

PERENCANAAN ELEMEN MESIN

Elemen Sambungan dan Penumpu

UNP PRESS

PERENCANAAN ELEMEN MESIN (Elemen Sambungan dan Penumpu)

Hendri Nurdin · Ambiyar · Waskito

Hendri Nurdin
Ambiyar
Waskito

Penerbitan & Percetakan

UNP PRESS

PERENCANAAN ELEMEN MESIN

Elemen Sambungan dan Penumpu

Hendri Nurdin

Ambiyar

Waskito



2020

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NO 19 TAHUN 2002
TENTANG HAK CIPTA
PASAL 72
KETENTUAN PIDANA SANGSI PELANGGARAN

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan denda paling sedikit Rp 1.000.000, 00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan denda paling banyak Rp 5.000.000.000, 00 (lima milyar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan denda paling banyak Rp 500.000.000, 00 (lima ratus juta rupiah).

PERENCANAAN ELEMEN MESIN
Elemen Sambungan dan Penumpu
editor, Tim editor UNP Press
Penerbit UNP Press, Padang, 2020
1 (satu) jilid; 14 x 21 cm (A5)
246 hal.

ISBN : 978-602-1178-62-1

PERENCANAAN ELEMEN MESIN
Elemen Sambungan dan Penumpu

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang pada penulis
Hak penerbitan pada UNP Press

Penyusun: Hendri Nurdin, Ambiyar dan Waskito
Editor Substansi: TIM UNP Press
Editor Bahasa: Prof. Dr. Harris Effendi Thahar, M.Pd
Desain Sampul & Layout : Asrul Huda & Rizky Hardian Sakti

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan buku Perencanaan Elemen Mesin (Elemen Sambungan dan Penumpu) ini. Buku Perencanaan Elemen Mesin (Elemen Sambungan dan Penumpu) yang mempelajari tentang konsep perencanaan yang berkaitan dengan elemen mesin yang mempelajari tentang system sambungan paku keeling, baut dan mur, pengelasan, pasak, poros dan bantalan. Materi dalam buku ini dilengkapi dengan teori perencanaan elemen mesin. Sebuah pemahaman menyeluruh teori untuk masalah teknik yang sebenarnya tidak dapat dikuasai dengan mempelajari contoh yang ada, dan melakukan pemecahan berbagai masalah secara mandiri.

Dalam penyelesaian buku ini tidak lepas bantuan dari berbagai pihak yang telah diberikan. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Rektor UNP, WR I dan II, Dekan FT, WD I, LP2M, dan Ketua Jurusan Teknik Mesin dan teman sejawat lainnya atas kepercayaan, kesempatan, dan bantuan yang telah diberikan dalam menyusun buku ini. Atas bantuan yang telah diberikan semoga mendapat rahmat dari Tuhan Yang Maha Esa.

Penulis menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pada buku ini. Oleh karena itu diharapkan sumbang saran dari pembaca dalam meningkatkan kualitas serta kompetensi akhir yang diharapkan pada buku ini dapat memberikan manfaat yang lebih banyak bagi mahasiswa dan dosen.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dan mendorong penyelesaian buku ini. Semoga buku ini menjadi referensi bagi para pembaca, terutama mahasiswa.

Padang, September 2020
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
BAB I PENDAHULUAN	
A. Definisi	1
B. Klasifikasi Perancangan Mesin	1
C. Pertimbangan Perencanaan Mesin.....	3
D. Prosedur Perancangan Mesin	6
E. Faktor Keamanan	7
F. Massa dan Berat	10
G. Gaya.....	11
H. Momen dan Kopel	11
I. Kerja	13
J. Daya.....	13
K. Energi	14
Soal Latihan	16
BAB II TEGANGAN DAN REGANGAN	
A. Tegangan	17
B. Jenis Tegangan	19
C. Regangan	24
D. Tegangan dan Regangan Langsung.....	25
E. Diagram Tegangan-Regangan	26
F. Modulus Elastisitas.....	28
G. Tegangan dan Beban Izin	32
H. Tegangan Termal.....	32
I. Konsentrasi Tegangan	34
Soal Latihan	51
BAB III PAKU KELING	
A. Deskripsi Sambungan.....	54
B. Sambungan Paku Keling	55
C. Tipe Paku Keling Berdasarkan Bentuk Kepala.....	57
D. Tipe Paku Keling Berdasarkan	

	Cara Penyambungan Pelatnya	59
	E. Macam Sambungan Paku Keling	
	Berdasarkan Jumlah Baris	60
	F. Kekuatan Sambungan.....	63
	G. Analisis Kekuatan Paku Keling.....	64
	H. Pengamatan dan Analisa Sambungan	
	Paku Keling	70
	Soal Latihan	79
BAB IV	SAMBUNGAN BAUT DAN MUR	
	A. Deskripsi.....	80
	B. Sambungan Baut dan Mur	80
	C. Jenis Sambungan Baut dan Mur	83
	D. Teknik Pemasangan Baut dan Mur	89
	E. Perancangan Sambungan Baut dan Mur	91
	F. Analisa Tegangan pada Baut dan Mur	93
	G. Pengamatan dan Analisa Sambungan Baut dan Mur	94
	Soal Latihan	99
BAB V	SAMBUNGAN LAS	
	A. Deskripsi.....	101
	B. Sambungan Las	102
	C. Jenis Las	104
	D. Elektroda	108
	E. Sambungan Temu.....	109
	F. Posisi Pengelasan	110
	G. Cacat Las	113
	H. Kekuatan Sambungan Las	122
	I. Kasus Khusus Sambungan Las.....	127
	J. Pengamatan dan Analisa Sambungan Las....	132
	Soal Latihan	134
BAB VI	PASAK	
	A. Definisi Pasak.....	137
	B. Macam-macam Pasak.....	139
	C. Pembebanan yang Terjadi pada Pasak	147

	D. Perencanaan Pasak dan <i>Spline</i>	148
	E. Pengaruh Alur Pasak	154
	F. Pengamatan dan Analisa Sambungan Pasak	155
	Soal Latihan	159
BAB VII	POROS	
	A. Pendahuluan	161
	B. Definisi Poros	162
	C. Jenis dan Penggunaan Poros.....	165
	D. Tegangan Kerja Maksimum yang diizinkan untuk Poros Transmisi.....	172
	E. Pembebanan pada Poros.....	172
	F. Metode Perhitungan Perencanaan Poros Lainnya.....	179
	G. Pertimbangan Perencanaan Poros	180
	H. Pemasangan Poros	184
	Soal Latihan	196
BAB VIII	BANTALAN	
	A. Deskripsi.....	198
	B. Bantalan.....	199
	C. Bantalan Luncur	201
	D. Bantalan Gelinding.....	210
	E. Dimensi Standar Bantalan Bola	214
	F. Pembebanan pada Bantalan.....	218
	G. Pemilihan Perencanaan Bantalan	229
	H. Pelumasan Bantalan Gelinding	230
	Soal Latihan	238
DAFTAR PUSTAKA		239

BAB SATU

PENDAHULUAN

1.1 Definisi

Definisi dari perancangan mesin adalah pembuatan mesin baru yang lebih baik dalam menyempurnakan sebelumnya. Pernyataan mesin baru yang lebih baik menggambar mesin yang memiliki nilai lebih ekonomis dalam keseluruhan biaya produksi dan operasionalnya. Proses perancangannya membutuhkan waktu yang lama dan panjang. Tentunya harus dilahirkan ide baru berupa pengembangan dari yang telah ada dengan melakukan studi dan pemikiran. Ide baru yang diperoleh kemudian dipelajari untuk memperoleh keberhasilan dengan komersialnya yang dijabarkan dalam bentuk gambar rancangan. Dalam melakukan rancangan gambar, harus diperhatikan ketersediaan sumber daya dalam bentuk finansial, manusia, dan bahan yang diperlukan agar ide baru berhasil diselesaikan menjadi kenyataan yang sebenarnya. Dalam mendesain sebuah komponen elemen mesin, diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang baik dari banyak bidang ilmu diantaranya seperti matematika, mekanika teknik, kekuatan bahan, rancangan dan teori mesin, proses bengkel dan menggambar teknik.

1.2 Klasifikasi Perancangan Mesin

Perancangan mesin dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Perancangan Adaptif (*Adaptive Design*).

Dalam banyak kasus, pekerjaan desainer berkaitan dengan adaptasi desain yang ada. Jenis desain ini tidak memerlukan pengetahuan atau keterampilan khusus dan dapat dicoba oleh perancang pelatihan teknis biasa. Perancang hanya membuat sedikit perubahan atau modifikasi pada desain produk yang sudah ada.

2. Perancangan Pengembangan (*Development Design*)

Jenis desain ini membutuhkan pelatihan ilmiah dan kemampuan desain yang cukup untuk memodifikasi desain yang ada menjadi ide baru dengan mengadopsi bahan baru atau metode pembuatan yang berbeda. Dalam hal ini, meskipun perancang memulai dari desain yang sudah ada, tetapi produk akhir mungkin sangat berbeda dari produk aslinya.

3. Perancangan Baru (*New Design*)

Jenis desain ini membutuhkan banyak penelitian, kemampuan teknis dan pemikiran kreatif. Hanya para desainer yang memiliki kualitas pribadi dengan tatanan yang cukup tinggi yang dapat mengerjakan desain baru. Perancangan, dapat diklasifikasikan berdasarkan pada metode yang digunakan, diantaranya:

- (a) Perancangan rasional. Jenis perancangan ini berdasarkan pada rumus matematika dari prinsip mekanika.
- (b) Perancangan empiris. Jenis perancangan ini berdasarkan pada rumus empiris terhadap praktik dan pengalaman masa lalu.
- (c) Perancangan industri. Jenis perancangan ini berdasarkan pada aspek produksi dalam membuat elemen mesin apa pun di industri.

- (d) Perancangan optimal. Ini adalah perancangan terbaik untuk fungsi tujuan yang diberikan sesuai batasan yang ditentukan. Ini dapat dicapai dengan meminimalkan efek yang tidak diinginkan.
- (e) Perancangan sistem. Ini adalah perancangan sistem mekanis yang rumit seperti mobil bermotor.
- (f) Perancangan elemen. Ini adalah perancangan elemen apa pun dari sistem mekanis seperti piston, poros engkol, batang penghubung, dan lain sebagainya.
- (g) Perancangan berbantuan komputer. Jenis perancangan ini berdasarkan pada penggunaan sistem komputer untuk membantu dalam pembuatan, modifikasi, analisis dan optimasi rancangan.

1.3 Pertimbangan Perancangan Mesin

Dalam melakukan perancangan mesin atau elemen mesin banyak hal yang menjadi pertimbangan, diantaranya

- (a) Jenis beban dan tegangan yang terjadi.
Beban kerja operasional elemen tersebut, dapat terjadi dalam beberapa cara yang menyebabkan timbulnya tegangan internal. Berbagai jenis tegangan dan beban akan dibahas dalam bab 2.
- (b) Gerakan elemen atau kinetik mesin.
Operasional kinerja mesin sangat bergantung pada pengaturan paling sederhana dari bagian-bagian yang akan memberikan gerakan yang diperlukan. Gerak bagian-bagian tersebut dapat berupa:
 - Gerak bujursangkar yang meliputi gerak searah dan bolak-balik.
 - Gerak melengkung yang meliputi gerak putar, osilasi dan harmonik sederhana.

- Kecepatan konstan.
 - Percepatan konstan atau variabel.
- (c) Pemilihan bahan.
Dalam melakukan perancangan, si perancang harus memiliki pengetahuan dan pemahaman yang baik tentang sifat bahan dan perilakunya dalam kondisi kerja. Beberapa karakteristik penting dari bahan adalah: kekuatan, daya tahan, fleksibilitas, berat, ketahanan terhadap panas dan korosi, kemampuan untuk dilas atau dikeraskan, kemampuan mesin, konduktivitas listrik, dan lain sebagainya.
- (d) Bentuk dan dimensi elemen
Bentuk dan dimensi elemen yang dirancang didasarkan pada penilaian. Penampang melintang terkecil yang dapat digunakan, tetapi dapat diperiksa bahwa tekanan yang diberikan pada penampang yang dirancang cukup aman. Dalam merancang elemen mesin, untuk bentuk dan ukurannya, perlu diketahui seberapa besar gaya yang harus dipertahankan elemen tersebut sebagai kemampuannya. Sehingga penting juga untuk mengantisipasi jika ada beban terjadi tiba-tiba atau benturan yang dapat menyebabkan kegagalan.
- (e) Hambatan gesekan dan pelumasan.
Ketika elemen beroperasi dan berkontak dapat dipastikan ada kehilangan daya karena tahanan gesek. Perlu dicatat bahwa gesekan awal lebih tinggi daripada gesekan berjalan. Perhatian yang cermat harus diberikan pada masalah pelumasan terhadap semua permukaan yang bergerak dalam perkontak, kondisi berputar, geser, atau gelinding pada bantalan.
- (f) Kenyamanan dan ekonomis.
Dalam merancang, fitur pengoperasian mesin harus dipelajari dengan baik. Permulaan, pengendali dan

penghentian harus dilakukan dengan penanganan yang mudah. Jika elemen mesin harus dilakukan penggantian akibat keausan atau kerusakan, kemudahan penanganan elemen tersebut harus dimungkinkan. Ekonomis operasional dari mesin yang akan digunakan untuk produksi, atau untuk pemrosesan bahan harus dipelajari dengan yang memiliki kapasitas maksimum sesuai dengan produksi pekerjaan yang baik.

- (g) Penggunaan suku cadang standar.
Penggunaan suku cadang standar berkaitan erat dengan biaya, karena biaya suku cadang standar. Ketersediaan suku cadang hanya sebagian kecil dari biaya suku cadang serupa yang dibuat sesuai pesanan. Suku cadang standar harus digunakan bila memungkinkan: suku cadang yang polanya sudah ada seperti roda gigi, katrol dan bantalan serta suku cadang yang dapat dipilih dari persediaan toko biasa seperti sekrup, mur dan pin.
- (h) Keamanan operasional.
Beberapa mesin berbahaya untuk dioperasikan, terutama yang dipercepat untuk memastikan produksi pada tingkat maksimum. Setiap bagian mesin yang bergerak yang berada dalam zona pekerja dianggap dapat terjadi kecelakaan dan mungkin menyebabkan cedera. Untuk itu dibutuhkan ketersediaan perangkat keselamatan yang tidak boleh mengganggu pengoperasian mesin.
- (i) Fasilitas bengkel.
Perekayasa harus menyediakan fasilitas dengan keterbatasan bengkel. Perlu untuk merencanakan dan mengawasi operasi bengkel dan membuat penanganan dan pemeliharaan elemen suku cadang khusus.
- (j) Perakitan.
Elemen mesin harus dirakit sebagai satu unit sebelum dapat difungsikan. Unit yang besar harus dirakit di

bengkel, diuji, dan kemudian dibawa ke tempat servisnya. Lokasi akhir menjadi penting dalam merancang sehingga mengantisipasi lokasi yang tepat dan fasilitas memadai.

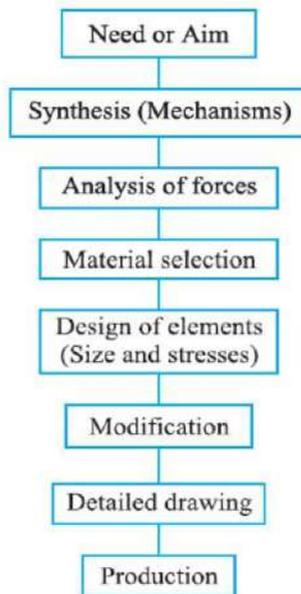
1.4 Prosedur Perancangan Mesin

Dalam merancang suatu elemen mesin tidak terdapat aturan yang baku dan kaku. Masalahnya dapat dicoba dengan beberapa langkah seperti diagram alir untuk prosedur perancangan mesin pada Gambar 1.1. Prosedur umum untuk menyelesaikan masalah perancangan adalah sebagai berikut:

- (a) Pengakuan akan kebutuhan. Pertama-tama, buatlah pernyataan lengkap tentang masalahnya, yang menunjukkan kebutuhan, tujuan, atau tujuan mesin akan dirancang.
- (b) Sintesis (Mekanisme). Pilih mekanisme yang mungkin atau kelompok mekanisme yang akan memberikan kondisi yang diinginkan.
- (c) Analisis gaya. Dapatkan gaya yang bekerja pada setiap elemen mesin dan daya yang ditransmisikan oleh setiap elemen tersebut
- (d) Pemilihan bahan. Tentukan bahan yang sesuai untuk setiap kebutuhan elemen mesin.
- (e) Ukuran dan Tekanan elemen rancangan. Tentukan ukuran masing-masing elemen mesin dengan mempertimbangkan gaya yang bekerja pada bagian gambar detail dan tegangan yang diizinkan untuk material yang digunakan. Perlu diingat bahwa setiap elemen tidak boleh merusak dari batas yang diizinkan.
- (f) Modifikasi. Ubah ukuran elemen agar sesuai dengan pengalaman dan ketentuan sehingga memudahkan pembuatannya. Modifikasi juga mungkin diperlukan

dengan pertimbangan produksi untuk mengurangi biaya keseluruhan.

- (g) Gambar detail. Gambarkan detail setiap elemen dan perakitan mesin dengan spesifikasi lengkap untuk proses produksi yang disarankan.
- (h) Produksi. Elemen yang telah sesuai gambar diproduksi di bengkel.



Gambar 1.1 Prosedur perancangan elemen mesin

1.5 Faktor Keamanan (*Safety Faktor*)

Faktor keamanan merupakan faktor yang digunakan untuk mengevaluasi keamanan dari suatu elemen mesin dalam melakukan perancangan. Faktor keamanan dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya:

- Variasi sifat bahan dan Jenis bahan

- permesinan dan proses pembentukan
- perlakuan panas terhadap sifat fisis material
- waktu dan lingkungan

Penggunaan faktor keamanan yang banyak terjadi bila membandingkan tegangan dengan kekuatan, untuk menaksir angka keamanan. Untuk bahan ulet, diasumsikan mempunyai tegangan luluh dan tegangan maksimum sama akibat tarik menarik dan tekan, maka:

$$N_u = \frac{\textit{Tegangan maksimum}}{\textit{Tegangan yang bekerja pada elemen}}$$

$$N_y = \frac{\textit{Tegangan luluh}}{\textit{Tegangan yang bekerja pada elemen}}$$

Bila elemen mesin sudah direncanakan, bentuk geometri, beban dan kekuatannya diketahui, maka faktor keamanan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$N_u = \frac{\textit{Tegangan maksimum}}{\textit{Tegangan hasil perhitungan}}$$

$$N_y = \frac{\textit{Tegangan luluh}}{\textit{Tegangan hasil perhitungan}}$$

Pada permasalahan yang tak linier, yaitu kolom yang gagal akibat tekuk, sebagai dasar untuk faktor keamanan dipakai beban atau tegangan kegagalan:

$$N = \frac{\textit{Tegangan kegagalan}}{\textit{Tegangan hasil perhitungan}}$$

$$N = \frac{\textit{Beban kegagalan}}{\textit{Beban hasil perhitungan}}$$

Komponen mesin yang bekerja beban bervariasi secara kontinu, maka faktor keamanan dihitung berdasarkan ketahanan lelah bahan. Angka faktor keamanan yang sesuai berdasarkan tegangan luluh seperti pada Tabel 1.1 (*Joseph P. Vidosic*):

Tabel 1.1 Angka faktor keamanan

No	Angka keamanan (N)	Klasifikasi Penggunaan
1	1,25 ÷ 1,5	Untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan beban / tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti
2	1,50 ÷ 2,0	Untuk bahan yang sudah diketahui dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah
3	2,00 ÷ 2,5	Untuk bahan yang beroperasi pada lingkungan biasa dan beban serta tegangan dapat ditentukan
4	2,50 ÷ 3,0	Untuk bahan getas dibawah kondisi, lingkungan beban dan tegangan rata-rata
5	3,00 ÷ 4,0	Untuk bahan belum diuji yang digunakan pada kondisi lingkungan, beban dan tegangan rata-rata atau untuk bahan yang sudah diketahui baik yang bekerja pada tegangan yang tidak pasti
6	Beban berulang	Faktor-faktor yang ditetapkan pada nomor 1 sampai 6 yang sesuai, tetapi harus disalurkan pada batas ketahanan lelah daripada kekuatan luluh bahan
7	Gaya Kejut	Faktor yang sesuai pada nomor 3 sampai 5 tetapi faktor kejut termasuk dalam beban kejut

8	Bahan getar	Dimana tegangan maksimum digunakan secara teoritis, harga faktor keamanan dipresentasikan pada nomor 1 sampai 5 yang diperkirakan 2 kalinya.
---	-------------	--

1.6 Massa dan Berat

Terkadang banyak terjadi kesalahpahaman sehingga menjadi membingungkan, saat menggunakan berbagai sistem satuan dalam pengukuran gaya dan massa. Kondisi ini disebabkan karena kurangnya pemahaman yang jelas tentang perbedaan antara massa dan berat. Secara definisi dapat dikatakan bahwa:

Massa (*mass*) adalah jumlah materi yang terkandung dalam suatu benda dan tidak berbeda dengan perubahan posisinya di permukaan bumi. Sedangkan Massa benda diukur dengan perbandingan langsung dengan massa standar menggunakan timbangan atau skala.

Bobot atau berat (*weight*) adalah jumlah tarikan yang diberikan bumi pada tubuh atau benda tertentu. Karena tarikan bervariasi dengan jarak tubuh dari pusat bumi. Dengan demikian, berat benda akan bervariasi dengan posisinya di permukaan bumi (katakanlah lintang dan ketinggian). Dengan demikian jelaslah, bahwa beban adalah gaya.

Dalam sistem satuan SI ini, massa diambil dalam kg dan berat dalam newton. Hubungan antara massa (*m*) dan berat (*W*) benda adalah:

$$W = m \cdot g$$

dimana:

W = berat atau bobot (Newton)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2).

1.7 Gaya

Dalam bidang Teknik, gaya merupakan faktor penting yang dapat didefinisikan sebagai suatu yang menghasilkan atau cenderung menghasilkan. Menurut Hukum Kedua Newton tentang gerak, gaya yang diterapkan atau gaya yang akan datang sangat sebanding dengan laju perubahan momentum.

$$\text{Momentum } (P) = \text{Massa } (m) \times \text{Kecepatan } (v)$$

dengan:

$$\text{Gaya } (F) = \text{Massa } (m) \times \text{percepatan } (a)$$

Dalam sistem satuan SI ini, gaya dinyatakan dengan satuan Newton, dimana:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 9,81 \text{ N}$$

1.8 Momen dan Kopel

Momen Gaya adalah efek balik yang dihasilkan oleh suatu gaya yang bekerja pada benda. Momen suatu gaya sama dengan hasil kali gaya dan jarak tegak lurus dari suatu titik, yang membutuhkan momen tersebut, dan garis gaya (Gambar 1.2). Secara matematis dapat ditulis:

$$\text{Momen gaya } (M) = F \cdot l$$

dimana:

F = Gaya yang bekerja pada benda,

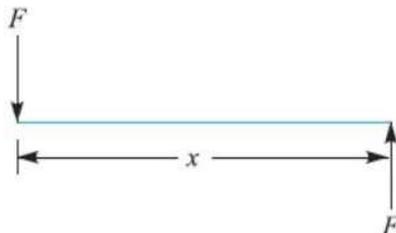
l = Jarak tegak lurus dari titik dan garis gaya (F) yang saling tegak lurus



Gambar 1.2 Momen gaya

Dua gaya paralel yang sama dan berlawanan, yang garis-garis aksinya berbeda membentuk suatu kopel (pasangan), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3. Jarak tegak lurus (x) antara garis aksi dua gaya paralel yang sama dan berlawanan dikenal sebagai lengan kopel. Besarnya kopel (momen kopel) adalah hasil kali salah satu gaya dan lengan kopel. Secara matematis dapat di tulis:

$$\text{Momen couple } (M) = F \cdot x$$



Gambar 1.3 Kopel

Momen kopel sedikit pertimbangan akan menunjukkan, bahwa pasangan tidak menghasilkan gerakan terjemahan apapun (gerakan dalam garis lurus). Namun, kopel menghasilkan gerakan rotasi tubuh yang dilakukannya.

1.9 Kerja

Setiap kali gaya bekerja pada suatu benda dan benda mengalami perpindahan searah gaya, maka kerja (usaha) yang dilakukan adalah baik. Misalnya, jika gaya F bekerja pada sebuah benda yang menyebabkan perpindahan x benda ke arah gaya, maka:

$$\text{Kerja} = \text{gaya } (F) \times \text{perpindahan } (x)$$

Jika gaya bervariasi secara linier dari nol hingga nilai maksimum F maka:

$$\text{Kerja} = \frac{0 + F}{2} \cdot \text{perpindahan } (x) = \frac{F}{2} \cdot x$$

Ketika kopel atau torsi (T) bekerja pada benda menyebabkan perpindahan sudut (θ) pada sumbu tegak lurus terhadap bidang kopel, maka:

$$\text{Kerja} = \text{Torsi} \cdot \text{perpindahan sudut} = T \cdot \theta$$

Satuan dari kerja bergantung pada satuan gaya dan perpindahan. Dalam sistem unit SI, unit kerja praktisnya adalah N-m. Ini adalah usaha yang dilakukan dengan gaya 1 newton, saat benda itu menggeser benda sejauh 1 meter. Kerja 1 N-m disebut joule (J), sehingga $1 \text{ N-m} = 1 \text{ J}$.

1.10 Daya (power)

Daya (power) dapat didefinisikan sebagai tingkat melakukan pekerjaan atau pekerjaan yang dilakukan per satuan waktu. Secara matematis dapat dituliskan:

$$\text{Daya } (P) = \frac{\text{Kerja yang dilakukan}}{\text{Waktu yang dibutuhkan}}$$

Dalam sistem SI unit, satuan daya dinyatakan dengan watt (W) yang mana 1 J/s atau 1 N-m/s.

- a. Jika torsi yang ditransmisikan (N-m atau J) dan ω adalah kecepatan sudut dalam radian/s, maka:

$$\text{Daya (P)} = T \cdot \omega = T \cdot \frac{2 \pi N}{60} \quad \text{watt}$$

dimana:

$$N = \text{putaran (rpm)}$$

- b. Jika perbandingan daya output terhadap daya input yang menghasilkan suatu efisiensi mesin. Hal ini dinyatakan dengan persen dengan simbolnya η . Secara matematis dapat dituliskan:

$$\text{Efficiency } (\eta) = \frac{\text{Daya output}}{\text{Daya input}}$$

1.11 Energi

Energi merupakan sebagai kapasitas dalam melakukan pekerjaan. Energi ada dalam berbagai bentuk misalnya: mekanik, listrik, kimia, panas, cahaya, dan lain sebagainya. Tentunya yang menjadi perhatian utama berhubungan dengan energi mekanik.

Energi mekanik sama dengan usaha yang dilakukan pada benda dalam mengubah posisi atau kecepatannya. Tiga jenis energi mekanik berikut ini penting dari sudut pandang subjektifnya, diantaranya:

1. *Energi potensial* adalah energi yang tersimpan yang dimiliki tubuh, untuk melakukan pekerjaan, berdasarkan posisinya. Misalnya, benda yang ditinggikan ke

ketinggian tertentu di atas permukaan tanah memiliki energi potensial, karena benda dapat melakukan beberapa pekerjaan dengan jatuh ke permukaan bumi.

$$E_p = W \cdot h = m g h$$

2. *Energi Kinetik* adalah energi yang dimiliki oleh tubuh, untuk melakukan pekerjaan, berdasarkan massa dan kecepatan geraknya. Jika benda bermassa menahan kecepatan v dari diam dalam waktu t , di bawah pengaruh gaya F dan bergerak sejauh s . maka:

$$Kerja = F \cdot s = m \cdot a \cdot s$$

Energi kinetik benda atau energi kinetik translasi,

$$E_k = m \cdot a \cdot s = m \cdot a \cdot \frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2} m v^2$$

Satuan energi kinetic adalah:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = kg \frac{m^2}{s^2} = \frac{kg \cdot m}{s^2} m = N \cdot m$$

3. *Energi Regangan* adalah energi potensial yang disimpan oleh benda elastis ketika pegas terkompresi yang mengalami deformasi. Jenis energi ini karena dapat melakukan beberapa pekerjaan dalam memulihkan bentuk aslinya. Jadi jika pegas terkompresi dengan kekakuan (*stiffness* atau s) N per unit deformasi sejauh jarak x dengan berat W , maka:

$$Energi\ regangan = Kerja = \frac{1}{2} W x = \frac{1}{2} s x^2$$

Jika kasus torsi pegas, kekakuan (q) N-m per unit deformasi sudut saat diputar sebesar θ radian, maka:

$$Energi\ regangan = Kerja = \frac{1}{2} q \theta^2$$

Contoh Soal 1-1

Sebuah benda bermassa (m) sebesar 100 kg. Gaya yang akan menariknya menuju pusat bumi adalah:

$$F = m \cdot a = m \cdot g = 100 \times 9,81 = 981 \text{ N}$$

Sesuai definisi, berat benda adalah gaya, yang dengannya tertarik menuju pusat bumi, sehingga berat benda menjadi:

$$W = 981 \text{ N} = \frac{981}{9,81} = 100 \text{ kgf}$$

RANGKUMAN

Perancangan mesin adalah pembuatan mesin baru yang lebih baik dalam menyempurnakan sebelumnya. Dalam mendesain sebuah komponen elemen mesin, diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang baik dari banyak bidang ilmu. Perancangan mesin dapat diklasifikasikan yaitu Perancangan Adaptif (*Adaptive Design*), Perancangan Pengembangan (*Development Design*), Perancangan Baru (*New Design*).

Faktor keamanan merupakan faktor yang digunakan untuk mengevaluasi keamanan dari suatu elemen mesin dalam melakukan perancangan. Faktor keamanan dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya Variasi sifat bahan dan Jenis bahan, permesinan dan proses pembentukan, perlakuan panas terhadap sifat fisis material, waktu dan lingkungan.

Dalam bidang Teknik, gaya merupakan faktor penting yang dapat didefinisikan sebagai suatu yang menghasilkan atau cenderung menghasilkan. Setiap kali gaya bekerja pada suatu benda dan benda mengalami perpindahan searah gaya, maka kerja (usaha) yang dilakukan adalah baik.

Energi merupakan sebagai kapasitas dalam melakukan pekerjaan. Tiga jenis energi mekanik berikut ini penting dari sudut pandang subjektifnya, diantaranya *Energi potensial*, *Energi Kinetik*, *Energi Regangan*

SOAL LATIHAN

1. Tuliskan definisi dari perancangan
2. Jabarkan makna dari suatu perancangan
3. Apa saja yang menjadi pertimbangan dalam perancangan
4. Dalam merancang elemen mesin didasarkan terhadap faktor keamanan. Apa makna dari hal ini
5. Jabarkan beberapa hal yang mempengaruhi faktor keamanan
6. Bagaimana hubungan antara gaya dengan momen
7. Dalam melakukan kerja dibutuhkan usaha. Coba jelaskan
8. Dalam melakukan usaha dibutuhkan daya. Jelaskan!
9. Tuliskan dan jabarkan definisi dari energi mekanik
10. Tuliskan dan jabarkan definisi dari energi potensial

PERENCANAAN ELEMEN MESIN

Elemen Sambungan dan Penumpu



Hendri Nurdin, lahir di Medan 28 Februari 1973, menamatkan pendidikan Sarjana Teknik di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (2000) pada bidang Ilmu Teknik Mesin. Kemudian melanjutkan studi magister Teknik pada Bidang Ilmu Bahan & Struktur (2006). Di Universitas Sumatera Utara Medan. Sampai saat ini merupakan salah seorang staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Memiliki pengalaman mengajar selama ini dalam beberapa mata kuliah seperti Teknologi Bahan, Pengujian Bahan, Elemen Mesin, Mesin Teknologi Terapan, Fisika Teknik, Mekanika Teknik, Dinamika Teknik. Penelitian yang telah dikembangkan mengarah ke bidang ilmu rekayasa bahan dengan fokus natural science materials, renewable alternative energy.



Ambiyar, lahir di Padang Panjang 13 Februari 1955 Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat. Menamatkan pendidikan S-1 di IKIP Padang Jurusan Teknik Mesin. Lulus Sarjana Muda Tahun 1977 dan Sarjana Tahun 1979. Kemudian melanjutkan studi S-2 Jurusan Teknologi Pendidikan dan Kejuruan di IKIP Jakarta dan Lulus Tahun 1986. Melanjutkan Studi S-3 di UNJ Jakarta, Lulus Tahun 2005. Pada Tahun 2019 meraih Jabatan Akademik Profesor di bidang Evaluasi Pendidikan. Sampai saat ini merupakan salah seorang staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin dan juga sebagai Koordinator Prodi S-3 PTK di FT-UNP. Memiliki pengalaman mengajar selama ini dalam beberapa mata kuliah seperti Media dan Sumber Pembelajaran, Pedagogik, Kurikulum Pendidikan, Evaluasi Formatif, Termodinamika, Mekanika Teknik, Dinamika Teknik. Penelitian yang telah dikembangkan mengarah ke bidang ilmu rekayasa bahan dengan fokus Evaluasi Pendidikan Kejuruan dan Mechanical Engineering.



Waskito, lahir di Medan 8 Agustus 1961 Sumatera Utara, menamatkan pendidikan Sarjana Pendidikan Teknik Mesin di FKT IKIP Padang (1985) pada bidang Ilmu Pendidikan Teknik Mesin. Kemudian melanjutkan studi magister Teknik pada Bidang Konstruksi Mesin (1997) Di Institut Teknologi Bandung. Menamatkan pendidikan Strata 3 di Universitas Negeri Padang pada bidang Teknologi Pendidikan Tahun 2010. Sampai saat ini merupakan salah seorang staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Memiliki pengalaman mengajar selama ini dalam beberapa mata kuliah seperti Teknologi Pendidikan Kejuruan, Media Pendidikan, Rancangan Konstruksi Mesin, Analisis Konstruksi Mesin, Kinematika Dinamika, Gambar Mesin. Penelitian yang telah dikembangkan mengarah ke bidang ilmu rekayasa bahan dengan fokus Teknologi Pendidikan Kejuruan dan Mechanical Engineering.

ISBN 978-602-1178-62-1



www.appti.ac.id

PENERBITAN & PERCETAKAN UNP PRESS
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang
Sumatera Barat

