

ANALISA GETARAN DAN KOEFISIEN KORELASI ANTARA GETARAN PADA MESIN (*ENGINE*) DAN TEMPAT DUDUK OPERATOR (*SEAT*) DENGAN VARIASI TINGKAT KEBISINGAN MESIN FORKLIFT TYPE FD 30 PA SUMITOMO

Tony Siagian

Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia

Jalan Teladan No 15 Medan Sumatera Utara 20227

E-mail: siagiantony@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat getaran yang terjadi pada berbagai variasi tingkat kebisingan mesin forklift dengan dudukan operator dan mendapatkan koefisien korelasi tingkat getaran yang terjadi pada mesin serta pengaruhnya terhadap tingkat getaran pada daerah tempat duduk operator. Dari hasil penelitian didapat bahwa pada amplitudo arah vertikal pada tingkat kebisingan paling rendah (87 dB) menghasilkan amplitudo paling tinggi 25.5 mm/s pada mesin dan 2.8 mm/s pada tempat duduk dan pada kebisingan 93 dB terjadi amplitudo paling rendah 0.7 mm/s pada tempat duduk, sementara untuk arah horizontal pada kebisingan 87 dB terjadi amplitudo paling tinggi 17.0 mm/s pada mesin dan 4.8 mm/s pada tempat duduk dan pada kebisingan 93 dB terjadi amplitudo paling rendah 13.5 mm/s pada mesin dan 0.8 mm/s pada tempat duduk. Sementara untuk nilai koefisien korelasi, didapat nilai paling tinggi pada arah vertikal ($r_{xy} = 0.805$) dan paling rendah pada arah horizontal ($r_{xy} = 0.48$). Maka secara umum dari hasil penelitian diketahui bahwa fluktuasi tingkat getaran yang timbul lebih banyak pada horizontal dibanding vertikal dan tingkat koefisien korelasi getaran yang paling kuat terjadi pada pengukuran arah vertikal dan yang paling lemah korelasinya pada arah horizontal.

Kata kunci : Getaran, Amplitudo, Koefisien Korelasi ,

ABSTRACT

This study was conducted to determine the level of vibration that occurred in various of the noise level of forklift engine with the operator's seat and to obtain the correlation coefficient of the vibration level that occurred in the engine and the effect on the vibration level in the operator's seat area. From the results of the study, it was found that the vertical amplitude at the lowest noise level (87 dB) produced the highest amplitude of 25.5 mm/s on the engine and 2.8 mm/s on the seat and at 93 dB noise level the lowest amplitude was occurred 0.7 mm/s on the seat, while for the horizontal direction at 87 dB noise level is the highest amplitude 17.0 mm/s on the engine and 4.8 mm/s on the seat and at 93 dB noise occurs the lowest amplitude was 13.5 mm/s on engine and 0.8 mm/s on the seat. Meanwhile, for the correlation coefficient, the highest value was obtained on the vertical direction ($r_{xy} = 0.805$) and the lowest value on the horizontal direction ($r_{xy} = 0.48$). So, in general, found that the fluctuations of vibration level in horizontal direction is more than vertical direction and the strongest vibration coefficient correlation was occurred in the vertical direction measurement and the weakest correlation was in the horizontal direction.

Key words: Vibration, Amplitude, Coeficient Corelation

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Merujuk pada mesin alat berat, masalah getaran ini salah satu yang menjadi perhatian khususnya mengenai kenyamanan operator terhadap getaran yang timbul pada bagian duduk operator akibat getaran yang ditimbulkan dari mesin.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang dijadikan kajian studi atau penelitian adalah: "Analisa Getaran dan koefisien korelasi antara getaran pada mesin (*Engine*) dan tingkat getaran pada duduk Operator (*Seat*) dengan variasi tingkat kebisingan mesin Forklift Type FD 30 PA Sumitomo 202".

Batasan Masalah

Penelitian memfokuskan pada analisa pengaruh getaran pada bagian mesin terhadap tingkat getaran pada daerah duduk operator dengan variasi putaran baik arah vertikal, horizontal dan juga mendapatkan tingkat koefisien korelasi antara getaran pada mesin dan duduk operator.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Mengetahui pengaruh tingkat getaran pada mesin Forklift dengan variasi tingkat kebisingan engine terhadap tingkat getaran yang timbul pada tempat duduk Operator.
2. Mendapatkan tingkat koefisien korelasi getaran yang timbul pada mesin terhadap tempat duduk operator.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Bagian Utama Forklift

Konstruksi mesin secara umum dalam 2 bagian yaitu konstruksi tidak dapat bergerak dan konstruksi bergerak. Bagian-bagian dari konstruksi tidak bergerak dan bergerak tersebut pada Forklift dapat di lihat pada Gambar 1.

2. Getaran pada Konstruksi Mesin

Pada dasarnya getaran pada mesin adalah hal yang tidak mungkin dihilangkan

sama sekali akibat gerakan mekanisme yang terjadi pada mesin tersebut. Namun permasalahan akan timbul bila getaran yang dihasilkan melebihi batas aman yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mesin tersebut sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada komponen permesinan dan juga meningkatnya biaya perawatan dan perbaikan mesin dan juga ketidaknyamanan terhadap si pengguna peralatan bahkan bisa sampai menimbulkan PAK (Penyakit Akibat Kerja).



Gambar 1. Bagian Utama Forklift

Penyebab Kegagalan Akibat Getaran Berlebih.

Kegagalan atau kerusakan mesin dapat didefinisikan sebagai terjadinya penyimpangan dalam komponen mesin yang dapat menyebabkan mesin tersebut tidak mampu mencapai unjuk kerja.

Pada dasarnya sumber utama dari penyebab kerusakan komponen bias diklasifikasikan menjadi empat kelompok besar yaitu :

- a. kesalahan rancang (cacat rancangan)
- b. kesalahan material (cacat bahan),
- c. kesalahan fabrikasi (cacat proses)
- d. kesalahan operasional (cacat pemasangan).

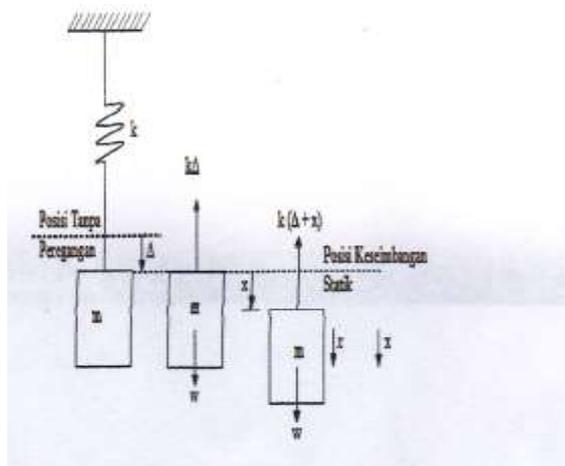
3. Pengertian Getaran

Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Getaran berhubungan dengan gerak osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak tersebut. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar, jadi kebanyakan mesin dan struktur rekayasa (engineering) mengalami getaran sampai derajat tertentu dan rancangannya biasanya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya.

Ada dua kelompok getaran yang umum yaitu:

(1). Getaran Bebas.

Getaran bebas terjadi jika sistem beresilasi karena bekerjanya gaya yang ada dalam sistem itu sendiri (inherent), dan jika ada gaya luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan bergerak pada satu atau lebih frekuensi naturalnya, yang merupakan sifat sistem dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekuatannya. Semua sistem yang memiliki massa dan elastisitas dapat mengalami getaran bebas atau getaran yang terjadi tanpa rangsangan luar.



Gambar 2. Sistem Diagram Pegas-Massa

Sistem diagram Pegas – Massa bisa dilihat pada Gambar 2. Hukum Newton kedua adalah dasar pertama untuk meneliti gerak sistem, pada Gambar 2 perubahan bentuk pegas pada posisi keseimbangan adalah Δ dan gaya pegas $k\Delta$ adalah sama dengan gaya gravitasi w yang bekerja pada massa m

$$k\Delta = w = mg \quad \dots\dots\dots 1$$

Dengan mengukur simpangan x dari posisi kesetimbangan statik, maka gaya-gaya yang bekerja pada m adalah $k(\Delta + x)$ dan w . Dengan x yang dipilih positif dalam arah kebawah, semua besaran gaya, kecepatan dan percepatan juga positif dalam arah kebawah.

Sekarang Hukum Newton kedua untuk gerak diterapkan pada massa m :

$$m\ddot{x} = \sum F = w - k(\Delta + x) \dots\dots\dots 2$$

Dan karena $k\Delta = w$ maka diperoleh :

$$m\ddot{x} = -kx \quad \dots\dots\dots 3$$

Dengan mendefinisikan Frekuensi lingkaran $\omega_n^2 = \frac{k}{m}$ sehingga persamaan dapat ditulis :

$$\ddot{x} + \omega_n^2 x = 0 \quad \dots\dots\dots 4$$

Sehingga persamaan umum diferensial linier orde kedua yang homogen adalah :

$$x = A \sin \omega_n t + B \cos \omega_n t = 0 \quad \dots 5$$

Dengan A dan B adalah kedua konstanta yang perlu. Konstanta-konstanta ini dihitung dari kondisi awal $x(0)$ dan $\dot{x}(0)$, dan persamaan 5 dapat ditunjukkan menjadi

$$x = \frac{\dot{x}(0)}{\omega_n} \sin \omega_n t + x(0) \cos \omega_n t \quad \dots\dots 6$$

Periode Natural osilasi dibentuk dari

$$\omega_n \tau = 2\pi \quad \text{atau}$$

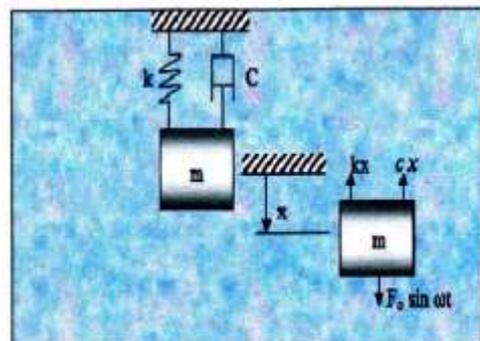
$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \dots\dots 7$$

Dan frekuensi natural adalah :

$$f_n = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \dots\dots\dots 8$$

(2). Getaran Paksa.

Getaran paksa adalah getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar, jika rangsangan tersebut beresilasi maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi dan osilasi besar yang berbahaya mungkin terjadi. Kerusakan pada struktur besar seperti jembatan, gedung ataupun sayap pesawat terbang.



Gambar 3. Getaran Paksa

Gambar 3 adalah sistem yang teredam karena kekentalan dengan eksistensi harmonik, persamaan diferensial geraknya adalah ditunjukkan pada rumusan berikut :

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \sin \bar{\omega}t \quad \dots 8$$

Solusi khusus persamaan diatas adalah keadaan tunak (steady state) dengan frekuensi ω yang sama dengan frekuensi eksitasi. Solusi khusus dapat diasumsikan berbentuk :

$$x = X \sin(\bar{\omega}t - \emptyset) \quad \dots 9$$

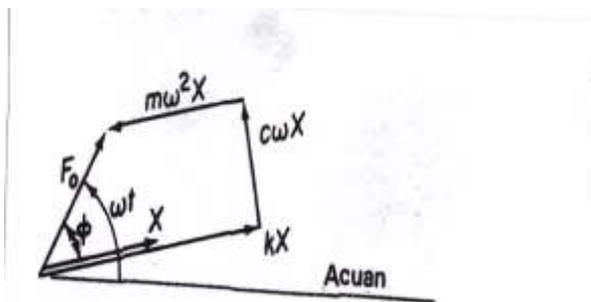
Dengan X adalah amplitude osilasi dan \emptyset adalah beda fase simpangan terhadap gaya eksitasi.

Amplitudo dan fasa pada persamaan diatas diperoleh dengan mensubstitusikan persamaan 9 kedalam persamaan diferensial 8. Dengan mengingat bahwa dalam gerak harmonic fasa kecepatan dan percepatan masing-masing mendahului fasa simpangan dengan 90° dan 180° , maka suku-suku persamaan diferensial tadi juga dapat ditunjukkan secara grafik seperti Gambar 4. Dan dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa

$$X = \frac{F_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \quad \dots 10$$

dan

$$\emptyset = \tan^{-1} \frac{c\omega}{k - m\omega^2} \quad \dots 11$$



Gambar 4. Hubungan Vektor Getaran Paksa Dengan Redaman

Dengan membagi pembilang dan menyebut persamaan diatas dengan k, maka diperoleh:

$$A = \frac{\frac{F_0}{k}}{\sqrt{1 - \left(\frac{m\omega^2}{k}\right)^2 + \left(\frac{c\omega}{k}\right)^2}} \quad \dots 12$$

$$\tan \emptyset = \frac{\frac{c\omega}{k}}{\frac{k - m\omega^2}{k}} \quad \dots 13$$

Persamaan-persamaan diatas selanjutnya akan dapat dinyatakan dalam besaran berikut:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \text{frekuensi natural osilasi tanpa redaman}$$

$$C_c = 2m\omega_n = \text{redaman kritis}$$

$$\zeta = \frac{c}{c_c} = \text{faktor redaman}$$

$$\frac{C\omega}{k} = \frac{C}{C_c} = \frac{C_c \omega}{k} = 2\zeta \frac{\omega}{\omega_n}$$

Jadi persamaan amplitudo dan fasa menjadi:

$$\frac{Xk}{F_0} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]^2}} \quad \dots 14$$

Dan

$$\tan \emptyset = \frac{2\zeta \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \quad \dots 15$$

4. Analisa Getaran

Analisa getaran merupakan salah satu cara yang sangat bermanfaat sebagai prediksi awal terhadap adanya masalah pada mekanikal, elektrikal dan proses pada peralatan, mesin-mesin dan sistem proses yang kontinu di pabrik

Teknik analisa getaran juga digunakan sebagai teknik untuk mendiagnosa, yang dapat diaplikasikan antara lain untuk: *acceptance testing*, pengendalian mutu, mendeteksi bagian yang mengalami kelonggaran, pengendalian kebisingan, mendeteksi adanya kebocoran, desain dan rekayasa mesin, dan optimasi produksi.

5. Koefisien Korelasi

Koefisien Korelasi adalah suatu angka indeks yang melukiskan hubungan antara dua rangkaian data yang dihubungkan. Dengan kata lain, koefisien korelasi adalah ukuran

atau indeks dari hubungan antara dua variable, koefisien korelasi besarnya antara +1 sampai -1.

Rumusan koefisien korelasi sebagai berikut :

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2 \sum y^2)}}$$

r_{xy} = Koefisien korelasi Variabel X dan Y

x = selisih antara X dengan rata-rata X

y = selisih antara Y dengan rata-rata Y

METODOLOGI PENELITIAN

Berisi langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam penelitian, yaitu mengenai persiapan penelitian, mengidentifikasi permasalahan akan dibahas, pengumpulan dan pengolahan data hasil penelitian, pengujian dan penelusuran pustaka, analisa dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian akan dilakukan pada suatu pabrik pengguna Forklift Diesel dengan bantuan pengujian tingkat getaran yang terjadi baik dengan menggunakan berbagai peralatan vibration gauge yang sesuai dalam hal ini vibration pen, digital vibration tool dll.

Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini pengumpulan dan pengambilan data dilakukan dengan melalui beberapa metode:

- a. Data primer, yaitu data-data yang diperoleh melalui:
 - Data dari laporan hasil perawatan
 - Pengamatan saat pengoperasian
 - Pembacaan putaran mesin
- b. Data sekunder, yaitu pengumpulan data yang diperoleh dari hasil penelusuran terhadap berbagai literatur.

Objek Penelitian

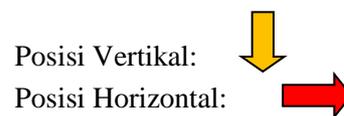
Objek penelitian adalah sebuah mesin Forklift **Type FD 30 PA Sumitomo 2021** yaitu pada bagian mesin dan juga pada bagian kursi pengemudi.



Gambar 5. Posisi Pengukuran (*Engine*)



Gambar 6. Posisi Pengukuran (*Seat*)



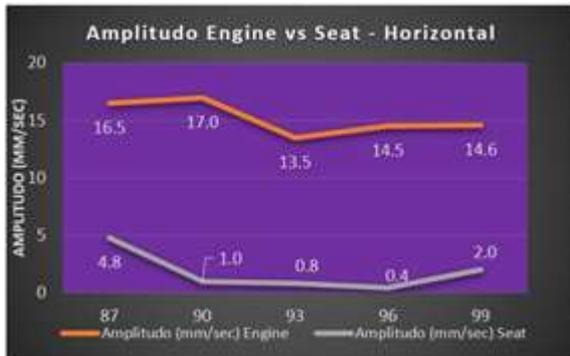
PEMBAHASAN

1. Pengolahan Data Amplitudo

Data yang telah dikumpulkan diolah untuk digunakan sebagai bahan evaluasi sesuai dengan metodologi penelitian yang digunakan serta interpretasi terhadap hasil yang diperoleh tersebut. Berikut data pengukuran tingkat amplitudo pada mesin arah horizontal (Tabel 1) dan vertikal (Tabel 2) sedangkan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.

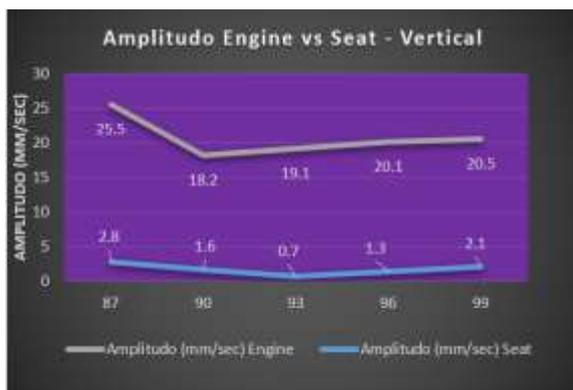
Tabel 1. Amplitudo Mesin Arah Horizontal

No	Rpm	Amplitudo (mm/sec)	
		Engine	Seat
1	87	16.5	4.8
2	90	17.0	1.0
3	93	13.5	0.8
4	96	14.5	0.4
5	99	14.6	2.0



Gambar 7. Grafik Amplitudo Horizontal
 Tabel 2. Amplitudo Mesin Arah Vertikal

No	Rpm	Amplitudo (mm/sec)	
		Engine	Seat
1	87	25.5	2.8
2	90	18.2	1.6
3	93	19.1	0.7
4	96	20.1	1.3
5	99	20.5	2.1



Gambar 8. Grafik Amplitudo Vertikal

Pada Gambar 7 untuk tingkat Amplitudo pada arah horizontal terlihat tren penurunan tingkat getaran pada mesin posisi kebisingan 90-93 dB, kemudian ada kenaikan sedikit tingkat getaran pada posisi 93-99 dB dan tingkat getaran terbesar terjadi pada tingkat kebisingan 90 dB yaitu sebesar 17 mm/s.

Sementara pada tempat duduk (*seat*) terjadi penurunan getaran yang signifikan dari tingkat kebisingan 87-90 dB dan setelah itu melandai dengan sedikit kenaikan getaran di posisi kebisingan 99 dB yaitu 2 mm/s.

Sedangkan pada Gambar 8 untuk tingkat getaran pada arah Vertikal pada bagian mesin (*engine*) terlihat getaran paling tinggi berada pada tingkat kebisingan 87dB sebesar 25.5 mm/s dan menurun dengan tajam pada posisi 90 dB dan setelah itu terjadi kenaikan yang tidak begitu signifikan. Sementara getaran yang terjadi pada tempat duduk (*seat*) terjadi penurunan tingkat getaran dari 87dB samapai 93dB yaitu dari 2.8 mm/s menjadi 0.7 mm/s dan setelah itu terjadi Kembali kenaikan getaran sampai posisi 99 dB.

2. Perhitungan Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi dari Engine dan Seat pada arah horizontal dapat dilihat pada Tabel 3 sedangkan untuk arah vertical terlihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Koefiesen Korelasi Arah Horizontal

No	Engine (X)	Seat (Y)	x	y	xy	x ²	y ²
1	16.50	4.80	1.28	3	3.84	1.64	9.00
2	17.00	1.00	1.78	-0.8	-1.42	3.17	0.64
3	13.50	0.80	-1.72	-1	1.72	2.96	1.00
4	14.50	0.40	-0.72	-1.4	1.01	0.52	1.96
5	14.60	2.00	-0.62	0.2	-0.12	0.38	0.04
Total	76.10	9.00	0.00	0.00	5.02	8.67	12.64
avX	15.22						
avY		1.80					
Tot. x ² , y ²	109.564						
xy		0.480					

Tabel 4. Koefiesen Korelasi Arah Vertikal

No	Engine (X)	Seat (Y)	x	y	xy	x ²	y ²
1	25.50	2.80	4.82	1.1	5.30	23.23	1.21
2	18.20	1.60	-2.48	-0.1	0.25	6.15	0.01
3	19.10	0.70	-1.58	-1	1.58	2.50	1.00
4	20.10	1.30	-0.58	-0.4	0.23	0.34	0.16
5	20.50	2.10	-0.18	0.4	-0.07	0.03	0.16
Total	103.40	8.50	0.00	0.00	7.29	32.25	2.54
avX	20.68						
avY		1.7					
Tot. x ² , y ²	81.910						
xy		0.805					

Pada Tabel tersebut diatas terlihat nilai koefisien korelasi antara Engine dan seat yang

terbesar yaitu pada arah vertikal sebesar 0,805 sedangkan arah horizontal sebesar 0.480.

KESIMPULAN

1. Untuk getaran arah vertikal dan horizontal diperoleh karakteristik getaran yang timbul modelnya berbeda, dimana fluktuasi getaran lebih banyak pada arah horizontal dibanding pada arah vertikal.
2. Didapat korelasi (r_{xy}) yang paling tinggi terjadi pada getaran antara mesin (*Engine*) danudukan (*Seat*) pada arah vertikal (0.805) yang menunjukkan korelasi antar perubahan getaran pada mesin dan tempat duduk pada arah vertikal tersebut lebih kuat dibanding arah horizontal.

DAFTAR PUSTAKA

- Holowenko, A.R. dan Prapto, C. 1984, *Dinamika Permesinan*, Penerbit Erlangga.
- Karmiadi, D.W., *Bahan Kuliah Getaran Mekanis, S2-T. Mesin Institut Sain dan Teknologi Nasional (ISTN)*, Jakarta
- Krodkiwski, J.M. 2008, *Mechanical Vibration*, The University of Melbourne – Department of Mechanical and Manufacturing Engineering.
- Ritonga, A. 2004. *Statistika Terapan Untuk Penelitian*, Universitas Indonesia Edisi III.
- Shigly, J.E. 1989 , *Mechanical Engineering Design*, 5th Edition McGraw-Hill Book Company.