untuk sistem berfrekuensi rendah namun amplitudo tinggi, sedangkan pegas pendek lebih cocok untuk sistem berfrekuensi tinggi dengan amplitudo kecil.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa dimensi geometrik pegas tekan, khususnya diameter kawat ( $d$ ) dari 3 mm menjadi 4 mm dapat menurunkan defleksi rata-rata hingga 38%, dengan kenaikan kekakuan sebesar  $\pm 50\%$ , di mana setiap penambahan 1 mm diameter kawat menghasilkan penurunan defleksi sekitar 25 mm dan panjang koil pegas ( $L$ ), memiliki pengaruh signifikan terhadap besarnya defleksi pegas ( $\delta$ ). Sebaliknya, peningkatan panjang koil pegas dari 80 mm menjadi 120 mm meningkatkan defleksi rata-rata hingga  $\pm 48\%$ , dengan setiap kenaikan 10 mm panjang pegas menambah defleksi sekitar 4–5 mm. Konstanta kekakuan  $k$  pegas terukur berkisar antara 2,4 N/mm ( $L = 120$  mm) hingga 3,8 N/mm ( $L = 80$  mm). Kombinasi  $d = 4$  mm dan  $L = 80$  mm memberikan karakteristik getaran rendah ( $\delta \approx 35$ –45 mm), cocok untuk mengayak material berat. Sebaliknya, kombinasi  $d = 3$  mm dan  $L = 120$  mm menghasilkan defleksi tinggi ( $\delta \approx 75$ –90 mm), sesuai untuk pengayakan material ringan dengan getaran besar.

Pengaturan dimensi pegas yang terukur, perancang dapat mengendalikan frekuensi alami dan amplitudo getaran sistem ayak secara presisi. Temuan ini berkontribusi penting dalam optimalisasi desain mekanis pada aplikasi pengayakan material berbasis getaran, khususnya dalam skenario industri dan teknologi tepat guna.

#### Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Kupang yang telah memfasilitasi dalam menunjang kegiatan penelitian dan rekan dosen serta mahasiswa yang membantu dalam menyelesaikan kegiatan penelitian ini.

#### Referensi

- [1] Rao, S.S., 2017. *Mechanical Vibrations*. 6th ed. Boston: Pearson, ISBN 9780134361307, p. 76–77
- [2] Inman, D.J., 2014. *Engineering Vibration*. 4th ed. Boston: Pearson

- Education. ISBN 9780132871693. P. 385–388
- [3] Juvinall, R.C. and Marshek, K.M., 2012. *Fundamentals of Machine Component Design*. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons. ISBN 9781118208918. p. 313–316.
- [4] Budynas, R.G. dan Nisbett, J.K. (2020) *Shigley's Mechanical Engineering Design*. Edisi ke-11. New York: McGraw-Hill Education, hlm. 510–535.
- [5] Norton, R.L. (2018) *Machine Design: An Integrated Approach*. Edisi ke-6. Worcester, MA: Pearson Education, Inc., hlm. 782–805.
- [6] Rao, S.S. (2017) *Mechanical Vibrations*. Edisi ke-6. Harlow, Inggris: Pearson Education Limited, hlm. 155–172.
- [7] Norton, R.L., 2011. *Machine Design: An Integrated Approach*. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, p. 135–145. ISBN 978-0-13-612370-5.
- [8] Shigley, J.E., Mischke, C.R. and Budynas, R.G., 2020. *Mechanical Engineering Design*. 11th ed. New York: McGraw-Hill Education, p. 115–125. ISBN 978-0-07-339821-1.
- [9] Budynas, R.G. and Nisbett, J.K., 2015. *Mechanical Engineering Design*. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education, p. 104–110. ISBN 978-0-07-339820-4.
- [10] Genta, G., 2009. *Vibration Dynamics and Control*. New York: Springer, p. 210–220. ISBN 978-0-387-79579-9
- [11] Shigley, J. E. (2011). *Mechanical Engineering Design* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- [12] Timoshenko, S.P. and Goodier, J.N., 2016. *Theory of Elasticity*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Education, pp. 205–207. ISBN 978-0-07-085805-3.
- [13] Hearn, E. J. (2011). *Mechanics of Materials: Vol. 1: An Introduction to*

- the Mechanics of Elastic and Plastic Deformation of Solids and Structural Materials (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- [14] Shigley, J.E. and Mischke, C.R., 2008. Mechanical Engineering Design. 8th ed. New York: McGraw-Hill. ISBN 9780071257633. p. 419-421.
- [15] Shigley, J.E., Mischke, C.R., Budynas, R.G. and Nisbett, K., 2015. *Shigley's Mechanical Engineering Design*. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education