



MEKANIKA TEKNIK II

Andi Ibrahim Yunus
Retna Kristiana
Fathan Mubina Dewadi
Badaruddin Anwar
St. Amina H.Umar
Nur Fuadah
Diah Sarasanty
Luluk Edahwati
Eka Murdani
Tukimun

ISBN 978-623-198-292-6



9 786231 982926



MEKANIKA TEKNIK II

**Andi Ibrahim Yunus
Retna Kristiana
Fathan Mubina Dewadi
Badaruddin Anwar
St. Amina H.Umar
Nur Fuadah
Diah Sarasanty
Luluk Edahwati
Eka Murdani
Tukimun**



PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

MEKANIKA TEKNIK II

Penulis :

Andi Ibrahim Yunus
Retna Kristiana
Fathan Mubina Dewadi
Badaruddin Anwar
St. Amina H.Umar
Nur Fuadah
Diah Sarasanty
Luluk Edahwati
Eka Murdani
Tukimun

ISBN : 978-623-198-292-6

Editor : Diana Purnama Sari, M.E

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tengah
Padang Sumatera Barat
Website : www.globaleksekuatifteknologi.co.id
Email : globaleksekuatifteknologi@gmail.com

Cetakan pertama, Juni 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Mekanika Teknik II ini.

Buku ini membahas Definisi dan Aplikasi, Prinsip Gaya dan Dinamika, Kriteria Pemilihan Bahan Teknik dalam Aplikasinya, Kekuatan dan Kekerasan Bahan Teknik, Resistansi Material Teknik, Konsep Pesawat Sederhana, Sistem Gaya dan Vektor, Momen dan Kopel, Keseimbangan Partikel, Keseimbangan Benda Tegar.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 DEFINISI DAN APLIKASI.....	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Definisi	1
1.3 Aplikasi	2
1.5 Penerapan Praktis.....	3
1.6 Dasar-Dasar Mekanika Teknik.....	3
1.7 Gaya	5
1.8 Momen	9
1.9 Tumpuan	10
1.10 Muatan	12
1.11 Balok di Atas Dua Tumpuan	14
BAB 2 GAYA DAN DINAMIKA	26
2.1 Pendahuluan.....	26
2.2 Gaya	28
2.2.1 Gaya Gravitasi.....	29
2.2.2 Gaya Normal.....	30
2.2.3 Gaya Gesek	31
2.3 Dinamika.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
BAB 3 KRITERIA PEMILIHAN BAHAN TEKNIK DALAM APLIKASINYA	36
3.1 Pendahuluan.....	36
3.2 Bahan Teknik	38
3.3 Aplikasi Bahan Teknik	42
3.4 Soal dan Pembahasan.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44

BAB 4 KEKUATAN DAN KEKERASAN BAHAN TEKNIK....	48
4.1 Pendahuluan.....	48
4.2 Kekuatan (<i>Strength</i>).....	49
4.2.1 Kekuatan Tarik (<i>Tensile strength</i>).....	49
4.2.2 Kekuatan Tekan (<i>Compressive strength</i>).....	60
4.2.3 Kekuatan Lengkung (<i>Bending strength</i>).....	62
4.2.4 Kekuatan Impak (<i>Impact strength</i>).....	63
4.2.5 Kekuatan Puntir (<i>Torsion strength</i>).....	65
4.3 Kekerasan (<i>Hardness</i>).....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	73
BAB 5 RESISTANSI MATERIAL TEKNIK	74
5.1 Pendahuluan.....	74
5.2 Jenis jenis Resistansi	75
5.2.1 Resistansi Penghantar	75
5.2.2 Resistansi Sambungan	75
5.2.3 Resistansi Suhu.....	77
5.3 Konsep Resistansi Material.....	77
5.3.1 Hubungan Hukum Ohm dengan Resistansi	80
5.3.2 Resistansi dan Koefisien Suhu	81
DAFTAR PUSTAKA.....	84
BAB 6 KONSEP PESAWAT SEDERHANA	86
6.1 Defenisi Pesawat Sederhana	86
6.2 Pengelompokan Pesawat Sederhana	87
6.2.1 Tuas/pengungkit.....	87
6.2.2 Bidang miring.....	89
6.2.3 Katrol.....	92
6.2.4 Roda berporos.....	95
6.3 Prinsip Kerja Pesawat Sederhana pada Sistem Gerak Manusia.....	96
6.4 Tokoh-tokoh pencetus pesawat sederhana	97
DAFTAR PUSTAKA.....	97
BAB 7 SISTEM GAYA DAN VEKTOR.....	100
7.1 Pendahuluan.....	100

7.2 Pengertian tentang Gaya dan Garis Kerja gaya.....	101
7.2.1 Definisi tentang Gaya dan Garis Kerja gaya.....	102
7.3 Macam Gaya	103
7.4 Sifat Gaya	104
7.5 Resultan Gaya.....	105
7.6 Vektor Resultan	107
7.7 Latihan	109
DAFTAR PUSTAKA.....	110
BAB 8 MOMEN dan KOPEL.....	112
8.1 Pendahuluan.....	112
8.2 Momen	113
8.2.1 Prinsip kerja dari momen	115
8.3 Kopel	118
8.4 Momen Dan Keseimbangan.....	122
8.5 Menentukan resultan titik tangkap menggunakan momen	124
DAFTAR PUSTAKA.....	131
BAB 9 KESEIMBANGAN PARTIKEL.....	132
9.1 Pendahuluan.....	132
9.2 Pengertian Keseimbangan Partikel.....	133
9.3 Syarat Keseimbangan Partikel	134
DAFTAR PUSTAKA.....	143
BAB 10 KESEIMBANGAN BENDA TEGAR.....	144
10.1 Pendahuluan.....	144
10.2 Jenis-Jenis Keseimbangan Benda Tegar	145
10.3 Momen Putar / Momen Kopel.....	148
10.4 Aplikasi Torsi Dalam Dunia Konstruksi.....	154
10.5 Kesimpulan.....	155
DAFTAR PUSTAKA.....	157
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Gaya Aksi dan Gaya Reaksi.....	5
Gambar 1.2. Resultan Gaya (R).....	6
Gambar 1.3. Resultan Gaya (R).....	7
Gambar 1.4. Gaya dan Momen	8
Gambar 1.4. Tumpuan Sendi.....	10
Gambar 1.5. Tumpuan Rol.....	10
Gambar 1.6. Tumpuan Jepit.....	11
Gambar 1.7. Muatan Terpusat dan Muatan Terbagi rata	11
Gambar 1.8. Reaksi Tumpuan dari Balok Sederhana dengan Muatan Terpusat.....	13
Gambar 1.9. Reaksi Tumpuan Muatan Terpusat Lebih dari Satu Muatan	14
Gambar 1.10. Reaksi Tumpuan Muatan Terpusat Salah Satu Muatan Arah Miring	15
Gambar 1.11. Reaksi Tumpuan Muatan Terbagi Rata Penuh	17
Gambar 1.12. Titik Pusat Berat Muatan Terbagi Rata	17
Gambar 1.13. sebuah balok sederhana setiap panjang L (m)	18
Gambar 1.14. muatan aktif di Balok A-B.....	20
Gambar 3.1. Jenis-Jenis Bahan.....	37
Gambar 3.2. Kelompok Bahan Teknik.....	39
Gambar 4.1. Bentuk spesimen standar ASTM	49
Gambar 4.2. Gambar skematik mesin uji tarik.....	49
Gambar 4.3. Ilustrasi skematik proses penarikan yang menimbulkan pertambahan panjang dan regangan linear positif	50

Gambar 4.4. Diagram skematik tegangan-regangan dengan deformasi elastis linear	52
Gambar 4.5. (a) Bentuk grafik tegangan-regangan tarik untuk logam dari elastis ke plastis yang memperlihatkan batas proporsional P , dan tegangan yield σ_y dihitung dengan offset regangan 0.002. (b) Gambaran tegangan-regangan tarik pada beberapa logam dengan yield point	54
Gambar 4.6. Bentuk tipikal grafik tegangan regangan tarik. Tegangan tarik ditunjukkan dengan titik M pada grafik. Lingkaran menunjukkan perubahan geometri spesimen akibat deformasi pada saat penarikan.....	56
Gambar 4.7. Representasi skematik tegangan-regangan tarik untuk material rapuh dan ulet yang mengalami pembebanan	57
Gambar 4.8. Representasi skematik modulus resilience (ditandai dengan area yang gelap) ditentukan dari kurva tegangan-regangan suatu material	58
Gambar 4.9. skema uji kekakuan.....	61
Gambar 4.10. proses uji impak.....	64
Gambar 4.11. skema uji puntir	65
Gambar 4.12. Perbandingan angka kekerasan untuk beberapa jenis skala	70
Gambar 5.1. Rangkaian Resistor Seri	75
Gambar 5.2. Resistor dalam paralel	76
Gambar 5.3. Simbol resistansi	77
Gambar 5.4. Nilai resistansi penghantar pada tingkatan suhu	81
Gambar 6.1. Tuas tingkat pertama	87

Gambar 8.7 momen kopel berlawanan arah dengan jarum jam	118
Gambar 8.8. aljabar vektor momen kopel.....	119
Gambar 8.9. penjumlahan dari momen-momen gaya pembentuk kopel terhadap titik	119
Gambar 8.10. momen kopel dari prinsip kerja kran air	120
Gambar 8.11. momen kopel	121
Gambar 8.12. gaya aksi dan reaksi	122
Gambar 8.13. aplikasi momen dan kesetimbangan	122
Gambar 8.14. resultan gaya dengan arah yang sama	124
Gambar 8.15. komponen gaya	125
Gambar 8.16. resultan titik tangkap	126
Gambar 10.1. Keseimbangan benda Stabil / mantap	145
Gambar 10.2. Keseimbangan Benda Labil (Tidak Mantap)	145
Gambar 10.3. Keseimbangan netral (<i>indeferen</i>)	146
Gambar 10.4. Torsi pada suatu gerakan mesin yang bekerja.....	148
Gambar 10.5. Momen Kopel (+) dan (-) pada benda tegar	150
Gambar 10.6. Momen Kopel bersudut (α)	151
Gambar 10.7. Torsi yang terjadi pada balok sprandel...	153
Gambar 10.8. Suatu beban penyebab torsi pada balok utama suatu struktur bangunan gedung	154

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi Material berdasarkan Parameter di Dalamnya	41
Tabel 4.1. Modulus Elastisitas pada Beberapa Logam	52
Tabel 4.2. Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk penampang bulat dan persegi empat.....	62
Tabel 4.3. Hardness-testing techniques.....	71
Tabel 5.1. Hambatan jenis beberapa zat.....	77
Tabel 5.2. Hambatan jenis dan koefisien pada suhu °C.....	82

BAB 1

DEFINISI DAN APLIKASI

Oleh Andi Ibrahim Yunus

1.1 Pendahuluan

Bidang mekanika teknik dipakai oleh berbagai ilmu salah satunya yaitu ilmu teknik sipil. Ilmu teknik sipil mempelajari bidang mekanika teknik untuk mendalami dan mengukur beberapa gaya hasil muatan yang aktif di suatu struktur konstruksi (Selvira Salsabila, 1:2014).

“Membuat sebuah struktur dengan dimensi kerangka tertentu hendaklah dapat mendapat beberapa gaya yang aktif dan struktur tersebut hendak kokoh hingga dari itu tidak roboh dan usang.” (Wesli, 1:2010).

Dengan demikian bidang mekanika teknik yang diteliti di ilmu teknik sipil dipakai untuk mendalami dan mengukur gaya hingga dari itu bisa merencanakan ukuran bangunan agar bisa membangun suatu konstruksi yang kuat dan dapat mendapat gaya yang aktif. Dikarenakan pentingnya mendalami bidang mekanika teknik di ilmu sipil, hingga bidang ini dijadikan salah satu sumber pelajaran atau sumber diklat yang wajib aktif di suatu lembaga pendidikan di ilmu teknik sipil (Selvira Salsabila, 1:2014).

1.2 Definisi

Mekanika adalah pengampu ilmu pasti mengenai gerak dan berhentinya benda dan penyebab gerak atau berhentinya benda itu (KBBI, 2012-2023).

Teknik adalah cara atau sistem mengerjakan sesuatu (KBBI, 2012-2023).

Mekanika teknik atau mekanika rekayasa adalah ilmu bidang utama untuk perilaku bangunan, yaitu lendutan, gaya reaksi, dan gaya internal, atau pada muatan yang aktif pada mesin (Wikipedia bahasa Indonesia, Ensiklopedia bebas, 2022).

Bangunan tersebut bisa direncanakan atau dibandingkan ukurannya menurut bahan yang dipakai dengan mengenal beberapa gaya dan lendutan yang aktif, hingga dari itu aman dan tenang (lendutannya tidak lewat batas) dalam menahan muatan tersebut (Wikipedia bahasa Indonesia, Ensiklopedia bebas, 2022).

1.3 Aplikasi

Mekanika teknik merupakan pengampu langsung dari bidang mekanika di studi bidang ilmu pasti, tetapi mencantumkan unsur yang lebih mengarah kenyataan dan aspek praktis. Berbagai bidang menggunakan ilmu mekanika teknik, antara lain: bidang sipil, bidang mesin, bidang bahan, bidang penerbangan, teknik elektro, bidang bangunan, dan bidang kelautan (Wikipedia bahasa Indonesia, Ensiklopedia bebas, 2022).

Lingkup yang meliputi studi mekanika teknik terdiri dari: (Wikipedia bahasa Indonesia, Ensiklopedia bebas, 2022).

1. Statika, yaitu analisis benda pasif.
2. Dinamika, yaitu analisis akibat muatan di perpindahan benda.
3. Mekanika deformasi, yaitu mendalami akibat muatan di perubahan benda.
4. Mekanika fluida, yaitu perpindahan benda alir.
5. Mekanika tanah, yaitu analisis kelakuan perpindahan tanah.
6. Mekanika rangkaian, yaitu pendalaman benda bermasa kontinum.

1.4 Penerapan Praktis

Mekanika teknik merupakan bidang dasar bagi bidang sipil dan bidang arsitektur. Pemanfaatan mekanika teknik khususnya untuk mendalami bangunan konstruksi secara mendasar dalam teknik sipil dan arsitektur. Mekanika teknik secara khusus dipakai untuk mengenal muatan yang aktif di suatu konstruksi menurut kepada perilaku bangunan konstruksi itu sendiri. Hukum gerak Newton digunakan menganalisa perilaku bangunan konstruksi dengan diwakili dalam bentuk gaya reaksi, gaya aksi dan lendutan. Ketiga Hukum Newton dimanfaatkan mekanika teknik secara lebih khusus dalam bidang sipil dan bidang arsitektur. Prinsip yang dimanfaatkan yaitu resultan gaya (R) antara gaya aksi dan gaya reaksi pada keseimbangan (Wikipedia bahasa Indonesia, Ensiklopedia bebas, 2022).

1.5 Dasar-Dasar Mekanika Teknik

Sebuah struktur tidak roboh dan usang dibikin dengan dimensi kerangka tertentu hendaklah dapat mendapat beberapa gaya yang aktif dan struktur tersebut hendak kuat (Wesli. 1:2010).

Struktur tersebut dalam kondisi stabil apabila struktur dikatakan kuat, kestabilan tersebut akan aktif jika beberapa gaya yang aktif di struktur tersebut ke arah vertikal dan horizontal saling mengtiadakan atau sama besar nol ($= 0$) demikian juga dengan beberapa momen yang aktif di struktur tersebut di setiap titik buhul atau titik kumpul saling mengtiadakan atau sama besar nol ($= 0$) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli. 1:2010).

Mekanika Rekayasa merupakan bidang yang mendalami mengenai struktur dengan konsep keseimbangan gaya pada beberapa gaya yang aktif (Andi Ibrahim Yunus, 2020Wesli. 2:2010).

Dalam bidang mekanika rekayasa aktif cara penyelesaian dengan statis tertentu dan cara penyelesaian menggunakan cara statis tak tentu (Wesli. 2:2010).

Berlaku prinsip keseimbangan pada cara statis tertentu beberapa gaya ke arah vertikal dan arah horizontal dan keseimbangan momen di tumpuan dan bisa dinyatakan sebagai berikut: (Andi Ibrahim Yunus, 2020: Belajar Mengeja. 2012; Moh Nur Sholeh, 2019: dan Wesli. 2:2010)

$$\sum K_V = 0 \dots\dots\dots (\text{rumus 1.1})$$

$$\sum K_H = 0 \dots\dots\dots (\text{rumus 1.2})$$

$$\sum M = 0 \dots\dots\dots (\text{rumus 1.3})$$

diketahui:

K_V menyatakan jumlah aljabar beberapa gaya arah vertikal (ton).

K_H menyatakan jumlah aljabar beberapa gaya arah horizontal (ton).

M menyatakan jumlah aljabar beberapa momen (tm).

Dari rumus di atas bisa dinyatakan bahwa jumlah aljabar beberapa gaya di arah vertikal hendaklah sama besar nol (= 0) (rumus 1.1), jumlah aljabar beberapa gaya di arah horizontal hendaklah sama besar nol (= 0) (rumus 1.2), dan jumlah aljabar beberapa momen di titik tumpuan hendaklah sama besar nol (= 0) (rumus 1.3) (Andi Ibrahim Yunus, 2020; Belajar Mengeja. 2012; dan Wesli, 2:2010).

Dengan demikian terdapat 3 (tiga) jenis komponen yang akan diselesaikan dengan 3 (tiga) jenis rumus. Komponen tersebut secara matematis bisa diselesaikan dengan metode rumus linear (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 2:2010).

Struktur konstruksi bertingkat banyak umumnya menggunakan cara statis tak tentu. Ketiga Hukum keseimbangan tersebut masih berlaku di cara ini namun dari itu memerlukan sejumlah rumus lain sesuai dengan jumlah komponen yang akan diselesaikan jika komponen yang akan diselesaikan lebih dari 3 (tiga) jenis (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 2:2010).

Gaya lintang (D), gaya normal (N), dan momen (M) yang aktif masing-masing di dua tumpuan yang menumpu oleh balok, balok gerber, balok kentilever (penyangga) dengan berbagai metode pengerjaan termasuk pengerjaan dengan garis pengaruh dan struktur portal yaitu struktur balok yang ditumpu oleh tiang (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 3:2010).

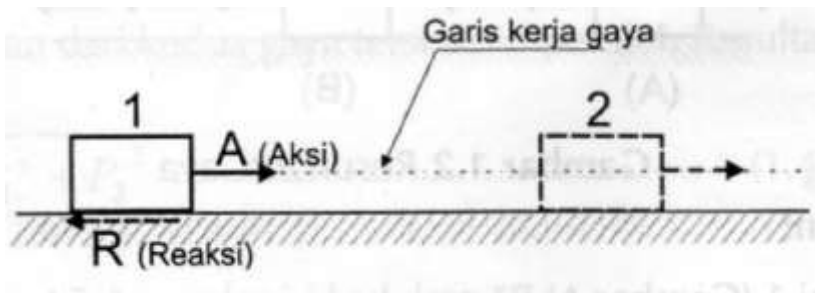
Pembaca diharapkan terlebih dahulu mengerti dan mendalami tentang materi vektor di bidang matematika untuk lebih mudah mengerti dan mendalami mekanika rekayasa. Vektor adalah sebuah besaran yang memiliki arah (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 3:2010).

1.6 Gaya

Gaya merupakan kekuatan yang bisa membuat benda yang dalam kondisi pasif menjadi bergerak. Gaya biasanya dilambangkan sebagai besaran yang memiliki arah dan digambarkan seperti vector (Andi Ibrahim Yunus, 2020: Moh Nur Sholeh, 2019: dan Wesli, 3:2010).

Garis kerja gaya adalah bidang/jejak yang dilaluinya setiap panjang gaya aktif. Titik tangkap dari setiap panjang garis kerja gaya bisa memindahkan sebuah gaya. Perlawanan pada gaya tersebut akan aktif jika bilamana sebuah gaya mengerjakan di sebuah benda baik diangkat, ditarik, atau didorong dan gaya perlawanan tersebut disebut dengan reaksi. Nilainya reaksi sama dengan nilainya gaya yang dikerjakan (aksi) (Andi Ibrahim Yunus, 2020; Moh Nur Sholeh, 2019; dan Wesli, 3:2010).

Sebuah benda dari terlihat pada Gambar 1.1. di posisi 1 diberi gaya aksi yang menghasilkan benda beralih tempat di posisi 2. Hal ini aktif karena gaya aksi lebih besar dari gaya reaksi (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 3:2010).



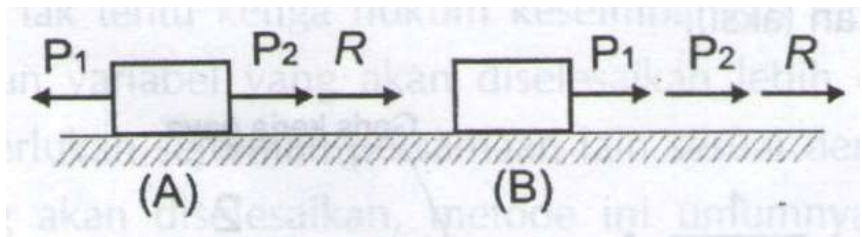
Gambar 1.1. Gaya Aksi dan Gaya Reaksi.

Benda akan tetap dalam kondisi pasif apabila gaya reaksi sama dengan gaya aksi. Gaya gesekan antara berat benda dengan lantai tempat benda tersebut beraktif menimbulkan dari gaya reaksi (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 4:2010).

Penggabungan beberapa gaya tersebut di sebuah benda apabila aktif 2 buah gaya atau lebih yang disebut dengan resultan gaya (R) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 4:2010).

Resultannya adalah penjumlahan dari beberapa gaya tersebut jika beberapa gaya yang aktif searah dan resultannya adalah pengurangan dari beberapa gaya tersebut jika beberapa gaya yang aktif berlawanan arah atau secara matematis dinyatakan dengan jumlah aljabar dengan pengertian jumlah seluruh besaran dari gaya tersebut ditotalkan antara yang bertanda positif (+) dengan yang bertanda negatif (-) dan arah gaya resultan tergantung dari arah gaya yang memiliki jumlah seluruh besaran yang lebih besar (>) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 4:2010).

Gaya P_1 (ton) aktif ke arah kiri dan P_2 (ton) aktif ke arah kanan terlihat pada Gambar 1.2. (A) hingga di sebuah benda aktif gaya P_1 sebesar 1,5 ton dan P_2 sebesar 2 ton (terlihat pada Gambar 1.2.) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 4:2010)



Gambar 1.2. Resultan Gaya (R).

Tentukan besar resultan gaya (R) dan arah gaya apabila gaya P_1 (ton) aktif ke arah kanan dan gaya P_2 (ton) aktif ke arah kanan juga terlihat pada Gambar 1.2. (B) (Wesli, 2010).

Di keadaan 1 terlihat pada Gambar 1.2. (A), gaya P_1 (ton) arah ke kiri sebesar 1,5 ton bertanda negatif (-) dan gaya P_2 (ton) arah ke kanan sebesar 2 ton bertanda positif (+) sehingga nilai resultan gaya (R) dan arah gaya sebesar: (Wesli, 5:2010)

$$R = P_1 \text{ (ton)} + P_2 \text{ (ton)} = -1,5 \text{ ton} + 2 \text{ ton} = +0,5 \text{ ton}$$

(Hasilnya bernilai positif hingga arah vektor ke kanan)

Di keadaan 2 terlihat pada Gambar 1.2. (B), gaya P_1 (ton) arah ke kanan sebesar 1,5 ton bertanda positif (+) dan gaya P_2 (ton) arah ke kanan sebesar 2 ton bertanda positif (+) sehingga nilai resultan gaya (R) dan arah gaya sebesar: (Wesli, 5:2010)

$$R = P_1 \text{ (ton)} + P_2 \text{ (ton)} = +1,5 \text{ ton} + 2 \text{ ton} = +3,5 \text{ ton}$$

(Hasilnya bernilai positif hingga arah vektor ke kanan)

Di keadaan 1 terlihat pada Gambar 1.2. (A), gaya P_1 (ton) arah ke kiri sebesar 1,5 ton bertanda negatif (-) dan gaya P_2 (ton) arah ke kanan sebesar 2 ton bertanda positif (+) sehingga nilai resultan gaya (R) dan arah gaya sebesar: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 5:2010)

$$R = P_1 \text{ (ton)} + P_2 \text{ (ton)} = -1,5 \text{ ton} + 2 \text{ ton} = +0,5 \text{ ton}$$

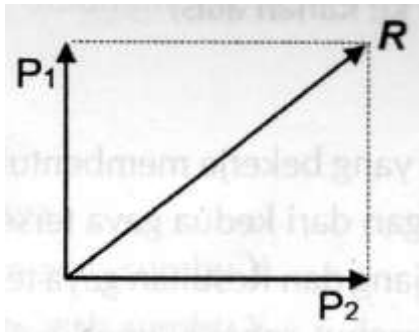
(Hasilnya bernilai positif hingga arah vektor ke kanan)

Di keadaan 2 terlihat pada Gambar 1.2. (B), gaya P_1 (ton) arah ke kanan sebesar 1,5 ton bertanda positif (+) dan gaya P_2 (ton) arah ke kanan sebesar 2 ton bertanda positif (+) sehingga nilai resultan gaya (R) dan arah gaya sebesar: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 5:2010)

$$R = P_1 \text{ (ton)} + P_2 \text{ (ton)} = +1,5 \text{ ton} + 2 \text{ ton} = +3,5 \text{ ton}$$

(Hasilnya bernilai positif hingga arah vektor ke kanan)

Ada 2 (dua) jenis gaya yang aktif di sebuah benda saling tegak lurus hingga penggabungan beberapa gaya tersebut, yaitu resultan gaya (R), bisa dilakukan dengan membentuk empat persegi dari kedua gaya tersebut dan nilainya resultan sebesar diagonal dari empat persegi tersebut atau jumlah kuadrat dari akar beberapa gaya tersebut (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 5:2010).



Gambar 1.3. Resultan Gaya (R)

Terlihat pada Gambar 1.3. diperlihatkan gaya P_1 (ton) tegak lurus dengan gaya P_2 (ton), penggabungan dari kedua gaya

tersebut diperoleh resultan gaya (R) sebesar: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 5:2010)

diketahui:

R menyatakan resultan gaya (ton).

P₁ menyatakan gaya vertikal (ton).

P₂ menyatakan gaya horizontal (ton).

Di sebuah benda aktif dua buah gaya saling tegak lurus di mana gaya P₁ sebesar 1,75 ton dan gaya P₂ sebesar 2 ton (terlihat pada Gambar 1.3.). Bilamana gaya P₁ (ton) aktif ke arah atas dan gaya P₂ (ton) aktif ke arah kanan tentukan besar resultan gaya (R) dan arah gaya (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 6:2010).

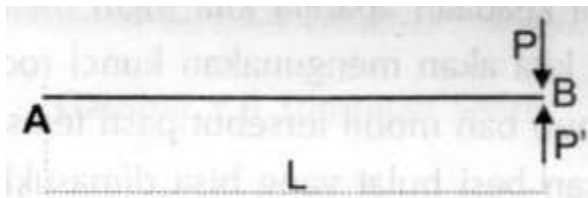
Gaya P₁ arah ke atas sebesar 1,75 ton bertanda positif (+) dan gaya P₂ arah ke kanan sebesar 2 ton bertanda positif (+) hingga besar resultan gaya (R) dan arah gaya sebesar: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 6:2010)

$$R = \sqrt{(P_1^2 + P_2^2)} = \sqrt{((1,75 \text{ ton})^2 + (2 \text{ ton})^2)}$$

$$R = 2,66 \text{ ton (ke arah kanan atas).}$$

1.7 Momen

Momen aktif bilamana sebuah gaya aktif memiliki jarak tertentu dari titik yang akan mendapat momen tersebut dan besarnya momen tersebut adalah nilainya gaya dikalikan dengan jaraknya. Satuan untuk momen adalah satuan berat jarak (tm, kgm, kgcm, dsb.) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 9:2010).



Gambar 1.4. Gaya dan Momen.

Terlihat pada Gambar 1.4. bisa dijelaskan bahwa bilamana gaya sebesar P dikerjakan di ujung balok titik B hingga akan timbul momen di ujung balok titik A sebesar: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 9:2010)

$$M_A = P \text{ (ton)} \times L_{(+)} \text{ (m)}$$

$$M_B = 0$$

Momen di ujung balok titik A bertanda positif (+) karena arah putaran pada titik A berputar searah dengan arah jarum jam. Momen titik B adalah nol sebab tidak aktif jarak antara posisi gaya P titik B (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 10:2010).

Di keadaan lain bilamana gaya sebesar P' dikerjakan di ujung balok titik B akan timbul momen di ujung balok titik A sebesar: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 10:2010)

$$M_A = P \text{ (ton)} \times L_{(-)} \text{ (m)}$$

$$M_B = 0$$

Momen di ujung balok titik A bertanda negatif (-) karena arah putaran P' pada titik A berputar berlawanan arah dengan arah jarum jam. Momen di ujung balok titik B adalah nol sebab tidak aktif jarak antara posisi P' dengan titik B (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 10:2010).

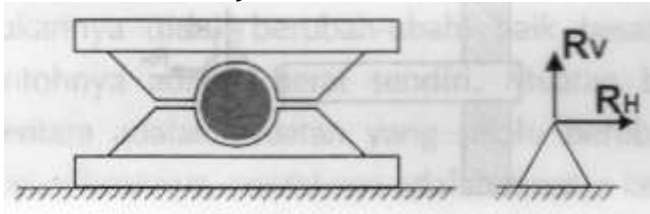
1.8 Tumpuan

Tumpuan merupakan tempat penempatan struktur atau dukungan bagi struktur dalam meneruskan beberapa gaya yang aktif ke pondasi. Dalam bidang mekanika rekayasa di kenal 3 (tiga) jenis tumpuan, yaitu tumpuan sendi, tumpuan rol, dan tumpuan jepit (Moh Nur Sholeh, 2019 dan Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 11:2010).

1. Tumpuan sendi

Tumpuan sendi sering disebut dengan engsel karena metode sendi aktif mirip dengan metode kerja engsel. Tumpuan sendi dapat menyajikan reaksi arah vertikal (ke atas dan ke bawah) dan reaksi horizontal (ke kanan dan ke kiri) maksudnya

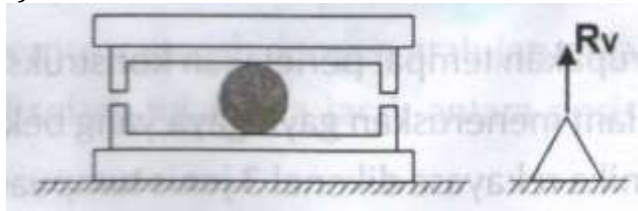
tumpuan sendi bisa mendapat gaya vertikal dan gaya horizontal atau aktif 2 (dua) jenis komponen yang akan diselesaikan, yaitu reaksi tumpuan arah vertikal (R_V) dan reaksi tumpuan arah horizontal (R_H). Tumpuan sendi ini tidak bisa mendapat momen. Tumpuan Sendi terlihat pada Gambar 1.4 (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 11:2010).



Gambar 1.4. Tumpuan Sendi.

2. Tumpuan Rol

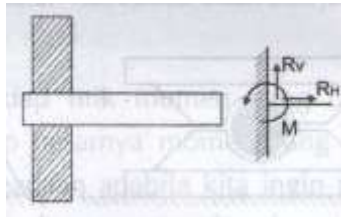
Tumpuan Rol adalah tumpuan yang bisa bergeser ke arah horizontal hingga dari itu tumpuan ini tidak bisa mendapat gaya horizontal (ke kanan dan ke kiri). Di tumpuan rol aktif roda yang bisa bergeser yang gunanya untuk mengakomodir pemuaian di struktur hingga dari itu struktur tidak usang. Tumpuan rol hanya dapat menyajikan reaksi arah vertikal maksudnya tumpuan rol hanya bisa mendapat gaya vertikal saja (ke atas dan ke bawah) hingga dari itu hanya aktif sebuah komponen yang akan disudahkan, yaitu reaksi tumpuan arah vertikal (R_V). Tumpuan ini tidak bisa mendapat momen. Tumpuan Rol terlihat pada Gambar 1.5 (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 11:2010).



Gambar 1.5. Tumpuan Rol.

3. Tumpuan Jepit

Tumpuan Jepit berupa balok yang terjepit di tiang (kolom) terlihat pada Gambar 1.6. di mana di tumpuan ini dapat menyajikan reaksi pada gaya vertikal, gaya horizontal, dan dapat menyajikan reaksi pada putaran momen. Hingga dari itu tumpuan jepit aktif 3 (tiga) jenis komponen yang akan disediakan, yaitu reaksi tumpuan arah vertikal (R_v), reaksi tumpuan arah horisontal (R_H), dan Momen (M) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 12:2010).

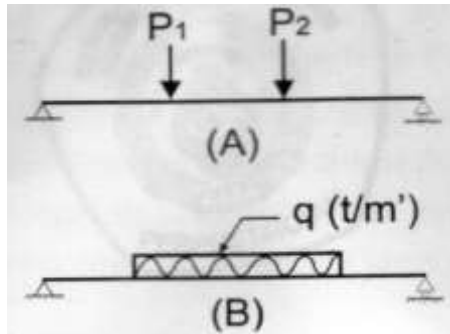


Gambar 1.6. Tumpuan Jepit.

1.9 Muatan

Muatan adalah muatan luar yang aktif di struktur. Muatan secara umum terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu muatan terpusat dan muatan terbagi rata. Meskipun aktif yang disebut dengan muatan segitiga atau muatan trapesium namun sebenarnya muatan tersebut termasuk muatan terbagi rata (q) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 12:2010).

Muatan terpusat adalah muatan yang aktif secara terpusat titik saja sedangkan muatan terbagi rata adalah muatan yang secara merata di setiap panjang balok tergantung dari panjang muatan terbagi rata tersebut. Untuk lebih mendalami muatan terbagi rata terlihat pada Gambar 1.7 (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 12:2010).



Gambar 1.7. Muatan Terpusat dan Muatan Terbagi rata.

Pada Gambar 1.7. (A) menjelaskan suatu muatan terpusat gaya P_1 (ton) dan gaya P_2 (ton) sedangkan Gambar 1.7. (B) menjelaskan suatu muatan terbagi rata q (t/m') (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 13:2010).

Muatan juga bisa dibagi sebagai muatan tetap dan muatan bergerak (muatan sementara) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 13:2010).

Muatan tetap adalah muatan yang tetap dikedudukannya (tidak berubah-ubah) baik nilainya maupun posisinya, misalnya berat sendiri (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 13:2010).

Muatan bergerak atau muatan sementara adalah muatan yang selalu berubah-ubah baik nilainya maupun posisinya, misalnya muatan kendaraan yang melewati jembatan atau muatan peralatan rumah tangga atau peralatan kantor di dalam gedung (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 13:2010).

Muatan sementara di gedung bisa dilihat di PMI (Peraturan Muatan Indonesia) Tahun 1970, NI-18 (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 13:2010).

1.10 Balok di Atas Dua Tumpuan

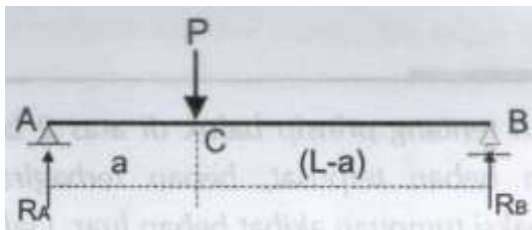
Tumpuan terdiri dari 3 (tiga) jenis, yaitu tumpuan sendi, tumpuan rol, dan tumpuan jepit. Tumpuan merupakan tempat penempatan balok yang akan meneruskan beberapa gaya tersebut ke pondasi. Dalam elemen ini balok yang di atas 2 (dua) jenis tumpuan, yaitu tumpuan sendi dan tumpuan rol (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 15:2010).

1. Reaksi Tumpuan

Reaksi tumpuan aktif hasil adanya aksi. Konsep keseimbangan gaya dengan menghitung reaksi tumpuan di balok sederhana yaitu jumlah aljabar beberapa gaya arah vertikal sama besar nol ($= 0$) (rumus 1.1), dan jumlah aljabar beberapa gaya arah horizontal sama besar nol ($= 0$) (rumus 1.2), serta jumlah aljabar momen di titik tumpuan sama besar nol ($= 0$) (rumus 1.3) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 16:2010).

2. Reaksi Tumpuan Muatan Terpusat

Muatan terpusat sebesar P (ton) dengan jarak a (meter) dari ujung balok titik A dengan membebani sebuah balok sederhana setiap panjang L (meter) terlihat pada Gambar 1.8. Reaksi tumpuan bisa diketahui dengan metode sebagai berikut: (Andi Ibrahim Yunus, 2020; Belajar Mengeja. 2012; dan Wesli, 16:2010)



Gambar 1.8. Reaksi Tumpuan dari Balok Sederhana dengan Muatan Terpusat.

$\sum M_B = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik B. (Belajar Mengeja, 2012).

$$R_A (\text{ton}) \times L (\text{m}) - P (\text{ton}) \times (L (\text{m}) - a (\text{m})) = 0$$

diketahui:

R_A menyatakan reaksi tumpuan di ujung balok titik A (ton).

P menyatakan muatan terpusat yang aktif di balok A-B (ton).

a menyatakan jarak muatan P dari sisi kiri balok A-B (meter).

L menyatakan panjang bentangan balok A-B (meter).

$\sum M_A = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik A. (Belajar Mengeja, 2012).

$$-R_B (\text{ton}) \times L (\text{m}) + P (\text{ton}) \times a (\text{m}) = 0$$

diketahui:

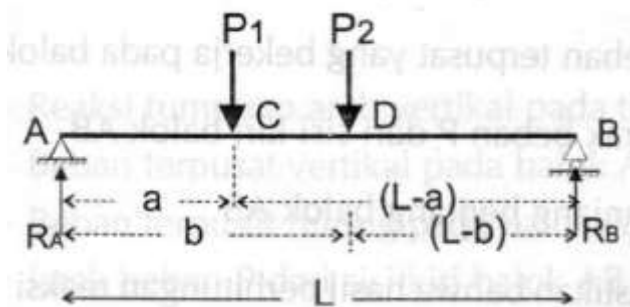
R_B menyatakan reaksi tumpuan di ujung balok titik B (ton).

P menyatakan muatan terpusat yang aktif di balok A-B (ton).

a menyatakan jarak muatan P dari sisi kiri balok A-B (meter).

L menyatakan panjang bentangan balok A-B (meter).

Lebih dari 1 (satu) muatan terpusat yang dimuatani Balok A-B terlihat pada Gambar 1.9. hingga reaksi tumpuan bisa disudahkan dengan metode sebagai berikut (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 17:2010)



Gambar 1.9. Reaksi Tumpuan Muatan Terpusat Lebih dari Satu Muatan

$\sum M_B = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik B. (Belajar Mengeja, 2012).

$$R_A \text{ (ton)} \times L \text{ (m)} - P_1 \text{ (ton)} \times (L \text{ (m)} - a \text{ (m)}) - P_2 \text{ (ton)} \times (L \text{ (m)} - b \text{ (m)}) = 0$$

diketahui:

R_A menyatakan reaksi tumpuan di ujung balok titik A (ton).

P_1 & P_2 menyatakan muatan terpusat yang aktif di balok A-B (ton).

a & b menyatakan jarak muatan P dari sisi kiri balok A-B (meter).

L menyatakan panjang bentangan balok A-B (meter).

$\sum M_A = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik A. (Belajar Mengeja, 2012).

$$-R_B \text{ (ton)} \times L \text{ (m)} + P_1 \text{ (ton)} \times a \text{ (m)} - P_2 \text{ (ton)} \times b \text{ (m)} = 0$$

diketahui:

R_B menyatakan reaksi tumpuan di ujung balok titik B (ton).

P_1 & P_2 menyatakan muatan terpusat yang aktif di balok A-B (ton).

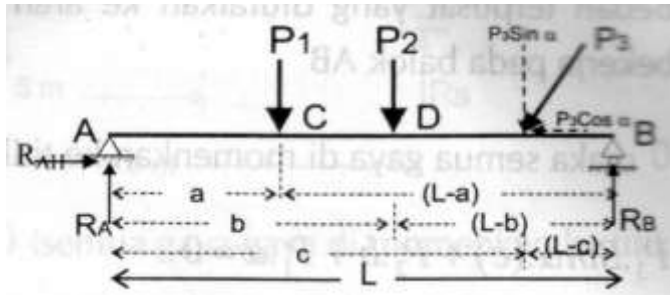
a & b menyatakan jarak muatan P dari sisi kiri balok A-B (m).

L menyatakan panjang bentangan balok A-B (m).

Dampak perhitungan reaksi tumpuan sudah benar bahwa untuk memastikan hingga bisa dikontrol dengan rumus 1.1 (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 18:2010).

$$\sum K_v = 0$$
$$P_1 \text{ (ton)} + P_2 \text{ (ton)} = R_A \text{ (ton)} + R_B \text{ (ton)}$$

Lebih dari 1 (satu) muatan terpusat dan aktif muatan miring dengan sudut tertentu yang membebani untuk balok terlihat pada Gambar 1.10. hingga reaksi tumpuan bisa disudahkan dengan metode sebagai berikut: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 19:2010)



Gambar 1.10. Reaksi Tumpuan Muatan Terpusat Salah Satu Muatan Arah Miring.

Langkah pengerjaan keadaan di atas terlihat pada Gambar 1.10. terlebih dahulu dengan menguraikan muatan P_3 (ton) ke arah vertikal menjadi $P_3 \sin \alpha$ (ton) dan ke arah horizontal $P_3 \cos \alpha$ (ton). Pengerjaan reaksi tumpuan sebagai berikut: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 19:2010)

$\sum M_B = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik B. (Belajar Mengeja, 2012).

$$R_{AV} (\text{ton}) \times L - P_1 (\text{ton}) \times (L (\text{m}) - a (\text{m})) - P_2 (\text{ton}) \times (L (\text{m}) - b (\text{m})) - P_3 \sin \alpha (\text{ton}) \times (L (\text{m}) - c (\text{m})) = 0$$

diketahui:

R_{AV} menyatakan reaksi tumpuan ke arah vertikal di ujung balok titik A (ton)

P_1 & P_2 menyatakan muatan terpusat arah vertikal di balok A-B (ton).

P_3 menyatakan muatan terpusat arah miring di balok A-B.

$a, b,$ & c menyatakan jarak muatan P dari sisi kiri balok A-B (m).

L menyatakan panjang bentangan balok A-B (m).

$$\sum K_H = 0 \text{ hingga } R_{AH} (\text{ton}) - P_3 \sin \alpha (\text{ton}) = 0$$

diketahui:

R_{AH} menyatakan reaksi tumpuan ke arah horizontal di ujung balok titik A (ton).

$P_3 \sin \alpha$ menyatakan muatan terpusat yang diuraikan ke arah vertikal aktif di balok A-B (ton).

$\sum M_A = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik A.

$$-R_B (\text{ton}) \times L + P_3 \sin \alpha (\text{ton}) \times c (\text{m}) + P_2 (\text{ton}) \times b (\text{m}) + P_1 (\text{ton}) \times a (\text{m}) = 0$$

diketahui:

R_B menyatakan reaksi tumpuan di ujung balok titik B (ton).

P_1 & P_2 menyatakan muatan terpusat arah vertikal di balok A-B (ton).

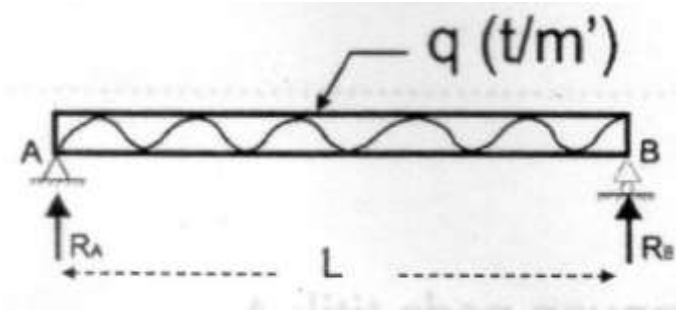
P_3 menyatakan muatan terpusat arah miring di balok A-B (ton).

a, b, & c menyatakan jarak muatan P dari sisi kiri balok A-B (meter).

L menyatakan panjang bentangan balok A-B (meter).

3. Reaksi Tumpuan Muatan Terbagi

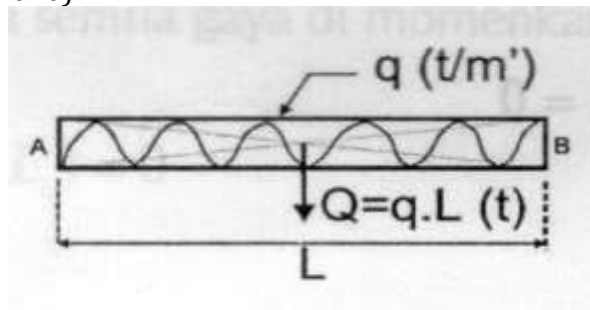
Muatan terbagi rata sebesar q (t/m') di setiap panjang balok dengan membebani sebuah balok sederhana setiap panjang L (m) terlihat pada Gambar 1.11 (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 25:2010).



Gambar 1.11. Reaksi Tumpuan Muatan Terbagi Rata Penuh.

Metode menentukan berat muatan terbagi rata seluruhnya dan titik pusat berat muatan bisa dengan menentukan reaksi tumpuan (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 25:2010).

Muatan terbagi rata aktif di tengah-tengah bentangan L jika menentukan menurut diagonalnya titik pusat berat muatan terbagi rata terlihat pada Gambar 1.12 (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 25:2010).



Gambar 1.12. Titik Pusat Berat Muatan Terbagi Rata.

Berat muatan terbagi rata diketahui nilainya dengan rumus sebagai berikut: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 25:2010)

$$Q = q \text{ (t/m')} \times L \text{ (m)}$$

diketahui:

Q menyatakan berat muatan terbagi rata di titik pusat berat muatan (ton).

q menyatakan muatan terbagi rata per satuan panjang (ton/meter').

L menyatakan panjang muatan terbagi rata (meter).

$\sum M_B = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik B.

$$R_A \text{ (ton)} \times L \text{ (m)} - Q \times \frac{1}{2}L \text{ (m)} = 0$$

$\sum M_A = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik A.

$$-R_B \text{ (ton)} \times L \text{ (m)} + Q \text{ (ton)} \times \frac{1}{2}L \text{ (m)} = 0$$

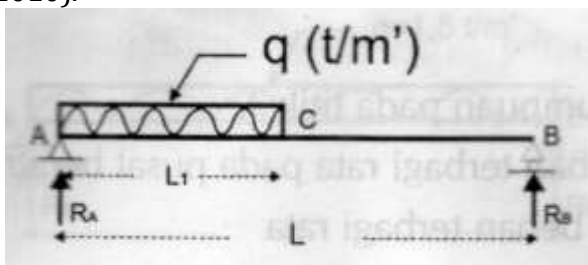
diketahui:

R_A menyatakan reaksi tumpuan di ujung balok titik A (ton).

R_B menyatakan reaksi tumpuan di ujung balok titik B (ton).

Q menyatakan berat muatan terbagi rata di titik pusat berat muatan (ton).

Muatan terbagi rata sebesar q (t/m') disebagian panjang balok membebani dengan sebuah balok sederhana setiap panjang L (m) terlihat pada Gambar 1.12 (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 26:2010).



Gambar 1.13. sebuah balok sederhana setiap panjang L (m)

Metode menentukan berat muatan terbagi rata seluruhnya dan pusat berat muatan bisa menentukan dengan reaksi tumpuan sebagai berikut: (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 27:2010)

$$Q = q \text{ (t/m')} \times L_1 \text{ (m)}$$

diketahui:

Q menyatakan berat muatan terbagi rata di titik pusat berat muatan (ton).

q menyatakan muatan terbagi rata per satuan panjang (t/m').

L_1 menyatakan panjang muatan terbagi rata (meter).

$\sum M_B = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik B.

$$R_A \text{ (ton)} \times L - Q \text{ (ton)} \times (L \text{ (m)} - \frac{1}{2}L_1 \text{ (m)}) = 0$$

$\sum M_A = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik A.

$$-R_B \text{ (ton)} \times L \text{ (m)} + Q \text{ (ton)} \times \frac{1}{2}L_1 \text{ (m)} = 0$$

diketahui:

R_A menyatakan reaksi tumpuan di ujung balok titik A (ton).

R_B menyatakan reaksi tumpuan di ujung balok titik B (ton).

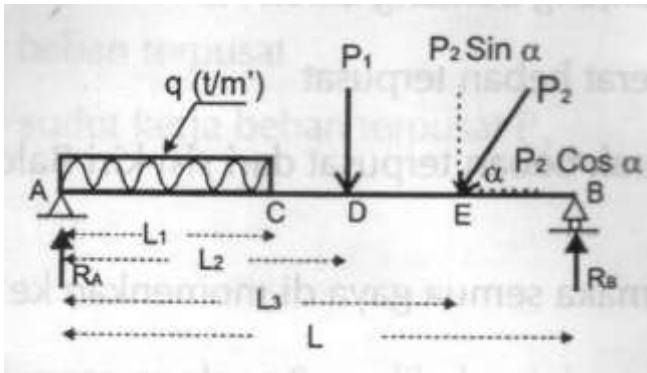
Q menyatakan berat muatan terbagi rata di titik pusat berat muatan (ton).

L_1 menyatakan panjang muatan terbagi rata (meter).

L menyatakan panjang bentangan balok A-B (meter).

4. Reaksi Tumpuan Kombinasi Muatan

Kombinasi dua jenis muatan yaitu muatan terpusat dan muatan terbagi rata aktif pada sebuah struktur. Di keadaan ini diperlihatkan di gambar di mana muatan aktif di Balok A-B terlihat pada Gambar 1.14 (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 30:2010).



Gambar 1.14. muatan aktif di Balok A-B

Langkah pengerjaan keadaan Gambar 1.13 di atas yaitu muatan yang aktif disusun menjadi ke arah vertikal dan horisontal, nilainya muatan Q (ton) dipakai rumus ($Q = q \times L_1$) dan muatan terpusat (P_2) (ton) menjadi muatan arah vertikal (P_{2v}) sebesar $P_2 \sin \alpha$ (ton) dan muatan arah horisontal (P_{2H}) sebesar $P_2 \cos \alpha$ (ton) (Andi Ibrahim Yunus, 2020 dan Wesli, 31:2010).

$\sum M_B = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik B.

$$R_{AV} \text{ (ton)} \times L \text{ (m)} - Q \text{ (ton)} \times (L \text{ (m)} - \frac{1}{2}L_1 \text{ (m)}) - P_1 \text{ (ton)} \times (L \text{ (m)} - L_2 \text{ (m)}) - P_{2v} \text{ (ton)} \times (L \text{ (m)} - L_3 \text{ (m)}) = 0$$

$\sum M_A = 0$ sehingga beberapa gaya terjadi momen mengarah ke titik A.

$$-R_B \text{ (ton)} \times L \text{ (m)} + P_2 \sin \alpha \text{ (ton)} \times L_3 \text{ (m)} + P_1 \text{ (ton)} \times L_2 \text{ (m)} + Q \text{ (ton)} \times \frac{1}{2}L_1 \text{ (m)} = 0$$

diketahui:

R_{AV} menyatakan reaksi tumpuan ke arah vertikal di ujung balok titik A (ton).

R_{BV} menyatakan reaksi tumpuan ke arah vertikal di ujung balok titik B (ton).

- Q menyatakan berat muatan terbagi rata di titik pusat berat muatan (ton).
- L_1 menyatakan panjang muatan terbagi rata (meter).
- L menyatakan panjang bentangan balok A-B (meter).
- P_1 & P_2 menyatakan berat muatan terpusat (ton).
- L_2 & L_3 menyatakan jarak muatan terpusat dari sisi kiri Balok A-B (meter).

Reaksi arah horizontal:

$$\sum K_H \text{ (ton)} = 0$$

hingga:

$$R_{AH} \text{ (ton)} - P_2 \cos \alpha \text{ (ton)} = 0$$

diketahui:

- R_{AH} menyatakan reaksi tumpuan ke arah horisontal di ujung balok titik A (ton).
- P_2 menyatakan berat muatan terpusat (ton).
- α menyatakan besar sudut kerja muatan terpusat P_2 ($^\circ$).

DAFTAR PUSTAKA

- Belajar Mengeja. 2012. Balok di Atas Dua Tumpuan. Reaksi Tumpuan Beban Terpusat.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). 2012-2023. Kamus Versi *Online/Daring* (dalam Jaringan). Versi 2.9. Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa (Pusat Bahasa).
- Selvira Salsabila. 2014. Hubungan Penguasaan Mata Pelajaran Matematika dengan Keberhasilan Belajar Mata Pelajaran Mekanika Teknik Siswa TKBB SMK Negeri 5 Bandung. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sholeh, M. N. 2019. Mekanika Rekayasa Ilmu Dasar Teknik Sipil. Sleman: Penerbit *Deepublish*.
- Wesli, 2010. Mekanika Rekayasa. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Wikipedia Bahasa Indonesia, Ensiklopedia bebas. 2022. Mekanika Teknik.
- Yunus, A. I. 2020. Bahan Ajar: Ilmu Ukur Tanah. Makasaar: Program Studi Teknik Sipil.

BAB 2

GAYA DAN DINAMIKA

Oleh Retna Kristiana

2.1 Pendahuluan

Kita sering menemukan situasi dalam kehidupan sehari-hari yang dapat dijelaskan menggunakan Hukum Newton. Seperti ketika seorang peselancar mengayunkan papan selancarnya untuk melakukan olahraga selancar, Hukum Newton ketiga dapat dijelaskan dengan adanya gaya yang diberikan oleh peselancar ke papan selancar sehingga papan selancar memberikan reaksi yang sama besar dan berlawanan arah sehingga peselancar dapat bergerak maju ke atas ombak. Saat kita melompat dari tempat yang tinggi, kita mengalami percepatan ke bawah yang dijelaskan oleh Hukum Newton kedua, di mana gravitasi bumi menarik tubuh kita ke bawah dan menghasilkan percepatan. Saat kita menekan pedal rem pada sepeda atau mobil. Hukum Newton pertama dapat dijelaskan dengan adanya perubahan momentum yang terjadi pada kendaraan sehingga terlihat bahwa hukum Newton dapat menjelaskan semua fenomena yang terjadi pada kendaraan ketika mengalami perubahan momentum, seperti mengalami perlambatan hingga berhenti sama sekali. Dalam kedua situasi tersebut, Newton menyatakan bahwa terdapat gejala kelembaman yang mempengaruhi perilaku benda atau sistem dalam merespons perubahan kondisi atau keadaan yang terjadi. Hukum Newton pertama yaitu sebagai berikut : “ Sebuah benda akan tetap diam atau bergerak lurus beraturan , jika tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda itu“. Oleh karena itu, Hukum Newton pertama dapat digunakan untuk menganalisis gerakan kendaraan pada jalan raya dengan mempertimbangkan gaya-gaya yang bekerja

pada kendaraan, seperti gaya gesekan, gaya gravitasi, dan gaya aerodinamika. Sehingga dapat mengembangkan strategi untuk meningkatkan efisiensi kendaraan.



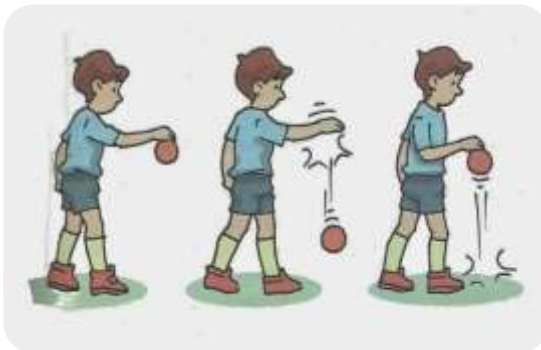
Sumber: <https://www.detik.com>,2022

Konsep Hukum Inersia Newton menjelaskan bahwa sebuah objek akan mempertahankan keadaan diam atau gerak lurus beraturan, kecuali jika ada gaya eksternal yang mempengaruhi objek tersebut untuk mengubah keadaannya. Prinsip kedua hukum Newton mengemukakan bahwa gaya yang diberikan pada suatu objek akan menghasilkan percepatan pada objek tersebut, dan besarnya gaya yang diberikan sebanding dengan produk dari massa objek dan percepatannya.



Sumber: (Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan, 2019)

Dalam prinsip ketiga hukum Newton dinyatakan bahwa jika suatu objek memberikan gaya pada objek lain, maka objek tersebut akan memberikan respons berupa gaya yang besarnya sama, tetapi arahnya berlawanan dengan gaya yang diterima. Dengan kata lain, setiap aksi memiliki reaksi yang seimbang dan proporsional. Dalam mempelajari gerak suatu benda dan penyebabnya, terdapat ilmu yang disebut dinamika.



Sumber: <https://www.pelajaran.co.id>, 2022

2.2 Gaya

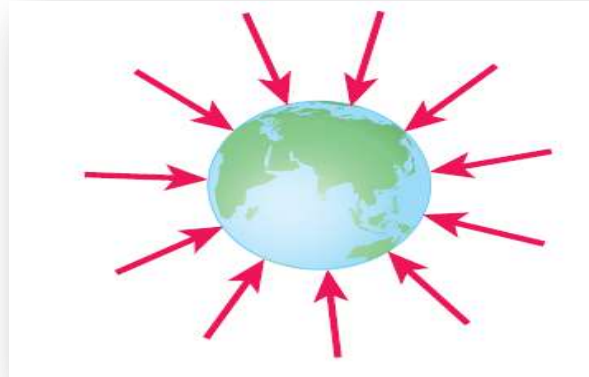
Dalam konteks fisika, jika kita menerapkan gaya pada suatu benda dengan mendorong atau menariknya, maka benda tersebut akan merasakan gaya dari kita. Namun, perlu diingat bahwa objek mati atau benda yang tidak bergerak juga dapat memberikan gaya. Ketika kita menarik sebuah tali, maka tali tersebut akan memberikan gaya yang sama besar tapi berlawanan arah pada benda yang ditarik. Selain itu, ketika sebuah bola dilempar ke atas, gravitasi akan memberikan gaya yang menarik bola kembali ke bawah.

Gaya dapat dianggap sebagai vektor dengan besaran dan arah yang spesifik, oleh karena itu, gaya dapat dihitung menggunakan aturan penjumlahan vektor. Gaya dapat

direpresentasikan sebagai garis dengan tanda panah di ujungnya yang menunjukkan arah dari gaya tersebut, dan panjang garis tersebut menunjukkan besarnya gaya. Dalam sistem satuan SI, gaya diukur dalam Newton (N) atau $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$.

2.2.1 Gaya Gravitasi

Apabila kita mengabaikan pengaruh hambatan udara, benda-benda yang dilemparkan atau dijatuhkan dekat permukaan bumi akan mengalami percepatan yang sama dengan percepatan gravitasi, yaitu sebesar 9,8 meter per detik kuadrat atau 9,8 newton per kilogram dalam sistem internasional (SI). Dengan kata lain, semua benda tersebut akan jatuh dengan kecepatan yang sama menuju bumi. Jika tidak ada pengaruh hambatan udara, maka setiap benda yang dijatuhkan di dekat permukaan bumi akan mengalami percepatan yang sama dengan nilai $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ atau $9,8 \text{ N/kg}$ dalam sistem internasional (SI) yang disebut percepatan gravitasi. Artinya, benda-benda tersebut akan jatuh dengan kecepatan yang sama mengarah ke bumi. Percepatan yang dialami oleh sebuah benda dekat permukaan bumi disebabkan oleh gaya tertentu, yang dikenal sebagai gaya gravitasi (FG).

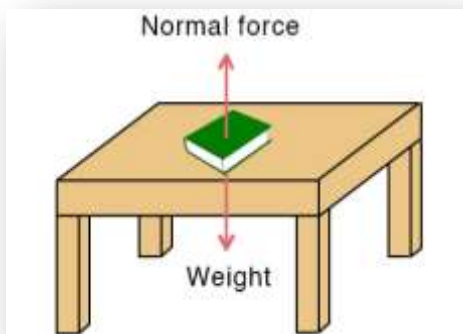


Sumber: <https://revisionscience.com>, 2023

Dapat disimpulkan bahwa gaya gravitasi merujuk pada gaya yang diberikan oleh bumi pada setiap objek yang berada dalam jangkauannya. Menurut hukum gravitasi, terdapat suatu gaya tarik menarik yang terjadi sepanjang garis yang menghubungkan dua partikel dengan massa M dan m serta terpisah oleh jarak r . Gaya ini disebabkan oleh keberadaan massa pada masing-masing partikel dan dapat dihitung menggunakan persamaan yang sesuai dengan hukum gravitasi.

2.2.2 Gaya Normal

Gaya ini merupakan reaksi dari suatu gaya yang diterima oleh permukaan benda akibat adanya tekanan dari benda lain yang bersentuhan dengannya ketika dua benda bersentuhan secara langsung. Gaya normal selalu memiliki arah yang sejajar dan berlawanan arah dengan permukaan yang bersentuhan (bidang singgung) dengan benda tersebut. Dengan kata lain, arah gaya normal selalu membentuk sudut 90 derajat terhadap permukaan benda yang bersentuhan, dan selalu berlawanan arah dengan gaya atau tekanan yang bekerja pada benda tersebut. Dengan kata lain, arah gaya normal selalu membentuk sudut 90 derajat terhadap permukaan benda yang bersentuhan.



Sumber: [https:// www.sciencefacts.net](https://www.sciencefacts.net), 2023

Besarnya gaya normal dipengaruhi oleh besar kecilnya gaya tekanan yang diterima oleh permukaan kontak (bidang singgung). Semakin besar gaya tekanan yang diterima, semakin besar pula gaya normal yang timbul sebagai reaksi dari tekanan tersebut. Sebaliknya, semakin kecil gaya tekanan yang diterima, maka gaya normal yang timbul juga akan semakin kecil.

2.2.3 Gaya Gesek

Jika sebuah benda dilemparkan pada permukaan rata dan horizontal, maka kecepatannya akan berkurang seiring dengan adanya gaya-gaya gesekan yang bekerja pada benda tersebut. Akhirnya, benda tersebut akan berhenti karena gaya-gaya gesekan tersebut berhasil mengalahkan kekuatan gerak dari benda. Dapat dipahami bahwa sebuah gaya berada pada arah horizontal yang diberikan pada sebuah benda, dimana arah gaya tersebut berlawanan dengan arah gerakan benda.



Sumber: <https://studiousguy.com>, 2023

Dalam mekanika, gaya gesek terjadi ketika dua benda bergerak atau cenderung untuk bergerak satu sama lain, dimana permukaan kedua benda tersebut saling bersentuhan dan sejajar satu sama lain. Gaya gesek ini timbul ketika suatu benda mulai bergesekan dengan permukaan benda lainnya, terutama ketika benda tersebut sedang bergerak.

2.3 Dinamika

Dalam istilah yang lebih mudah dipahami, dinamika mengacu pada perubahan atau variasi seiring waktu dalam respons struktur terhadap gaya yang bekerja. Variasi beban dinamis dapat terjadi dalam bentuk perubahan besar, arah, atau posisi beban terhadap waktu. Sama halnya dengan beban dinamis, respons struktur terhadap beban tersebut juga bersifat dinamik dan meliputi perubahan lendutan dan tegangan terhadap waktu. Pada dinamika dipelajari konsep gaya dan pengaruhnya terhadap gerak.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, S., Handayani, R. D., & Maryani. 2021. Analisis Gerak Kendaraan pada Kasus Kecelakaan sebagai Bahan Ajar Fisika di Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Edutech Undiksha*, 8(1), 40–47. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JEU/index>
- Budio, S. P. 2013. *Dinamika Struktur*.
- Heimbrook, A., Kelly, C., & Gall, K. 2022. Effects of 3D printed surface topography and normal force on implant expulsion. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 130(March), 105208. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2022.105208>
- Iffa, U., Supriana, E., & Sutopo, S. 2019. Kesalahan Siswa Dalam Mengidentifikasi dan Menggambarkan Diagram Gaya (*Student Errors in Identifying and Drawing Stylistic Diagrams*). *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 4(7), 844.
- Jufriadi, A., & Dian ayu, H. 2015. *Mekanika*.
- Kaveh, A., & Ahmadi, B. 2013. *Simultaneous analysis, design and optimization of structures using the force method and supervised charged system search algorithm*. *Scientia Iranica*, 20(1), 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2012.12.007>
- Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan. 2019. *Fisika : Usaha, Energi dan Daya*.
- Nazario, J., No, T., Gomez, M., Corson, G., & Schmitz, T. 2022. Dynamic force and stability prediction for milling using feed rate scheduling software and time-domain simulation. *Manufacturing Letters*, 33, 355–364. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2022.07.043>
- Ryan, Cooper, & Tauer. 2013. *Mekanika Teknik*. In *Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan*.

- Sánchez-Haro, J., Lombillo, I., & Capellán, G. 2023. Simplified model to consider influence of gravity on impacts on structures: Experimental and numerical validation. *International Journal of Impact Engineering*, 173(March 2022). <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2022.104474>
- Setia, M. O., Susanti, N., & Kurniawan, W. 2018. Pengembangan Media Pembelajaran Dengan Menggunakan Adobe Flash Cs 6 Pada Materi Hukum Newton Tentang Gerak Dan Penerapannya. *Jurnal Edufisika*, 3(2), 41–48.
- Shukla, V. C., Pandey, P. M., Dixit, U. S., Roy, A., & Silberschmidt, V. 2017. Modeling of normal force and finishing torque considering shearing and ploughing effects in ultrasonic assisted magnetic abrasive finishing process with sintered magnetic abrasive powder. *Wear*, 390–391(June), 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2017.06.017>
- <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5969352/hukum-newton-i-ii-dan-iii-bunyi-rumus-dan-contoh-soalnya>. 2022.
- <https://www.pelajaran.co.id/hukum-newton/>
- <https://revisionscience.com/a2-level-level-revision/physics-level-revision/fields/gravitational-fields>
- <https://www.sciencefacts.net/normal-force.html>
- <https://studiousguy.com/frictional-force-examples/>

BAB 3

KRITERIA PEMILIHAN BAHAN TEKNIK DALAM APLIKASINYA

Oleh Fathan Mubina Dewadi

3.1 Pendahuluan

Secara umum, empat jenis utama bahan fabrikasi adalah logam, kramik, polimer, dan komposit. Secara umum dapat dipahami bahwa ada dua jenis pengolahan bahan-bahan, yaitu bahan logam dan non logam. Logam ringan adalah satu-satunya logam yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari menurut penelitian (Teknik Pemesinan, 2023)

Aluminium, magnesium, titanium, kalsium, kalium, natrium, dan barium adalah logam yang paling umum dalam cincin. Sifat paling mendasar dari kain atau metode umum yang digunakan untuk membuat kain adalah mengalami berbagai deformasi plastis permanen tanpa mencegah terjadinya kerusakan. Dalam proses pengolahannya digunakan prinsip dalam dapur tinggi, dimana redaksi serat kapas dan benang kapas dimasukkan ke dalam dapur melalui pengisian lubrikasi di sudut kanan atas (A, *et al.*, 2022).

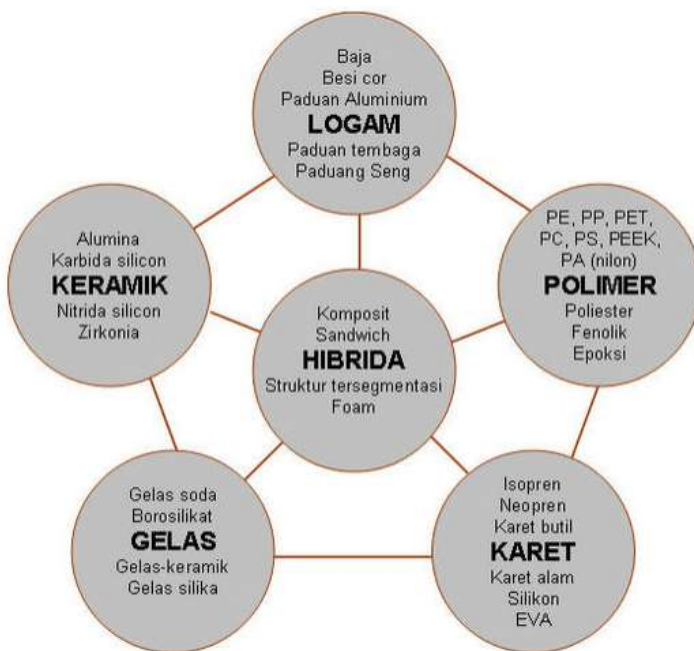
Ada beberapa proses, termasuk proses Martin, Bessemer, dan Thomas, dalam proses material teknis. Alasan kadar fosfor pada konverter Bessemer tidak dapat menjadi terak jika didinginkan dengan batu kapur (CaO), namun jika ditambahkan batu kapur maka lapisan batu tahan api SiO_2 akan terasa dengan batu kapur (Dewadi, *et al.*, 2021).

Tetapi mengingat prosesnya lebih lama, penting untuk dipahami bahwa proses Martin lebih baik daripada proses Bessemer atau Thomas. Selain itu, terdapat unsur-unsur yang belum ditemukan dan kotoran-kotoran yang belum ditemukan yang dapat dihalangi atau bahkan dimusnahkan. Kemudian pada akhir proses ditambahkan besi bekas dan bahan lainnya agar bahan dapat mengering dengan baik (Nanda, et al., 2022).

Contoh kontekstual logam berat antara lain besi, baja, nikel, dan krom. Metode tunggal yang paling umum untuk memindahkan batang kayu adalah dengan proses elektrik yang melibatkan pemindahan panci dari satu ujung ke ujung lainnya. Kekakuan, konduktivitas listrik, bias, dan sifat reflektif dari bahan yang diberikan dijelaskan dalam literatur tentang bahan. Selain memiliki definisi berbasis fisis, suatu material juga dapat memiliki definisi berbasis cahaya atau bias (Nanda, *et al.*, 2022).

Selain bersifat bias, material juga memiliki kemampuan memperoleh cahaya atau panas tanpa membahayakan terjadinya variasi bentuk yang biasa disebut dengan kekakuan. Bahan atau zat apa pun yang memantulkan cahaya dapat secara efektif menutupi cahaya. Kayu lapis, arborit, cemet, dan plastik yang diperkuat serat kaca membentuk material komposit (Dewadi, *et al.*, 2021).

Bahan kaca yang merupakan material dengan visual bening bersifat inert, dimana sifat ini yaitu tidak mudah bereaksi. Dalam pengolahan material terdapat juga apa yang disebut dengan istilah dapur kupola dimana dapur kupola merupakan dapur untuk mengolah besi kasar *pigiron* dan besi rongsokan/potongan-potongan dengan dicampur potongan baja serta sejumlah kecil batu kapur guna menghasilkan besi tuang dan besi cor (Murtalim, 2020). Berikut akan dijelaskan mengenai jenis-jenis bahan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Jenis-Jenis Bahan (Wikimedia Indonesia, 2022)

Kategori bahan teknik meliputi 6 kategori berdasarkan penggunaan dalam proses rekayasa dan industri, yaitu logam, polimer, karet, kaca, keramik, dan bahan hibrid. Keenam jenis ini memiliki hasil *crafting* yang berbeda karena setiap jenis bahan memiliki kandungan yang berbeda (Dewadi, *et al.*, 2021).

3.2 Bahan Teknik

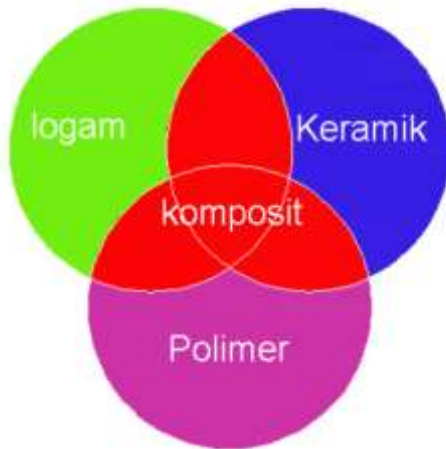
Bahan adalah zat atau benda dari mana sesuatu dapat dibuat, atau unsur-unsur yang diperlukan untuk membuat sesuatu. Material merupakan salah satu input dalam produksi. Bahan baku biasanya merupakan bahan mentah yang belum

dikonversi, tetapi juga dapat ditransformasikan sebelum digunakan dalam proses manufaktur lainnya. Secara umum, dalam masyarakat yang maju secara teknologi, bahan adalah barang habis pakai yang belum selesai (Amin, 2020).

Beberapa contohnya adalah kertas dan sutra. Kata "material" terkadang digunakan untuk merujuk pada pakaian atau kain. Sifat material meliputi sifat mekanik termasuk kekuatan tarik dan tekan, elastisitas, ketahanan benturan, dll. Sifat termal termasuk konduktivitas termal, suhu operasi maksimum, koefisien ekspansi termal, difusivitas termal, dll. Sifat listrik dan magnet termasuk konduktivitas, dielektrik, magnetisasi, dll. Sifat optik meliputi pembiasan, pemantulan, penyerapan, dll (Dewadi, *et al.*, 2021).

Sifat kimia meliputi sifat korosif, oksidasi, tahan UV, dll. Dengan 6 jenis material yang tersedia berdasarkan teknik, material logam meliputi baja, besi tuang, titanium, logam paduan, dan lainnya. Bahan polimer termasuk polietilen, polipropilen, polikarbonat, dll. Bahan karet terbuat dari isoprena, neoprene, karet alam, dll. Bahan kaca terbuat dari kaca soda, kaca silika, kaca borosilikat. Bahan keramik terbuat dari alumina, silikon karbida, silikon nitrida, dll. Kemudian bahan *hybrid* terbuat dari komposit, *sandwich*, busa (Wibowo, *et al.*, 2021).

Dalam dunia teknik mesin, material teknik dikelompokkan menjadi 4 kelompok. Ada tiga bahan teknik ditambah kombinasi dari ketiga bahan tersebut, logam, keramik, polimer dan komposit. Komposit dapat dibagi menurut matriksnya, yaitu MMC (*Metal Matrix Composites*), CMC (*Ceramic Matrix Composites*) dan PMC (*Polymers Matrix Composites*). Berikut akan dijelaskan mengenai kelompok bahan teknik pada gambar 3.2 (Farahdiansari, *et al.*, 2021).



Gambar 3.2. Kelompok Bahan Teknik (Hastomo, 2010)

Logam dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian berdasarkan kandungan besinya, yaitu paduan non ferro (paduan yang mengandung unsur besi (Fe)) dan paduan non ferro (paduan yang tidak mengandung besi (Fe)). Logam yang dapat ditempa melalui proses deformasi, seperti penempaan, ekstrusi, penggulangan, logam juga dapat diberi perlakuan panas untuk mencapai sifat mekanik tertentu, memiliki modulus elastisitas yang baik, logam dapat digabungkan sedemikian rupa (Wibowo, et al., 2022).

Untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik. Ini adalah konduktor listrik yang baik tetapi tidak tahan terhadap korosi. Keramik dibagi menjadi 5 kategori menurut sifat kegunaannya, yaitu bahan elektronik (*electronic material*), keramik konstruksi, keramik alam, kaca dan keramik teknis (Mulyadi & Dewadi, 2021). Keramik densitas rendah, keras dan rapuh, tahan terhadap korosi dan abrasi, keramik juga

merupakan isolator listrik dan panas yang baik (Abbas, et al., 2020).

Polimer dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan struktur kimianya, yaitu termoplastik (*thermoplastics*), polimer alam (*natural polymers*) dan plastik termoseting. Sifat polimer adalah memiliki modulus elastisitas yang rendah, tahan korosi, isolator listrik yang baik, ringan dan mudah dibentuk (Wibowo & Dewadi, 2022).

Sifat-sifat suatu komposit tergantung dari jenis komposit itu sendiri. Apakah itu komposit matriks logam, komposit matriks keramik, komposit matriks polimer. MMC merupakan material komposit yang menggunakan metal atau logam sebagai matriksnya. Sedangkan penguatnya bisa bermacam-macam, seperti keramik, polimer, dan logam lainnya (Surbakti, *et al.*, 2022).

Kalau CMC matriksnya keramik atau keramik. Untuk penguatan, Anda bisa menggunakan logam atau keramik lainnya. PMC berarti matriks yang digunakan dalam campuran jenis polimer. Bahan logam atau keramik dapat digunakan untuk penguatan atau penguatan. (Raja Ma'arof, *et al.*, 2021). Contoh material teknik akan dijelaskan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Spesifikasi Material berdasarkan Parameter di Dalamnya (Teknologi Manufaktur, 2022)

Metal	Melting point (°C) base metal	Density (g/cm ³)	Yield strength (MPa)	Specific yield strength (MPa cm ³ /g)	Young's modulus (GPa)
High-carbon steels	1536	7.8	350–1600	45–205	210
Stainless steels	1536	7.8	150–500	19–64	193
Cast irons	1147 (eutectic)	7.4	50–400	7–54	150
Aluminum 2000 series	660	2.8	200–500	71–179	70
Titanium alloys	1668	4.5	400–1100	89–244	100
Copper alloys	1083	8.9	75–520	8–58	135
Superalloys	1453	7.9	800	101	180
Magnesium alloys	650	1.75	300	171	45
Carbon fiber	3650	1.75	3500–5500	2000–3140	230–400
High-density polyethylene (HDPE)	~ 250	0.95	26–33	27–35	0.7

Pembuatan material komposit tidak berawal dari penggabungan dua material atau lebih tanpa mengetahui sifat fisik dan mekanik dari masing-masing material yang digunakan (Nanda, *et al.*, 2022). Pilih matriks dengan kekakuan yang baik dan kemampuan rebar bonding. Jika matriks memiliki kemampuan mengikat serat yang buruk, perekat yang berfungsi sebagai lem dapat ditambahkan (Della, *et al.*, 2022).

3.3 Aplikasi Bahan Teknik

Aplikasi bahan teknik salah satunya yaitu logam memiliki sifat pada proses industri yaitu memiliki ketahanan yang kuat, dapat merenggang dan kuat ditempa, konduktor yang baik, menjadi penghantar panas dan permukaan yang mengkilap (Alat Uji, 2023).

3.4 Soal dan Pembahasan

1. Sebutkan material-material keras sesuai klasifikasinya berdasarkan pemakaian di dunia Industri (Dimiyati, *et al.*, 2021)!
2. Material jenis apakah yang cenderung digunakan dalam bidang riset dan teknologi (penelitian) (Dewadi, *et al.*, 2019)!
3. Apakah material keras selalu kuat? Apakah material elastis juga selalu lemah? Jelaskan opini yang mendukung kasus ini (Dewadi, 2016)!
4. Jika material yang tahan panas tidak dapat meleleh, berapa nilai kekerasannya secara umum? Tuliskan macam-macam material tahan panas serta jelaskan mengapa material tersebut bisa memiliki sifat seperti itu (Dewadi, 2021)!
5. Emas memiliki kadar karat yang dimana kadar karat ini secara ekonomi teknik memiliki taraf harga yang varian. Mengapa kadar karat dapat mempengaruhi emas tersebut secara visual (Dewadi, 2022)?

DAFTAR PUSTAKA

- Farahdiansari, A. P., Dewadi, F. M. & Rahdiana, N., 2021. Analisis Unjuk Kerja BBM dengan Eco-Racing sebagai Campuran BBM yang Ekonomis. *JTMMX*, II(1), pp. 1-5.
- Wibowo, C., Sukarno, S., Nursanti, Y. B. & Dewadi, F. M., 2022. Kebutuhan Perguruan Tinggi di Wonogiri sebagai Bagian dari Pengembangan Sumber Daya Manusia. *VISIONER : Jurnal Penelitian Komunikasi dan Sosial Politik*, IV(1), pp. 20-27.
- A., 2020. *muh-amin*. [Online] Available at: <https://muh-amin.com/mengenai-teknologi-material-komposit/> [Accessed 03 Februari 2023].
- Abbas, A. et al., 2020. *Implementation of clustering unsupervised learning using KMeans mapping techniques*. Medan, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.
- A, F. M. et al., 2022. Optimization of Vapor Compression Type for Desalination of Seawater Using the DFMA Method. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore (JTMMX)*, III(1), pp. 1-8.
- A. et al., 2021. Analisis Rancangan Sel Surya untuk Kebutuhan Cadangan Energi Listrik di Kolam Wilayah Graha Raya Bintaro, Tangerang Selatan. *JTMMX*, II(1), pp. 6-12.
- Alat Uji, 2023. *alat uji*. [Online] Available at <https://alatuji.com/article/detail/949/mengetahui-jenis-dan-sifat-logam-pada-industri> [Accessed 03 Februari 2023].
- Della, R. H. et al., 2022. *Kesehatan & Keselamatan Kerja Era Society 5.0*. 1st ed. Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Dewadi, F. M., 2016. *Perancangan Mesin Roll Pelat Dengan Penggerak Motor Listrik Ac 1 Fasa Kapasitas Daya Listrik 180 W*, Jakarta: Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal.

- Dewadi, F. M., 2021. Efisiensi Pada Sepeda Listrik Dengan Dinamo Sepeda Sebagai Generator. *Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring*, IV(1), pp. 13-23.
- Dewadi, F. M., 2022. Klasifikasi Perpindahan Panas. In: R. Pido, ed. *Perpindahan Panas: Dasar dan Praktisi dari Perspektif Akademisi dan Praktisi*. Bandung: Indie Press, pp. 1-8.
- Dewadi, F. M., Dahlan, D. & Maulana, E., 2019. Frame e-Bike Optimization Capacity 48V. *JOJAPS*, Volume XIV, pp. 129-138.
- Dimiyati, D. et al., 2021. Evaluasi Kekuatan Resistance Spot Welding Pada Proses Tailor Welded Blankss Menggunakan Mill-Steel Beda Ketebalan. *Borobudur Engineering Research (BENR)*, I(1), pp. 96-107.
- Hastomo, R., 2010. *Blog Teknik Mesin*. [Online] Available at: <https://technomesin.wordpress.com/2010/04/02/bahan-teknik-1/> [Accessed 03 Februari 2023].
- K., Nanda, R. A., A. & Dewadi, F. M., 2022. Pelatihan Pemanfaatan Aquaponik Bagi Warga Kavling Rawa Bunga, Tangerang Selatan. *Journal of Entrepreneurship and Community Innovations*, I(1), pp. 16-21.
- K. et al., 2022. Archimedes' Principle Applied to Buoy Design for Measuring Purposes in Offshore Illumination Conditions. *JTMMX*, III(1), pp. 40-48.
- K. et al., 2021. A Report on Metal Forming Technology Transfer from Expert to Industry for Improving Production Efficiency. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, I(2), pp. 96-103.
- M., Dewadi, F. M., A. & Sigalingging, W. S., 2021. Pengaruh Parameter Temperatur Quenching terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Rear Hub Spindles. *Buana Ilmu*, V(2), pp. 101-118.

- M., 2020. *Analisis Unjuk Kerja Eco Racing sebagai Suplemen Penghemat Bahan Bakar*. Malang, Universitas Widyagama Malang.
- Mulyadi, D. & Dewadi, F. M., 2021. Analisis Rancangan Sel Surya untuk Kebutuhan Cadangan Energi Listrik di Kolam Wilayah Graha Raya Bintaro, Tangerang Selatan. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, II(1), pp. 6-12.
- Nanda, R. A. et al., 2022. Perancangan dan Perakitan Elektronika Mikrokontroler berbasis IOT untuk Studi Pengukuran Sistem HVAC. *JTMMX*, VII(1), pp. 43-55.
- Raja Ma'arof, R. A., Saputra, O. . A., Dewadi, F. M. & Noor, A., 2021. *Engaging Students: Blending Class Activities with Industry-linked Teaching Approach in Occupational Safety and Health Course Delivery*, Kuala Lumpur: Universiti Kuala Lumpur.
- S. et al., 2021. Pengaruh Penahanan Suhu Reaktor pada Pengujian LDPE dengan Debit Air 46 L/Min. *JTMMX*, II(1), pp. 19-27.
- Surbakti, D., Wibowo, C. & Dewadi, F. M., 2022. Perbaikan Gerobak Sampah sebagai Bagian dari Manajemen Sampah Sisi Hulu di Lingkungan Permata Penggilingan Jakarta. *Indonesian Journal of Engagement, Community Services, Empowerment and Development*, II(2), pp. 165-174.
- Teknik Pemesinan, 2023. *Teknik Pemesinan*. [Online] Available at: <https://www.teknikpemesinan.com/2019/11/soal-ulangan-dasar-perancangan-teknik-mesin-dasar-teknik-pemesinan.html> [Accessed 29 Januari 2023].
- Teknologi Manufaktur, 2022. *Teknik Mesin Manufaktur*. [Online] Available at: <https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2018/02/tabel-sifat-bahan-yang-sering-digunakan-di-bidang-teknik-mesin.html> [Accessed 03 Februari 2023].

- Wibowo, C. & Dewadi, F. M., 2022. Design Pressure Reduction System (PRS) untuk Compressed Natural Gas (CNG) Kapasitas 30 Nm³/h dalam Sisi Teknis dan Ekonomis. *TEKINFO: Jurnal Penelitian Teknik dan Informatika*, II(2), pp. 60-65.
- Wibowo, C., Dewadi, F. M. & Afgani, A. A., 2021. Impementasi Material Titanium pada Sepeda Listrik sebagai Rangka yang Efisien. *JTMMX*, II(1), pp. 13-18.
- Wikimedia Indonesia, 2022. *Wikipedia*. [Online] Available at: <https://id.wikipedia.org/wiki/Bahan>[Accessed 03 Februari 2023].

BAB 4

KEKUATAN DAN KEKERASAN BAHAN TEKNIK

Oleh Badaruddin Anwar

4.1 Pendahuluan

Penggunaan suatu material dipengaruhi oleh gaya atau pembebanan, sehingga akibat dari gaya atau pembebanan tersebut dapat menimbulkan terjadinya deformasi dan kerusakan suatu material. Sifat-sifat bahan teknik yang perlu diketahui adalah sifat mekanik, sifat termal, sifat kimia, sifat fisik, sifat kelistrikan, sifat kemagnetan, sifat teknologi. Sifat mekanik yang penting adalah kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), keuletan (*ductility*), dan ketangguhan (*stiffness*). Sifat mekanik yang dibahas pada bab ini adalah kekuatan dan kekerasan.

Kekuatan suatu bahan dipengaruhi oleh beban yang diberikan atau diterima pada material tersebut, bahan yang menerima beban tarik maka dapat diuraikan kekuatan tarik (*tensile strength*) bahan tersebut, bahan yang menerima beban bending maka diperoleh kekuatan bending, bahan yang menerima beban tekan maka diperoleh kekuatan tekan, bahan yang menerima beban dampak maka diperoleh kekuatan dampak, benda yang menerima beban puntir maka diperoleh kekuatan puntir.

Kekerasan suatu bahan merupakan sifat mekanis yang cukup penting dalam mengukur ketahanan material terhadap deformasi plastis lokal atau titik berupa bekas penekanan yang kecil atau goresan. Pada mulanya pengujian kekerasan

dilakukan berdasarkan pada mineral alami dengan skala yang disusun berdasarkan kemampuan material untuk menggoreskan material lain yang lebih lunak. Angka kualitatif untuk indeks kekerasan tertentu kemudian ditemukan dan disebut dengan skala ***mohs***, dengan rentang dari 1 untuk material paling lunak yaitu talk, dan sampai angka 10 untuk material paling keras yaitu intan.

Proses pengujian kuantitatif dikembangkan dengan menggunakan indenter/penekan kecil kepermukaan material yang diuji, dengan pengaruh beban yang terkontrol dan lama penekanan tertentu. Ukuran kedalaman bekas penekanan diukur kemudian dihubungkan dengan angka kekerasan material, semakin lunak suatu bahan yang diuji maka semakin besar dan semakin dalam bekas penekanan, serta semakin kecil angka kekerasannya atau sebaliknya. (Samnur, Badaruddin Anwar, 2022)

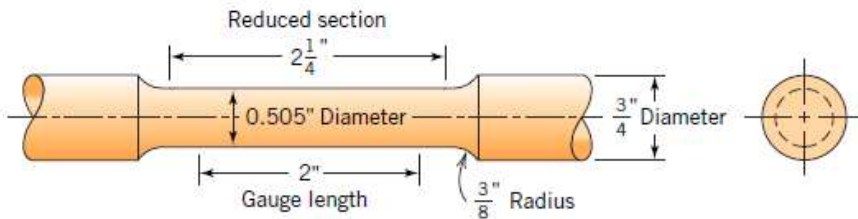
4.2 Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan merupakan sifat bahan yang dapat dianalisis dengan data tegangan paling besar suatu material sampai dapat berdeformasi sebelum rusak (*failure*). Ini dapat ditetapkan sebagai batas proporsional, titik mulur atau tegangan maksimum. Tidak ada satu nilai yang dapat digunakan untuk mendefinisikan suatu kekuatan, karena sifat dan karakteristik bahan berbeda terhadap beban dan sifat pembebanannya.

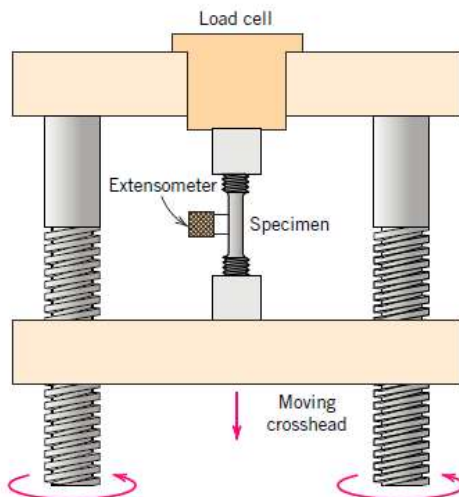
4.2.1 Kekuatan Tarik (*Tensile strength*)

Pengujian tarik merupakan pengujian yang digunakan untuk mengukur sifat mekanis bahan, antara lain kekuatan tarik σ_u (*tensile strength*), kekuatan luluh σ_y (*yield strength*), ketangguhan (*toughness*) dan keuletan (*ductility*). Spesimen ditarik sampai putus, dengan penambahan beban tarik secara kontinu dan perlahan pada spesimen. Sampel uji tarik sesuai standar ASTM pada gambar 4.1. Spesimen uji tarik yang digunakan ada yang

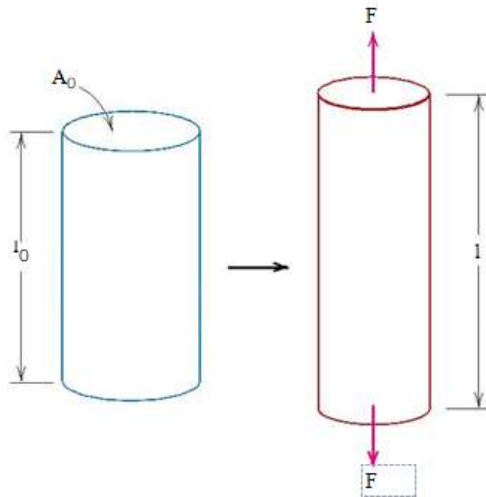
berpenampang bulat pejal, ada pula batang uji berpenampang persegi. Bagian yang mengalami deformasi selama proses pengujian berlangsung adalah bagian uji dengan panjang sebesar 50.8 mm (2.0 in.). Diameter standar bagian uji sebesar 12.8 mm (0.5 in.), kisaran panjang bagian yang direduksi sebesar empat kali diameter atau 60 mm (2¼ in.). Kedua ujung spesimen uji ini dipasang pada cekam dari alat uji (gambar 4.1).



Gambar 4.1. Bentuk spesimen standar ASTM (Callister, 2013)



Gambar 4.2. Gambar skematik mesin uji tarik (Callister, 2013)



Gambar 4.3. Ilustrasi skematik proses penarikan yang menimbulkan pertambahan panjang dan regangan linear positif (Callister, 2013).

Mesin uji tarik digunakan untuk menarik spesimen dengan laju penarikan yang konstan, dan secara kontinu dan simultan mengukur beban akibat penarikan dengan menggunakan *load cell* dan perpanjangan spesimen dengan menggunakan ekstensometer. Proses pengujian tarik dilakukan dalam waktu beberapa menit sampai spesimen putus.

Untuk menghitung tegangan teknik σ dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (4.1)$$

F adalah gaya beban yang bekerja tegak lurus pada penampang spesimen, dalam satuan newton (N) atau pound gaya (lbf), dan A_0 adalah luas penampang awal sebelum beban diberikan (m^2 atau $in.^2$). Satuan tegangan teknik (biasa hanya disebut

tegangan) adalah megapascal, MPa (SI) ($1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ N/m}^2$), dan pound per inci kuadrat, psi ($1 \text{ MPa} = 145 \text{ psi}$).

Untuk menghitung regangan teknik atau disebut regangan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (4.2)$$

L_0 adalah panjang awal sebelum beban diberikan, dan l_i adalah perpanjangan seketika saat beban diberikan. Regangan ini tidak mempunyai satuan sehingga regangan tidak tergantung pada sistem satuan akan tetapi ditentukan dalam bentuk persen dengan mengalikan nilai regangan dengan 100 %.

Deformasi elastis: Deformasi atau regangan suatu bahan yang menerima beban tergantung pada besarnya tegangan yang bekerja. Sehingga beberapa bahan yang diberi tegangan tarik yang relatif kecil, maka tegangan dan regangannya dapat proporsional satu sama lain dengan persamaan sebagai berikut:

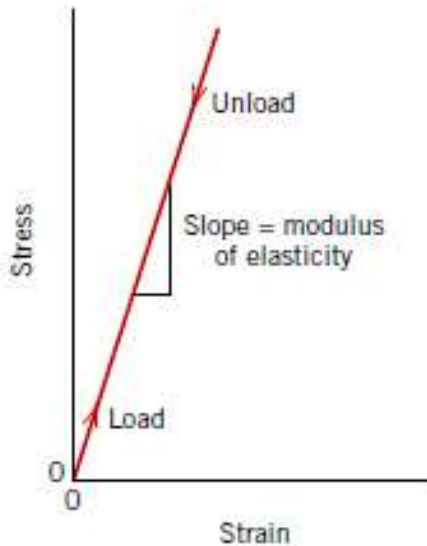
$$\sigma = E\varepsilon \quad (4.3)$$

Persamaan ini dikenal dengan nama Hukum Hooke, dan konstanta proporsional E (Gpa atau psi) disebut Modulus Elastisitas atau Modulus Young. Nilai modulus elastisitas untuk beberapa logam dapat dilihat pada tabel 4.1

Deformasi yang terjadi apabila tegangan dan regangan saling proporsional disebut deformasi elastis; grafik tegangan (ordinat) versus regangan (absis) berbentuk garis linier seperti terlihat pada gambar 4.4. Kemiringan dari kurva linear ini menunjukkan besarnya modulus elastisitas.

Tabel 4.1. Modulus Elastisitas pada Beberapa Logam					
Logam	Modulus Elastisitas		Modulus Geser		Rasio Poisson
	GPa	10 ⁶ psi	GPa	10 ⁶ psi	
Aluminium	69	10.0	25	3.6	0.33
Kuningan	97	14.0	27	5.4	0.34
Tembaga	110	16.0	46	6.7	0.34
Magnesium	45	6.5	17	2.5	0.29
Nikel	207	30.0	76	11.0	0.31
Baja	207	30.0	83	12.0	0.30
Titanium	107	15.5	45	6.5	0.34
Tungsten	407	59.0	160	23.2	0.28

Sumber: (Callister, 2013)



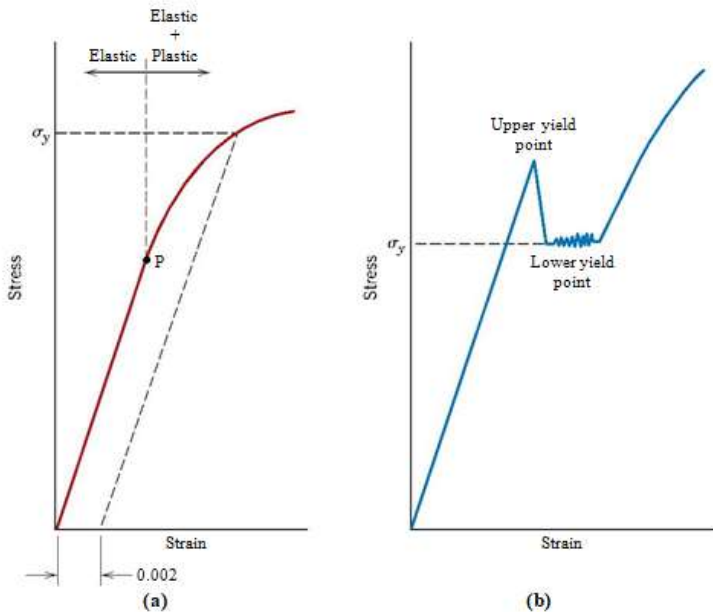
Gambar 4.4. Diagram skematik tegangan-regangan dengan deformasi elastis linear (Callister, 2013).

Modulus elastisitas atau disebut kekakuan, atau ketahanan material terhadap deformasi elastis. Modulus ini merupakan parameter penting dalam desain yang digunakan untuk menghitung defleksi elastis.

Deformasi elastis adalah perubahan yang terjadi pada suatu material apabila menerima beban dan jika beban tersebut yang bekerja dilepaskan maka material tersebut akan kembali seperti semula (deformasi elastis bersifat tidak permanen).

Deformasi Plastis: Deformasi plastis adalah perubahan yang terjadi pada suatu material apabila menerima beban, dan jika beban dilepaskan maka perubahan tersebut tidak dapat kembali seperti semula (deformasi plastis bersifat permanen). Material logam pada umumnya memiliki deformasi elastis hanya sampai pada regangan sekitar 0.005. dan jika material terdeformasi di atas regangan tersebut, maka tegangan yang terjadi tidak proporsional lagi terhadap regangan. Gambar 4.5 menunjukkan secara skematik tegangan-regangan tarik pada kondisi plastis untuk logam.

Yielding dan Tegangan Yield. Sebagian bahan yang menerima beban dan terus menerus meregang, nilai regangan bertambah, tegangan pula bertambah sebelum mencapai titik luluh atau batas elastis. Deformasi elastis akan terjadi saat beban bekerja, sehingga perlu diketahui besar tegangan saat deformasi plastis mulai terjadi atau ketika mulai timbul fenomena yield. Pada suatu bahan logam yang mengalami transisi elastis-plastis yang gradual, titik yield dapat ditandai dengan mulai terjadi perubahan dari garis linear kurva tegangan-regangan, disebut **titik proporsional**. Titik proporsional ditunjukkan dengan titik p pada gambar 4.5a. beberapa kasus, titik ini tidak bisa ditentukan dengan tepat. Sehingga untuk mengetahui titik yield dilakukan offset tegangan dengan menarik garis yang sejajar dengan garis lurus pada kurva tegangan-regangan pada jarak regangan 0,002. Perpotongan antara garis lurus ini dengan kurva tegangan-regangan tarik ditentukan sebagai nilai **tegangan yield (σ_y)**. (Callister, 1997)



Gambar 4.5. (a) Bentuk grafik tegangan-regangan tarik untuk logam dari elastis ke plastis yang memperlihatkan batas proporsional P , dan tegangan yield σ_y dihitung dengan offset regangan 0.002. (b) Gambaran tegangan-regangan tarik pada beberapa logam dengan yield point. (Callister, 2013).

Untuk material yang tidak memperlihatkan kurva tegangan-regangan yang linear pada kondisi elastis, secara praktis diambil pendekatan bahwa tegangan yield terjadi pada saat kondisi pembebanan menimbulkan besarnya regangan sebesar 0,005.

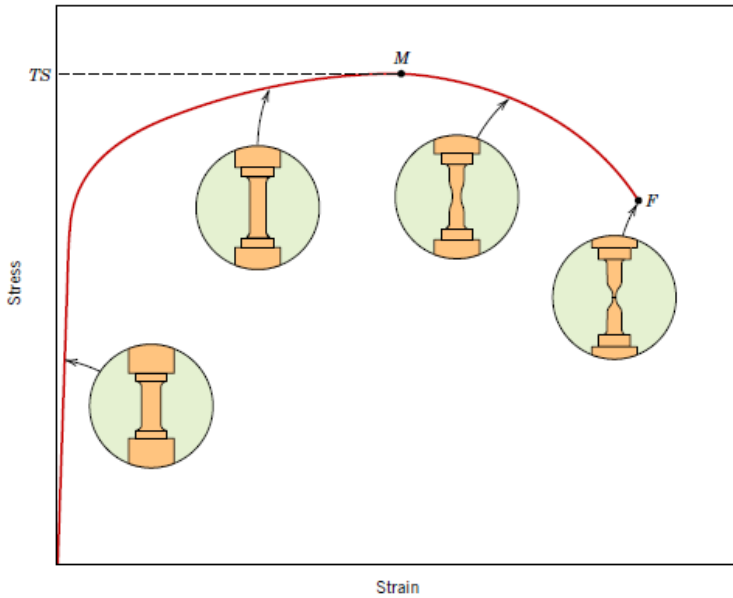
Sebagian material memperlihatkan kurva tegangan-regangan seperti terlihat pada gambar 4.5b. Transisi dari elastis ke plastis ditunjukkan dengan jelas fenomena yield. Pada titik yield tertinggi, deformasi plastis ditandai dengan penurunan tegangan secara aktual. Deformasi selanjutnya agak berfluktuasi pada suatu tingkat tegangan, yang dikenal dengan titik yield rendah. Untuk

logam yang memperlihatkan fenomena ini, tegangan yield diambil dari harga rata-rata tegangan pada titik yield rendah, sehingga tidak perlu dilakukan offset regangan.

Tegangan yield adalah besaran yang menunjukkan ketahanan logam terhadap deformasi plastis.

Tegangan Tarik. Setelah yielding, tegangan terus berlanjut menjadi deformasi plastis pada logam yang meningkat sampai mencapai titik maksimum, titik ***M*** pada gambar 4.6, dan selanjutnya menurun sampai material putus, titik ***F***.

Tegangan tarik (MPa atau Psi) adalah besarnya tegangan pada titik maksimum dari kurva tegangan regangan gambar 4.6. Ini menunjukkan besarnya tegangan yang dapat ditahan oleh material dalam struktur yang mengalami tarikan, jika tegangan ini terjadi dan berlangsung terus menerus maka akan terjadi kerusakan. Semua deformasi yang terjadi di atas titik ini adalah seragam pada semua titik spesimen tarik. Namun pada tegangan maksimum ini mulai terjadi fenomena ***necking*** (pengecilan penampang) pada satu titik dan konsentrasi tegangan mulai timbul pada necking tersebut, sebagaimana terlihat pada gambar 4.6. Putus pada spesimen kemudian terjadi pada titik necking tersebut.



Gambar 4.6. Bentuk tipikal grafik tegangan regangan tarik. Tegangan tarik ditunjukkan dengan titik **M** pada grafik. Lingkaran menunjukkan perubahan geometri spesimen akibat deformasi pada saat penarikan (Callister, 2013)

Ductility (Keuletan) adalah salah satu sifat mekanis yang penting. Ini diukur dengan melihat besarnya deformasi plastis yang terjadi sampai spesimen uji putus. Material yang memiliki sangat sedikit perubahan atau bahkan tidak ada deformasi plastis sampai putus disebut material rapuh (*brittle*). Keuletan dapat digambarkan secara kualitatif dalam bentuk persentase perpanjangan maupun persentase reduksi penampang. Persentase perpanjangan **% EL** adalah persentase regangan plastis pada saat spesimen uji putus, atau dituliskan dengan persamaan:

$$\%EL = \left(\frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100\% \quad (4.4)$$

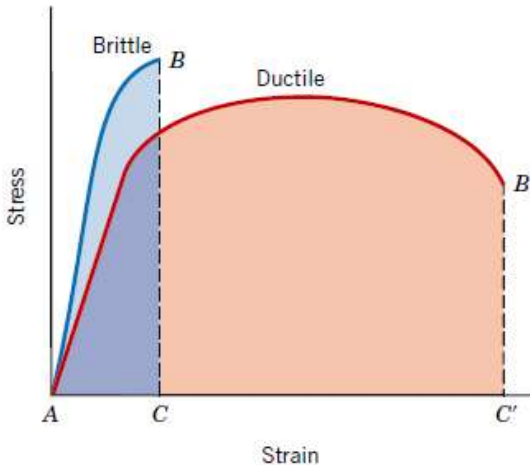
l_f adalah panjang spesimen saat putus dan l_0 adalah panjang spesimen mula-mula.

Persentase reduksi penampang didefinisikan sebagai:

$$\%AR = \left(\frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) \times 100\% \quad (4.5)$$

A_0 adalah luas penampang spesimen mula-mula dan A_f adalah luas penampang spesimen saat putus.

Dari pengujian tarik (tegangan-regangan tarik), diperoleh beberapa sifat mekanis yang penting untuk bahan.



Gambar 4.7. Representasi skematik tegangan-regangan tarik untuk material rapuh dan ulet yang mengalami pembebanan. (Callister, 2013)

Resilience adalah kemampuan material untuk menyerap energi ketika terdeformasi elastis, dan terjadi pemulihan energy (*energy recovered*) ketika beban dihilangkan, Sifat material ini disebut *Modulus of Resilience*, U_r , yaitu energi regangan persatuan volume yang dibutuhkan untuk tegangan material dari keadaan tanpa beban sampai ke titik yielding.

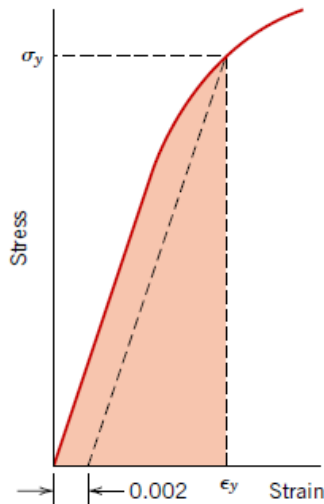
Secara komputasi, modulus resilience untuk spesimen tergantung pada uji tarik untuk daerah dibawah kurva tegangan-regangan sampai pada titik yielding (gambar 4.7), atau

$$U_r = \int_0^{\epsilon_y} \sigma \cdot d\epsilon \quad (4.6)$$

Asumsikan bahwa daerah elastis berupa garis linear, maka

$$U_r = \frac{1}{2} \sigma_y \cdot \epsilon_y = \frac{\sigma_y^2}{2E} \quad (4.7)$$

σ_y adalah regangan pada saat yielding. Satuan untuk resilience untuk SI adalah joule per meter kubik (J/m^3 , setara dengan Pa) dan untuk British adalah inci-pound gaya per inci kubik ($in-lb_f/in.^3$, setara dengan psi). Dari persamaan di atas terlihat bahwa, resilient material yang memiliki tegangan yield yang tinggi dan modulus elastis yang rendah; maka material tersebut cocok untuk digunakan sebagai bahan pegas.



Gambar 4.8. Representasi skematik modulus resilience (ditandai dengan area yang gelap) ditentukan dari kurva tegangan-regangan suatu material. (Callister, 2013)

Tegangan regangan sebenarnya. Kadang-kadang lebih benar jika digunakan grafik tegangan-regangan sebenarnya. Tegangan sebenarnya σ_T didefinisikan sebagai beban F dibagi dengan luas penampang sesaat A_i selama proses deformasi berlangsung (yaitu pengecilan penampang *neck* setelah tegangan maksimum).

$$\sigma_T = \frac{F}{A_i} \quad (4.8)$$

Selanjutnya untuk regangan sebenarnya juga dapat dituliskan sebagai

$$\varepsilon_T = \ln \frac{l_i}{l_0} \quad (4.9)$$

Jika tidak terjadi perubahan volume selama deformasi berlangsung, maka;

$$A_i l_i = A_0 l_0 \quad (4.10)$$

Sehingga hubungan antara tegangan-regangan teknik dengan tegangan-regangan sebenarnya adalah

$$\sigma_T = \sigma(1 + \varepsilon) \quad (4.11)$$

$$\varepsilon_T = \ln(1 + \varepsilon) \quad (4.12)$$

Kedua persamaan di atas hanya berlaku untuk daerah setelah terjadi *necking*; setelah titik ini, tegangan dan regangan sebenarnya harus dihitung dari beban aktual, luas penampang, dan panjang daerah pengukuran.

4.2.2 Kekuatan Tekan (*Compressive strength*)

Pengujian tekan merupakan pengujian yang digunakan untuk menguji material dengan memberikan beban tekan secara kontinu dan perlahan sampai bahan tersebut terjadi perubahan panjang menjadi pendek (deformasi) hingga material rusak. Uji tekan merupakan kebalikan arah dari pada pengujian tarik dan digunakan untuk mendapatkan beberapa sifat mekanis bahan yang penting dalam desain antara lain kekuatan tekan σ_c (*compressive*

strength), kekuatan luluh σ_y (*yield strength*), ketangguhan (*toughness*) dan keuletan (*Ductility*).

Tegangan teknik σ_c didefinisikan melalui hubungan :

$$\sigma_c = \frac{F}{A_0} \quad (4.13)$$

F adalah beban yang bekerja tegak lurus pada penampang spesimen, dalam satuan newton (N) atau pound gaya (lb_f), dan A_0 adalah luas penampang awal sebelum beban diberikan (m^2 atau $in.^2$). Satuan tegangan teknik (biasa hanya disebut tegangan) adalah megapascal, MPa (SI) ($1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ N/m}^2$), dan pound per inci kuadrat, psi ($1 \text{ MPa} = 145 \text{ psi}$).

Regangan teknik atau biasa hanya disebut regangan didefinisikan melalui hubungan :

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (4.14)$$

l_0 adalah panjang awal sebelum beban diberikan, dan l_i adalah perpanjangan seketika saat beban tekan diberikan.

Ductility (Keuletan) diukur dengan melihat besarnya deformasi plastis yang terjadi sampai spesimen uji rusak akibat tekan. Keuletan dapat digambarkan dalam bentuk persentase perpendekan ($\% EL$) maupun persentase reduksi penampang ($\% AR$) yakni :

$$\%EL = \left(\frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100\% \quad (4.15)$$

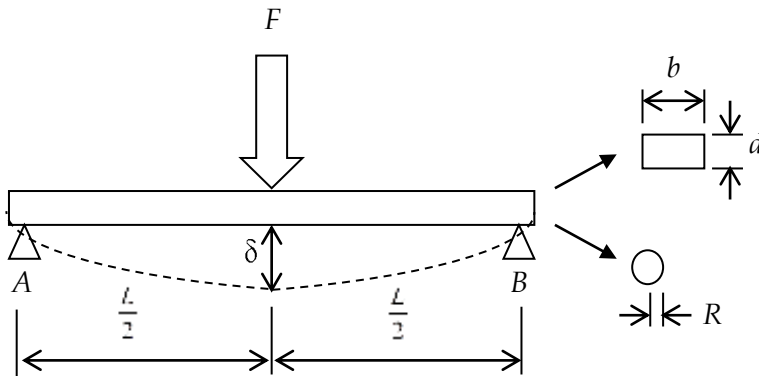
l_f adalah panjang spesimen saat terjadi tekan dan l_0 adalah panjang spesimen awal.

$$\%AR = \left(\frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) \times 100\% \quad (4.16)$$

A_0 adalah luas penampang spesimen awal dan A_f adalah luas penampang spesimen saat terjadi tekan.

4.2.3 Kekuatan Lengkung (*Bending strength*)

Pada pengujian ini bahan uji bisa berbentuk batang persegi empat pejal maupun batang bulat pejal yang diberikan beban penekan tepat pada pertengahan batang dan pada kedua ujungnya diberi tumpuan, pengujian ini dikenal dengan istilah teknik pembebanan tiga titik (*three-point loading technique*), dan ada pula (*four point loading technique*). Pada titik pembebanan di tengah batang, permukaan luar spesimen bagian atas akan mengalami tegangan tekan (ada perpendekan dimensi), sementara pada permukaan luar spesimen bagian bawah akan mengalami tegangan tarik (ada perpanjangan dimensi) dan pada pertengahan spesimen (bagian sumbu spesimen) tetap normal. Besarnya tegangan dihitung berdasarkan ketebalan spesimen, momen lentur, dan momen inersia penampang bahan uji; parameter-parameter ini diperlihatkan pada Gambar 4.9 baik untuk penampang bahan persegi empat maupun penampang bulat. Tegangan tarik maksimum terjadi pada permukaan terluar spesimen bagian bawah sejajar dengan sumbu beban penekan. (Zainuri, 2008)



Gambar 4.9. skema uji kekakuan

Besarnya tegangan lentur yang terjadi pada spesimen secara umum dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad (4.17)$$

Keterangan : M = momen lentur maksimum
 c = jarak ke sumbu spesimen
 I = momen inersia penampang
 σ = Tegangan lentur
 b = lebar spesimen uji
 d = tebal spesimen uji
 R = jari-jari spesimen

Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk kedua jenis bentuk penampang dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.2. Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk penampang bulat dan persegi empat.

Penampang	M	c	I	σ
Persegi empat	$\frac{F \cdot L}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{b \cdot d^3}{12}$	$\frac{3F \cdot L}{2b \cdot d^2}$
Bulat	$\frac{F \cdot L}{4}$	R	$\frac{\pi R^4}{4}$	$\frac{F \cdot L}{\pi R^3}$

Sumber : Callister, 1997

4.2.4 Kekuatan Impak (*Impact strength*)

Pengujian impak benda uji yang diberi takikan (*notch*). Besaran yang diukur dalam pengujian ini adalah harga impak (kerja persatuan luas). Pada umumnya bahan menunjukkan sifat getas pada temperatur rendah (misalnya : cryogenic temperature range). Dengan pengujian impak dapat ditentukan temperatur

transisi dari sifat ulet ke sifat getas. Besarnya energi impak dihitung dengan mengukur selisih tinggi ayun bandul sebelum dan sesudah terjadi impak.

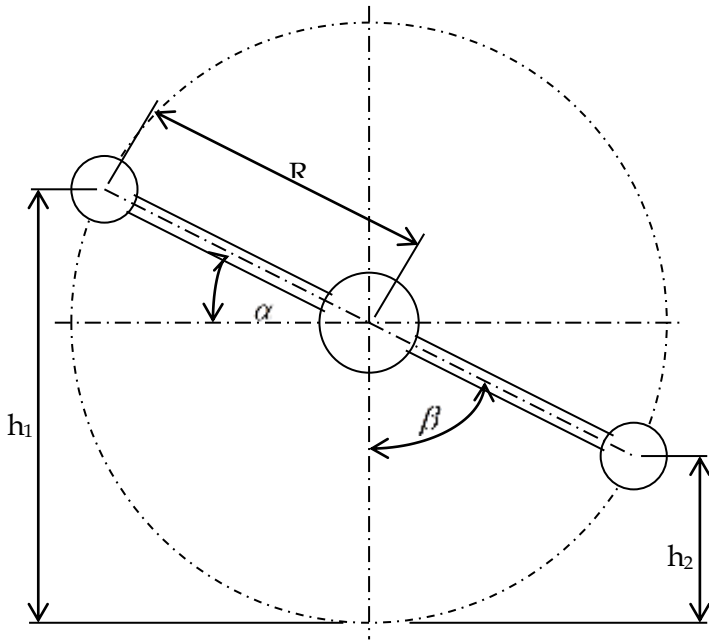
$$EI = m.g.(h_1 - h_2) \quad (4.18)$$

$$HI = \frac{EI}{A} \quad (4.19) \quad (2)$$

$$h_1 = R + R.\sin \alpha \quad (4.20) \quad (3)$$

$$h_2 = R - R.\cos \beta \quad (4.21) \quad (4)$$

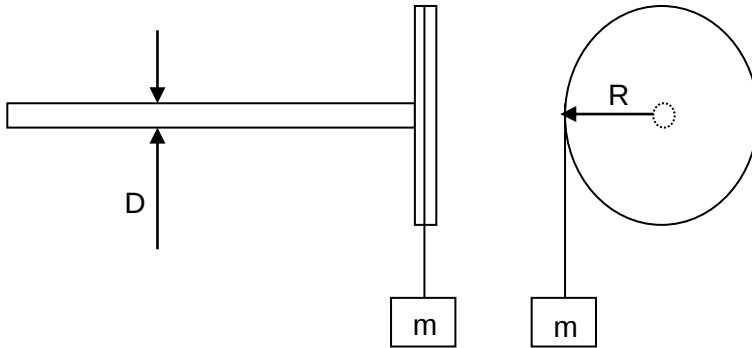
Keterangan :	EI	= energi Impak (Joule)
	m	= massa bandul (kg)
	g	= gaya gravitasi bumi (m/s ²)
	h ₁	= tinggi bandul awal (m)
	h ₂	= tinggi bandul setelah impak (m)
	HI	= harga Impak (J/mm ²)
	A	= luas penampang patahan (mm ²) = h
	x l	
	R	= panjang lengan ayun (m)
	α	= sudut sebelum tumbukan (derajat)
	β	= sudut sesudah tumbukan (derajat)



Gambar 4.10. proses uji impak

4.2.5 Kekuatan Puntir (*Torsion strength*)

Kekuatan puntir adalah didapatkan dengan melakukan pengujian pada bahan yang mengalami beban puntir. Keuntungan pengujian puntir adalah fenomena pengecilan setempat dan fenomena barelling tidak terjadi, serta reduksi penampang yang terjadi tidak terlalu besar. Selain untuk menentukan tegangan alir material, uji puntir dapat juga digunakan untuk mendapatkan kurva tegangan geser-regangan geser material.



Gambar 4.11. skema uji puntir

Besarnya momen puntir M_T dihitung dengan persamaan :

$$M_T = m \cdot R \quad (4.22)$$

Dimana; m: massa; R: jari-jari lingkaran

Besarnya tegangan geser τ dihitung dengan persamaan :

$$\tau = \frac{16M_T}{\pi D^3} \quad (4.23)$$

Dimana; D: diameter poros

Besarnya regangan geser γ dihitung dengan persamaan :

$$\gamma = \frac{\theta \cdot D}{2L} \quad (4.24)$$

Dimana: θ : Sudut puntir; L : panjang poros

Modulus Geser dihitung dengan persamaan :

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad (4.25)$$

4.3 Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan bahan, yaitu pengukuran ketahanan material terhadap deformasi plastis lokal (setempat) berupa bekas penekanan yang kecil atau goresan. Teknik pengujian kuantitatif digunakan *indentor*/penekan kecil yang ditekan ke dalam permukaan material yang diuji, di bawah pengaruh beban yang terkontrol dan lama penekanan tertentu. Kedalaman atau ukuran bekas penekanan kemudian diukur, yang kemudian dihubungkan sebagai angka kekerasan material; semakin lunak material, semakin besar dan semakin dalam bekas penekanan, dan semakin kecil angka kekerasannya.

Uji Kekerasan Rockwell

Uji kekerasan rockwell merupakan metode yang paling sering digunakan dalam uji kekerasan bahan karena mudah dilakukan dan tidak memerlukan keahlian khusus. Beberapa jenis skala bisa digunakan untuk berbagai jenis kombinasi pembebanan dan indentor yang digunakan, untuk setiap jenis logam dan paduannya, dari yang keras sampai yang lunak. Indentornya berbentuk bola baja yang dikeraskan dengan diameter 1/16, 1/8, 1/4 dan 1/2 in. (1.588, 3.175, 6.350 dan 12.70 mm) dan kerucut intan yang digunakan untuk logam keras.

Pengukuran kekerasan logam dengan sistem ini dihitung dengan melihat perbedaan kedalaman penekanan yang dihasilkan dari pembebanan minor yang dilanjutkan dengan pemberian beban mayor yang lebih besar; penggunaan beban minor ini meningkatkan kekakuratan pengujian. Berdasarkan besarnya beban mayor dan beban minor, jenis pengujian dibagi atas dua yaitu **Rockwell** dan **Superficial Rockwell**. Untuk Rockwell beban minornya 10 kg, beban mayornya 60, 100 dan 150 kg. Setiap skala ditandai dengan huruf alphabet; beberapa diantaranya diberikan dalam tabel ... sesuai dengan jenis indentor dan pembebanan. Superficial test menggunakan beban minor 3 kg, beban mayornya 15, 30 dan 45 kg. Skalanya ditandai dengan 15, 30 atau 45 (sesuai

beban), diikuti dengan N, T, W, X atau Y, tergantung pada jenis indenter. Superficial test biasanya digunakan untuk spesimen yang tipis. (Samnur, Badaruddin Anwar, 2022)

Dalam mengukur kekerasan bahan baik cara rockwell maupun superficial, harga kekerasan dan simbol skalanya harus diuliskan. Skalanya disimbolkan dengan HR diikuti dengan identifikasi skala yang sesuai. Misalnya 80 HRB menunjukkan angka kekerasan rockwell 80 pada skala B, dan 60 HR30W menandakan kekerasan superficial 60 pada skala 30W.

Pada setiap skala, range angka kekerasan bisa sampai 130; namun untuk angka kekerasan yang meningkat di atas 100 atau turun di bawah 20 pada setiap skala biasanya menjadi kurang akurat; dan karena skala-skala ini saling overlap, pada beberapa kondisi lebih baik untuk menggunakan skala lain yang lebih keras atau lebih lunak.

Peralatan uji kekerasan rockwell dapat berjalan secara otomatis, angka kekerasan langsung terbaca, dan setiap pengukuran membutuhkan waktu hanya beberapa detik. Peralatan modern juga memungkinkan variasi waktu dalam pemberian beban. Variabel-variabel ini harus diperhatikan dalam mendapatkan data kekerasan material.

Uji Kekerasan Brinell

Uji kekerasan Brinell, sebagaimana pada uji kekerasan Rockwell, juga menggunakan bola baja yang dikeraskan yang ditekan ke dalam permukaan material yang diuji. Diameter bola baja penekan yang dikeraskan (atau karbida tungsten) adalah 10.00 mm (0.394 in.). Standar beban bervariasi dari 500 sampai 3000 kg dengan kenaikan beban 500 kg. Selama pengujian, beban dijaga konstan untuk beberapa saat (antara 10 dan 30 detik). Material yang lebih keras membutuhkan penggunaan beban yang lebih besar. Angka kekerasan Brinell, HB, adalah fungsi dari besar beban dan diameter bekas penekanan yang dihasilkan (lihat tabel 1.4).

Diameter bekas penekanan ini diukur dengan mikroskop tegangan rendah, dengan melihat skala yang terdapat pada lubang pengamatan di mikroskop. Hasil pengukuran diameter tersebut kemudian dikonversi ke harga HB yang sesuai dengan menggunakan grafik; hanya satu skala yang menggunakan teknik ini, sementara yang lain dihitung dengan menggunakan persamaan. (Samnur, Badaruddin Anwar, 2022)

Tebal spesimen minimum dan posisi penekanan relatif terhadap tepi material dan jarak antara penekanan sama dengan uji kekerasan Rockwell. Selanjutnya, untuk mendapatkan hasil penekanan yang baik, permukaan material harus cukup halus dan rata.

Pada uji brinell kemungkinan terjadi *flatening*/gepeng pada indenter jika material uji cukup keras dan pada material uji yang lunak kemungkinan bisa terjadi *flow of material*, sehingga dalam pengujian harus hati-hati.

Uji Knoop dan Vickers Microhardness

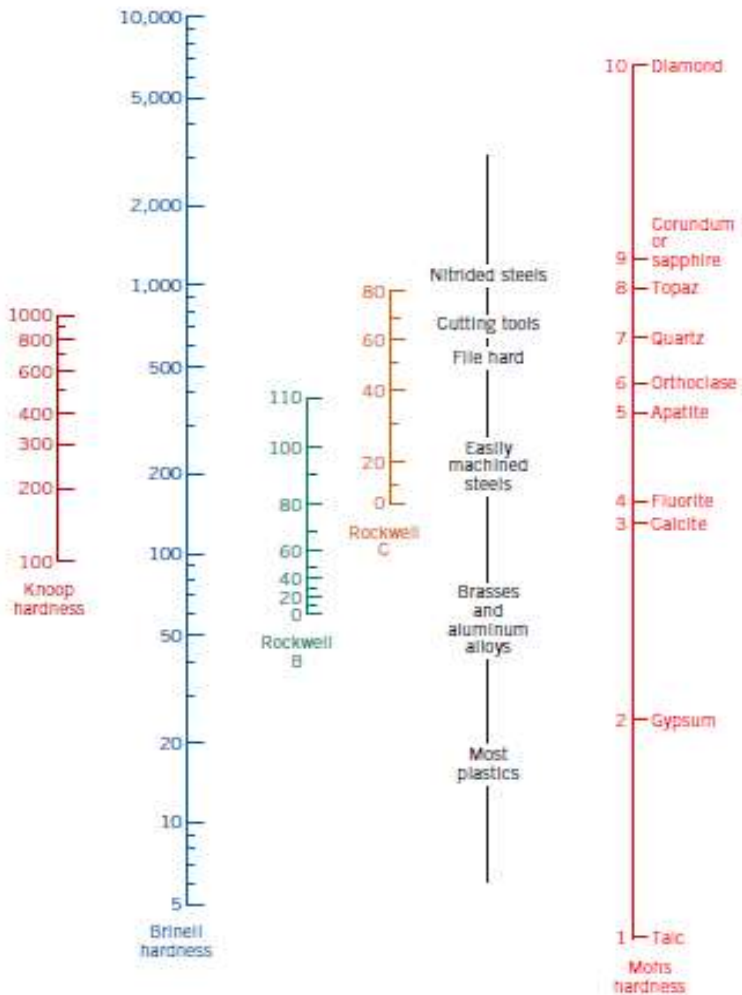
Dua teknik pengujian kekerasan yang lain adalah Knoop (dibaca *nuup*) dan Vickers (biasa juga disebut piramida intan). Pada setiap pengujian, indenter piramida intan yang sangat kecil ditekankan pada permukaan spesimen. Beban yang digunakan harus lebih kecil dari Rockwell dan Brinell, bervariasi antara 1 sampai 1000 gram. Bekas penekanan kemudian dilihat di bawah mikroskop dan diukur. Hasil pengukuran kemudian dikonversi menjadi angka kekerasan. Untuk pengujian ini, persiapan spesimen harus hati-hati (dengan digerinda dan dipolis) untuk mendapatkan permukaan yang halus dan rata sehingga hasil pengujian akurat. Kekerasan Knoop dan Vickers biasanya disimbolkan dengan HK dan HV, dan skala kekerasan keduanya hampir sama. Knoop dan Vickers disebut sebagai metode pengujian kekerasan mikro karena beban dan ukuran indenter yang kecil. Keduanya cocok untuk mengukur kekerasan spesimen yang kecil, pada titik tertentu.

Selain itu Knoop juga digunakan untuk mengukur kekerasan material yang rapuh seperti keramik. (Simanjuntak, 1999(b))

Selain ketiga metode pengujian kekerasan di atas, ada juga cara yang lain, namun tidak dibahas di sini antara lain : ultrasonic microhardness, dynamic (scleroscope), durometer (untuk material plastik dan elastomer), dan pengujian kekerasan gores.

Konversi Kekerasan

Angka kekerasan untuk setiap metode dapat dikonversi ke angka kekerasan yang lain. Konversi data kekerasan diperoleh dari eksperimen untuk beberapa tipe dan karakteristik material. Konversi data kekerasan untuk baja, beberapa diantaranya diperlihatkan pada gambar 4.12 untuk Knoop, Brinell dan dua skala Rockwell, skala Mohs. Tabel konversi yang lebih detail untuk logam dan paduan yang lain dapat dilihat pada ASTM Standard E 140 "*standard Hardness Conversion Tables for Metals*".



Gambar 4.12. Perbandingan angka kekerasan untuk beberapa jenis skala

Gambar 4.12 Perbandingan angka kekerasan untuk beberapa jenis skala. (Callister, 2013)

Test	Shape of Indentation			Formula for Hardness Number ^a
	Indenter	Side View	Top View	
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			$HV = 1.854P/d^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			$HK = 14.2P/b^2$
Rockwell and superficial Rockwell	Diamond { sized 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 in. diameter steel spheres		 60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg }	

^aFor the hardness formulas given, *P* (the applied load) is in kg, and *D*, *d*, *d*₁, and *l* are all in millimeters.

Source: Adapted from H. W. Haykin, W. G. Moffatt, and J. Wolff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. III, Mechanical Behavior, Copyright © 1965 by John Wiley & Sons, New York.

Tabel 4.3. Hardness-testing techniques

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W., 1997. *Material Science and Engineering*. USA: John Wiley & Sonc, Inc.
- Callister, W., 2013. *Materials Science and Engineering*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Hadi, S., 2016. *Teknologi Bahan*. Yogyakarta: Andi.
- Harsono, W. dan T. Okumura, 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Samnur, Badaruddin Anwar, 2022. *Pengujian Bahan Teknik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Simanjuntak, E., 1999(a). *Pengujian Mekanik dan Pengujian Tanpa Merusak*. Bandung: Polban.
- Simanjuntak, E., 1999(b). *Pengujian Mekanik dan Analisa Struktur Mikro*. Bandung: Polban.
- Tata Surdia, dan Shinroku, 1985. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: P.T. Pradnya Paramita.
- Vlack, L., 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta: Erlangga.
- Zainuri, M., 2008. *Kekuatan Bahan*. Yogyakarta: Andi.

BAB 5

RESISTANSI MATERIAL TEKNIK

Oleh St.Amina H.Umar

5.1 Pendahuluan

Material merupakan sumber potensial yang disediakan oleh alam dan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan hidup manusia yang terus berkembang mengikuti perkembangan peradaban ilmu pengetahuan dan teknologi. Dengan demikian berbagai macam sumberdaya alam yang dapat diolah dan di eksplorasi secara besar besaran, karena jauh sebelum revolusi industri manusia telah menyadari bahwa pemanfaatan material mampu mengubah pola hidup manusia. Oleh karena itu, peranan material sangat penting mengikuti perkembangan kehidupan manusia, ilmu pengetahuan dan teknologi. Material teknik adalah material yang dapat di gunakan secara langsung ataupun melalui proses perlakuan sehingga menjadi sebuah produk yang bisa di manfaatkan (Nasmi Herlina sari, 2018). Keanekaragaman kebutuhan akan sebuah produk dengan Kualitas ataupun kuantitas yang baik maka diperlukan juga aneka ragam dari material teknik sebagai material bahan bakunya. Karena semua material didapatkan dari alam maka untuk memudahkan dalam pemilihannya material teknik dapat dikelompokkan berdasarkan pemakaiannya, baik sebagai produk jadi maupun sebagai bahan baku. Pemakaian material disesuaikan dengan sifat dan karakteristik dari material tersebut.

Material teknik adalah material yang digunakan untuk menyusun sebuah benda yang digunakan untuk perekonomian dan perancangan dibidang teknik (St.Amina H.Umar, 2020).

5.2 Jenis jenis Resistansi

Dalam material teknik terdapat tiga jenis resistansi yaitu:

5.2.1 Resistansi Penghantar

Dalam resistansi penghantar terdapat tiga jenis resistansi berdasarkan penghantarnya yaitu:

1. Konduktor yaitu benda sebagai penghantar listrik yang baik karena mempunyai nilai resisitivitas yang rendah seperti besi, emas, tembaga, prak dan sejenisnya
2. Isolator, yaitu benda yang tidak memiliki sifat pengantar listrik karena memiliki nilai resisitivitas yang tinggi seperti kertas, plastik, karet dan kaca
3. Semikonduktor, yaitu benda yang memiliki kedua sifat pengahatar listrik yaitu konduktor dan isolator, seperti silikon dan germanium.

Pada dasarnya setiap bahan penghantar atau konduktor memiliki sifat yang menghambat arus listrik, besaran hambatan atau resistansi listrik pada suatu penghantar di pengaruhi oleh beberapa faktor:

- Jenis bahan, misalnya tembaga memiliki nilai resistansi yang lebih rendah dibanding dengan baja.
- Suhu, nilai resistansinya akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pada penghantar.
- Panjang penghantar, semakin panjang suatu penghantar maka semakin tinggi pula nilai resistansi yang dihasilkan.
- Luas penampang, dimana sekain kecil luas diameter suatu penghantar maka semakin tinggi nilai resistansinya.

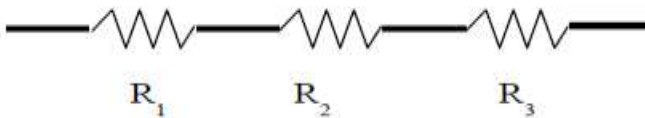
5.2.2 Resistansi Sambungan

Resistansi sambungan adalah hambatan atau resistansi yang terjadi karena penyambungan antar komponen dalam sebuah rangkaian, misalanya rangkaian resistor seri dimana rangkaian ini terhubung secara seri ketika dirangkai bersama dalam satu baris

sehingga arus umum mengalir melalui rangkaian tersebut. Resistor individu dapat di hubungkan bersama baik dalam koneksi seri , koneksi paralel ataupun kombinasi keduanya, untuk menghasilkan jaringan resistor yang lebih kompleks. Resistor seri dan paralel dapat diwakili oleh resistansi tunggal R_{req} yang dapat membantu dalam menganalisa sebuah rangkaian. Resistor digunakan untuk membatasi arus dalam rangkaian dan terkait dengan hukum Ohm ($I = V/R$) dimana nilai resistansinya yang lebih tinggi akan membuat arus lebih rendah. Contoh rangkakan resistor seri yaitu rangkaian yang terhubung dalam satu kabel dan memiliki arus yang sama , misal kita mempunyai tiga resistor dalam satu rangkakan seri R_1 , R_2 , dan R_3 , dengan persamaan matematikanya

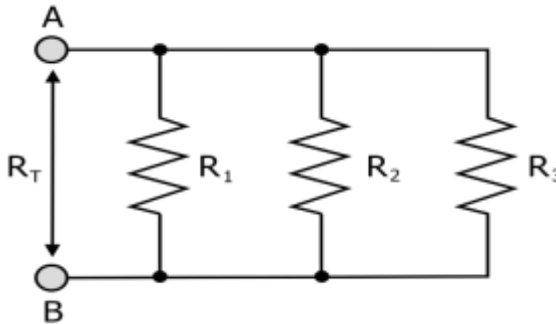
$$R = IR_1 = IR_2 = IR_3$$

$$R \text{ Total} = R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n$$



Gambar 5.1. Rangkaian Resistor Seri
(Sumber : <https://www.bing.com/images>)

Dan resistor paralel adalah rangkaian yang bisa membuat banyak cabang atau jalur arus dan merupakan pembagi arus sementara rangkaian seri sebagai pembagi tegangan adapun rumus dari resistor paralel, misal kita mempunyai tiga arus R_1, R_2, R_3 sepeti gambar berikut:



Gambar 5.2. Resistor dalam paralel
(Sumber: <https://www.bing.com/images>)

Maka persamaan matematikanya adalah:

$$V_{AB} = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3}$$

$$R_{total} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \dots + 1/R_n$$

Rumus ini berlaku untuk nilai hambatan masing masing resistor berbeda.

5.2.3 Resistansi Suhu

Resistansi suhu adalah hambatan atau nilai resistansi yang dapat di pengaruhi oleh naik turunnya suhu, jadi apabila suhu naik maka nilai hambatannya juga akan naik, contoh pada saat mengecas handphone yaitu semakin bertambahnya jumlah baterai maka kan terjadi penurunan dalam pengisian akibat terjadi overheat pada suhu handphone tersebut.

5.3 Konsep Resistansi Material

Jika dua buah konduktor memiliki beda potensial diantara keduanya dan dihubungkan dengan konduktor konduktor tersebut dengan batang tembaga maka akan menimbulkan arus yang besar tetapi jika di hubungkan dengan batang kaca maka hampir tidak ada arus yang mengalir, maka dari itu sifat sifat yang menentukan berapa arus yang mengalir itulah yang disebut

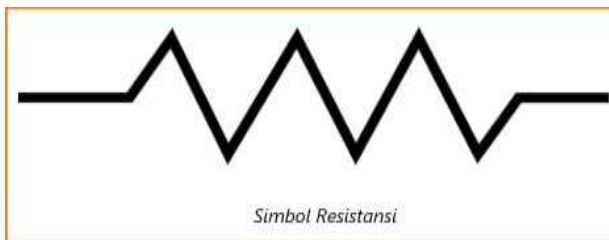
resistansi (Daryanto 2016). Oleh karena itu resistansi (hambatan) merupakan salah satu komponen penting dalam rangkaian elektronika, adapun pengertian dari resistansi itu adalah hambatan listrik atau indikator yang merupakan gaya yang melawan aliran arus. Pengertian lain dari resistansi adalah tahanan pada transistor yang merupakan komponen elektronik dua kutub yang didesain untuk menahan arus listrik dengan memproduksi tegangan listrik diantara kedua kutubnya, nilai tegangan terhadap resistansinya berbanding dengan arus yang mengalir, berdasarkan hukum ohm. Sehingga resistansi adalah perlawanan yang dilakukan suatu bahan terhadap aliran arus searah yang besarnya sama dengan penurunan tegangan pada bahan dibagi arus yang melaluinya (Georg simon ohm, 1787-1854). Nilai resistansi pada umumnya menggunakan satuan Ohm/ Omega(Ω), sedangkan satuan yang digunakan yaitu :

1 Giga Ohm = 1.000.000.000 Ohm (10^9 Ohm)

1 Mega Ohm = 1.000.000 Ohm (10^6 Ohm)

1 Kilo Ohm = 1.000 Ohm (10^3 Ohm)

Adapun simbol dari Resistansi atau hambatan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5.3. Simbol resistansi

(sumber: <https://abdulelektro.blogspot.com>)

Dalam sebuah rangkaian listrik sederhana resistansi(R) merupakan daya hambat listrik suatu material yang di aliri arus listrik, yang merupakan fungsi dan sifat dari material,serta ukuran

geometrinya. Untuk pemakaian bahan yang sama maka resistansi berbanding lurus dengan panjang(L) dan berbanding terbalik dengan luas penampang(A). Untuk menghilangkan ketergantungan harga resistansi terhadap ukuran material maka resistansi dinormalisasikan dengan membagi resistansi(R) dengan panjang(L). Ketika arus satu ampere mengalir melalui material yang memiliki beda potensial satu volt diatasnya maka resistansi material itu adalah satu ohm. Adapun rumus resistansi dari setiap material adalah:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Dimana :

R : Hambatan dalam ohm

ρ : Rho (hambatan jenis , Cu : 0,0175)

L : Panjang kabel/material dalam meter

A : Luas penampang dalam mm²

Resistansi atau hambatan berguna untuk mengatur besarnya kuat arus pada listrik yang mengalir pada suatu rangkaian. Dalam radio dan televisi resistansi berguna untuk menjaga kuat arus dan tegangan pada nilai tertentu dengan tujuan agar komponen komponen listrik lainnya dapat berfungsi dengan baik. Untuk mempermudah mengenal berbagai jenis logam dan resistansi atau hambatan jenisnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.1. Hambatan jenis beberapa zat

No	Zat	Hambatan jenis (ρ) pada 200 C (ohmmeter)
1.	Penghantar: • Perak • Tembaga • Aluminium • Tungsten • Nikel • Besi • Mangan	$1,8 \times 10^{-8}$ $1,7 \times 10^{-8}$ $2,8 \times 10^{-8}$ $5,6 \times 10^{-8}$ $6,8 \times 10^{-8}$ $1,0,0 \times 10^{-8}$ $44,0 \times 10^{-8}$
2	• Karbon Semi konduktor:	3500×10^{-8} 0,5
3	• Germanium • Karbon • Doiksid tembaga Isolator :	$3,5 \times 10^{-5}$ 1×10^3 $1010 - 1014$
	• Kaca • Karet	$1013 - 1016$

Sumber : Buku Konsep Teknik Elektronika Kelistrikan (Daryanto)

5.3.1 Hubungan Hukum Ohm dengan Resistansi

Ilmuwan jerman George Simon Ohm menemukan bahwa rasio atau perbandingan antara beda potensial dengan arus konduktor selalu tetap. Maka dari itu resistansi (hambatan) kebanyakan konduktor tidak berubah ketika besar atau arah potensial yang di berikan pada konduktor tersebut berubah. Alat yang mempunyai hambatan konstan dan tidak bergantung pada beda potensial dikatakan taat hukum Ohm. Sebagian besar konduktor logam taat pada hukum ohm namun ada beberapa alat yang penting tetapi tdk taat, misalnya radio transistor yang mempunyai piranti seperti transistor dan diode yang tidak taat pada hukum ohm.

Kabel yang digunakan untuk menghubungkan alat-alat listrik memiliki hambatan yang kecil. Misalnya satu meter kabel yang biasanya digunakan dalam praktik di laboratorium fisika biasanya memiliki hambatan sekitar 0,03 Ohm, sedangkan kabel yang digunakan untuk sambungan listrik pada instalasi rumah tangga, biasanya memiliki hambatan yang kecil yaitu 0,004 Ohm pada setiap meternya. Karena memiliki hambatan yang kecil, maka sepanjang kabel tersebut hampir tidak ada penurunan potensial. Karena untuk menghasilkan beda potensial maka diperlukan resistansi yang besar. Piranti yang disusun untuk mendapatkan hambatan yang dikehendaki yaitu resistor yang dibuat dari kawat tipis dan panjang.

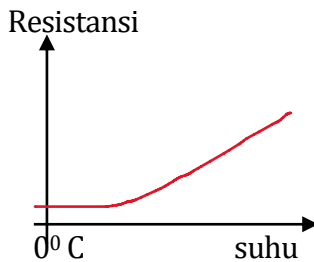
5.3.2 Resistansi dan Koefisien Suhu

Suatu penghantar juga mempunyai nilai resistansi, nilai resistansi pada penghantar sebanding dengan panjang kawat, sebanding dengan hambatan jenis kawat dan berbanding terbalik dengan luas penampang. Nilai hambatan juga dipengaruhi oleh suhu, dimana resistansi berubah pada material berdasarkan variasi suhu yang diberikan. Hubungan yang sangat utama antara suhu yang diubah dan suhu yang dimodifikasi dapat diberikan parameter yang disebut *Temperature Coefficient of resistansi (TCR)* yang ditandai dengan simbol α (alpha). Kenaikan suhu mengakibatkan hambatan penghantar yang secara umum bertambah hal ini disebabkan karena bertambahnya suhu yang mengakibatkan bertambahnya hambatan jenis suatu penghantar. Artinya nilai resistansi yang meningkat pada suhu yang makin naik akan menunjukkan karakteristik yang biasa disebut ***Positive Temperature Coefficient*** (PTC). Misalnya sebuah konduktor ketika suhu meningkat maka nilai resistansinya juga meningkat untuk paduan seperti konstanta dan manganin nilai resistansi cukup rendah pada kisaran suhu yang tertentu. Dalam konduktor logam,

pada saat suhu meningkat maka resistansi akan meningkat juga karena faktor faktor sebagai berikut :

- Langsung pada resistansi awal
- Naiknya suhu
- Berdasarkan kehidupan material

Tetapi tidak semua material memiliki PTC, hal ini dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 5.4. Nilai resistansi penghantar pada tingkatan suhu
Sumber : Buku Konsep Teknik Elektronika Kelistrikan (Daryanto)

Tetapi, sebaliknya nilai resistansi akan turun pada suhu yang semakin naik menunjukkan karakteristik yang disebut **Negative Temperature Coefficient (NTC)**. Bahan yang memiliki koefisien lebih rendah maka akan menunjukkan penurunan suhu dengan cepat. Bahan NTC banyak digunakan pada pembuatan pembatas arus, termistor dan sensor suhu.

Nilai hambatan atau resistansi pada sebuah konduktor dapat dihitung pada suhu tertentu dari data suhu. Pada TCR, sehingga koefisien suhu dari rumus resistansi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R = R_{\text{ref}} (1 + \alpha(T - T_{\text{ref}}...))$$

Dimana :

R = Resistansi pada T pada Temperatur atau suhu

R_{ref} = Resistansi pada temperatur atau suhu

A = TCR dari material

T = Suhu Material $^{\circ}\text{C}$

T_{ref} = Suhu referensi yang dinyatakan sebagai koefisien

Dalam TCR (koefisien suhu terhadap resistansi) konsisten dengan suhu 20°C , jadi biasanya suhu ini diambil sebagai suhu ruangan normal.

Tabel 5.2. Hambatan jenis dan koefisien pada suhu $^{\circ}\text{C}$

Bahan	Hambatan jenis (m)	Koefisien suhu ($^{\circ}\text{C}$) ⁻¹
Konduktor		
Perak	$1,59 \times 10^{-8}$	0,0061
Tembaga	$1,68 \times 10^{-8}$	0,0068
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$	0,0034
Aluminium	$2,65 \times 10^{-8}$	0,00429
Tungsten	$5,6 \times 10^{-8}$	0,0045
Besi	$9,7 \times 10^{-8}$	0,00651
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$	0,003927
Raksa	98×10^{-8}	0,0009

Sumber : buku konsep dasar teknik elektronika
kelistrikan(Daryanto)

Karena hambatan penghantar berbanding lurus dengan hambatan jenis maka mengalami perubahan suhu.

TCR resistor dapat ditentukan dengan menghitung nilai resistor dalam kisaran suhu yang sesuai. TCR dapat diukur ketika kemiringan normal dari nilai resistansi lebih besar dari kisaran ini. Untuk hubungan linier, ini sesuai karena koefisien suhu resistor stabil pada suhu berapa pun.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi Astuti. 2011, *Pengantar Teknik Elektro*, Yogyakarta : Garaha Ilmu
- Daryanto ,2016, *Konsep Dasar Teknik Elektronika Kelistrikan*, Bandung, Penerbit Alfabeta.
- Nasmi Herlina Sari, 2018, *Material Teknik*, Yogyakarta ,Penerbit Deepublish (group penerbit CV Budi Utama)
- Risky abadi, 2023, *Resistansi*, $\sqrt{\text{RESISTANSI}}$: Pengertian, Jenis, Rumus, Nilai, Simbol (thecityfoundry.com)
- St.Amina H.Umar, 2020, *Material Teknik*, Makassar, Yayasan barcode

BAB 6

KONSEP PESAWAT SEDERHANA

Oleh Nur Fuadah

6.1 Defenisi Pesawat Sederhana

Dalam kehidupan sehari-hari, beberapa pekerjaan yang dilakukan secara manual akan sulit diselesaikan dengan cepat apabila kita tidak menggunakan suatu peralatan. Peralatan yang dimaksud adalah pesawat sederhana. Pesawat sederhana secara umum merupakan suatu peralatan yang dapat memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya. Pesawat sederhana adalah sebuah alat mekanik yang dapat mengubah arah atau besaran dari suatu gaya. Jadi, secara umum alat ini disebut sebagai mekanisme paling sederhana yang memanfaatkan keuntungan mekanik untuk menggandakan gaya.

Sebuah pesawat sederhana menggunakan satu gaya kerja untuk bekerja melawan satu gaya beban. Kerja yang dilakukan merupakan hasil gaya dan jarak. Jumlah kerja yang dibutuhkan untuk mencapai sesuatu bersifat konstan, meskipun demikian jumlah gaya yang dibutuhkan untuk mencapai hal tersebut dapat dikurangi dengan menerapkan gaya yang lebih sedikit terhadap jarak yang lebih jauh. Jadi, peningkatan jarak akan mengurangi gaya yang dibutuhkan sehingga rasio antara gaya yang diberikan dengan gaya yang dihasilkan disebut dengan keuntungan mekanik. Adapun tujuan menggunakan pesawat sederhana adalah:

- Melipatgandakan gaya atau kemampuan manusia
- Mengubah arah gaya yang dilakukan manusia
- Menempuh jarak yang lebih jauh atau memperbesar kecepatan

6.2 Pengelompokan Pesawat Sederhana

Pesawat sederhana terbagi menjadi 3 yakni tuas, katrol, bidang miring dan roda berporos

6.2.1 Tuas/pengungkit

Tuas merupakan pesawat sederhana dengan wujudnya berupa batang penggerak yang memiliki titik tumpu sehingga mampu berputar pada suatu titik pada dirinya sendiri.

Adapun prinsip kerja dari tuas ini menggunakan beban berat sehingga dapat dipindahkan dengan mudah. Prinsip tuas ini berkaitan dengan lengan beban dan lengan kuasa yang mempengaruhi gaya yang dihasilkan. Dalam hal ini, sebuah gaya dapat diperkecil dengan memendekkan lengan beban. Pada saat lengan beban lebih pendek maka sebaliknya lengan kuasanya akan memanjang. Jika lengan kuasa semakin memanjang maka gaya yang dibutuhkan juga semakin kecil. Hal ini ditunjukkan pada persamaan 8.1 yang ada di bawah:

$$F \times Lk = w \times Lb \dots\dots\dots(6.1)$$

$$F = w \times \frac{Lb}{Lk}$$

Keterangan:

F = gaya kuasa (N)

w = beban (N)

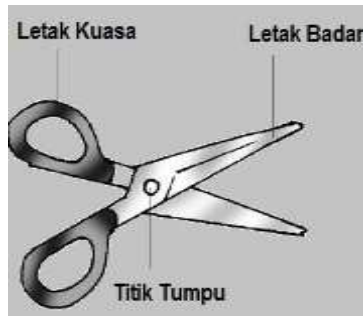
Lk = lengan kuasa (m)

Lb = lengan beban (m)

Berdasarkan dari persamaan di atas yang menitikberatkan pada gaya, titik tumpu dan beban maka tuas/pengungkit terbagi menjadi 3 yakni :

a) Tuas tingkat pertama

Yakni tuas dengan titik tumpu yang berada di antara lengan beban dan lengan kuasa. Contohnya: gunting, tang, linggis, jungkat-jungkit dan lain-lain.



Gambar 6.1. Tuas tingkat pertama

(Sumber : <https://sway.office.com/k6bH2eTTEzAULkVs>)

b) Tuas tingkat kedua

Yakni tuas yang memiliki titik beban diantara titik kuasa dan titik tumpu. Contohnya: pemecah kemiri, gerobak dorong, pembuka tutup botol dan lainnya.



Gambar 6.2. Tuas tingkat kedua

(Sumber: <https://artikelnesia.com/2012/09/04/lanjutan-pesawat-sederhana-tuas/>)

c) Tuas tingkat ketiga

Yakni tuas yang memiliki titik kuasa yang berada diantara titik beban dan titik tumpu. Contohnya: pemotong kuku, alat pancing, pinset dan masih banyak lagi.



Gambar 6.3. Tuas tingkat ketiga

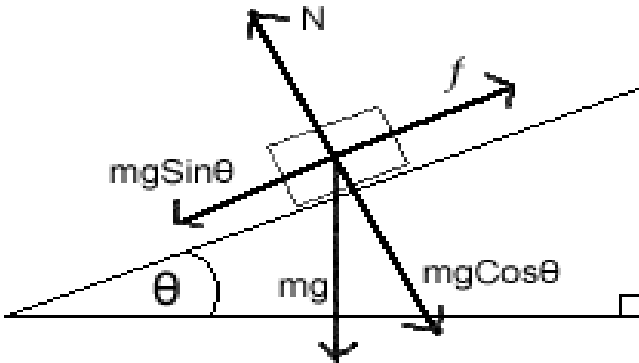
(Sumber : <https://kependidikan.com/pesawat-sederhana/>)

Pada awalnya, semua orang menggunakan tuas dalam beberapa bentuk, misalnya untuk memindahkan batu yang berat atau sebagai tongkat penggali untuk mengolah tanah. Prinsip tuas digunakan dalam *swape* atau *shadoof*, tuas panjang yang diputar di dekat salah satu ujungnya dengan platform atau wadah air yang digantung di lengan pendek dan pemberat yang dipasang di lengan panjang. Seorang pria dapat mengangkat beberapa kali beratnya sendiri dengan menarik lengan panjangnya. Perangkat ini dikatakan telah digunakan di Mesir dan India untuk menaikkan air dan mengangkat tentara di atas benteng sejak 1500 SM.

6.2.2 Bidang miring

Merupakan pesawat sederhana berupa bidang yang miring. Bidang ini terdiri dari permukaan miring yang digunakan untuk mengangkat beban yang berat. Bidang miring ini memberikan keuntungan mekanis karena gaya yang dibutuhkan untuk memindahkan objek ke atas bidang miring kurang dari berat yang dinaikkan (mengurangi gesekan). Semakin besar kemiringannya

maka semakin dekat gaya yang dibutuhkan sehingga mendekati berat sebenarnya.



Gambar 6.4. Gaya-gaya yang bekerja pada Bidang miring
(Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Bidang_miring)



Gambar 6.5. Bidang miring
(Sumber: <https://belajarmandiriyuk.com/macam-macam-pesawat-sederhana-dan-cara-kerjanya.html>)

Bidang miring banyak di dapati pada jalan landai dan jalan memutar balik, di mana gaya yang dibutuhkan kecil dengan jarak tempuh sepanjang lereng , memungkinkan untuk melakukan usaha yang besar. Di samping itu, bidang miring juga diterapkan pada sebuah benda seperti drum yang akan dinaikkan ke atas

mobil , dengan memposisikan sebuah permukaan datar yang dimiringkan dengan sudut kemiringan tertentu kemudian digerakkan di sepanjang permukaan tersebut sehingga posisinya berpindah dari posisi yang lebih rendah ke posisi yang lebih tinggi, atau sebaliknya.

Jadi, persamaannya yaitu:

$$F \times s = w \times h \dots\dots\dots(6.2)$$

Keterangan:

F = gaya (N)

s = panjang bidang miring (m)

w = beban (N)

h = tinggi bidang miring (m)

Adapun Keuntungan Mekanik untuk bidang miring adalah $KM = \frac{s}{h}$, dimana s = panjang bidang miring dan h = tinggi ujung bidang miring dari tanah.

Dalam bidang miring berlaku sebagai berikut:

- a) Semakin curam suatu bidang miring, maka gaya yang dibutuhkan semakin besar, akan tetapi jalan yang ditempuh akan lebih pendek ,
- b) Semakin landai bidang miring, maka gaya yang dibutuhkan semakin kecil , akan tetapi jalan yang ditempuh lebih panjang.

Penerapan prinsip bidang miring pada kehidupan sehari-hari

Prinsip kerja bidang miring digunakan pada pembuatan jalan-jalan di bukit dan pegunungan, sekrup, resleting, dan tangga.

Pada sekrup merupakan bidang miring karena batangnya mempunyai ulir heliks atau lintasan yang berputar miring. Jika sekrup diputar sekali maka kepala sekrup dan sumbu sekrup akan bergerak melingkar satu kali. Beberapa contoh penerapan bidang

miring dalam kehidupan sehari—hari seperti jalan berkelok, tangga, pisau, sekrup, resleting dan masih banyak lagi.

6.2.3 Katrol

Katrol adalah salah satu pesawat sederhana yang memiliki roda beralur atau penggerak roda yang berputar pada sumbunya, dirancang untuk mendukung pergerakan dan mengubah arah dari kabel atau sabuk yang dipasang atau mentransfer kekuatan antara penggerak roda dengan kabel. Adapun prinsip kerjanya adalah dapat mengubah arah gaya yang mengakibatkan beban dapat terangkat. Katrol sama halnya dengan tuas yang menitikberatkan pada gaya, titik tumpu dan beban. Katrol ini biasanya digunakan untuk menarik atau mengangkat benda yang berukuran berat.

Pada awalnya, katrol berasal dari Mesopotamia pada awal milenium ke-2 SM, dan Mesir Kuno pada zaman Dinasti Kedua Belas (1991–1802 SM). Di Mesir Romawi, Hero dari Aleksandria (s. 10–70 M) menyebut katrol sebagai salah satu dari pesawat sederhana yang dipakai untuk mengangkat beban.

Keuntungan mekanis adalah angka yang menunjukkan berapa kali pesawat sederhana menggandakan gaya. Keuntungan mekanis dapat dicari dengan cara menghitung perbandingan antara gaya beban dan gaya kuasa yang diberikan pada benda.

$$KM = \frac{\text{gaya beban}}{\text{gaya kuasa}} = \frac{F_B}{F_k} \dots\dots\dots (6.3)$$

Pada umumnya katrol dibagi menjadi 3 yaitu:

a) Katrol tetap

Katrol tetap adalah katrol yang dipasang pada suatu tempat tertentu dengan posisinya yang tidak berubah. Katrol tetap tidak mempengaruhi gaya yang timbul, tetapi hanya mengubah arah gaya. Arah gaya ke atas dapat diubah menjadi arah ke bawah. Katrol tetap memberikan kita kemudahan dalam melakukan pekerjaan. Beberapa

penerapan dari katrol tetap seperti katrol yang diletakkan pada tiang bendera, sangkar burung dan sumur timba. Adapun keuntungan mekanis dari katrol tetap ini , gaya kuasa sepenuhnya digunakan untuk menarik beban ($F = w$).
Jadi, keuntungan mekanisnya sama dengan 1.



Gambar 6.6. Katrol tetap
(Sumber: <https://edoo.id/2023/01/12/3-jenis-katrol-kegunaannya-dalam-kehidupan-sehari-hari/>)

b) Katrol bergerak atau katrol bebas

Merupakan katrol yang berubah posisi ketika digunakan. Katrol bebas diletakkan pada sebuah tali. Kemudian beban yang akan diangkat digantung langsung pada katrolnya. Pada katrol bebas, arah dari gaya kuasa selalu menuju ke atas dan gaya yang digunakan diperkecil menjadi $1/2$. Contohnya, apabila beban yang diangkat sebesar 60 kilogram maka dibutuhkan kuasa sebesar 30 kilogram. Katrol bebas banyak digunakan oleh pekerja di pabrik, pelabuhan, atau pedagang grosir lepas untuk memudahkan pekerjaannya.



Gambar 6.7. Katrol bebas

(Sumber: <https://edoo.id/2023/01/12/3-jenis-katrol-kegunaanya-dalam-kehidupan-sehari-hari/>)

c) Katrol majemuk/katrol berganda

Merupakan gabungan dari katrol bebas dan tetap. Keuntungan mekanisnya dapat dipengaruhi oleh banyaknya tali yang digunakan. Semakin banyak katrol yang digunakan, maka akan semakin mudah untuk mengangkat barang. Katrol majemuk atau berganda biasanya digunakan untuk mengangkat benda-benda yang cukup berat.



Gambar 6.8. Katrol majemuk

(Sumber: <https://edoo.id/2023/01/12/3-jenis-katrol-kegunaanya-dalam-kehidupan-sehari-hari/>)

d) Blok katrol majemuk atau blok katrol berganda

Blok katrol majemuk tersusun dari beberapa roda katrol yang disusun secara berdampingan dalam satu poros. Blok katrol majemuk/ berganda biasanya digunakan untuk mengangkat barang-barang peti kemas di pelabuhan laut atau mengangkat beban yang sangat berat.



Gambar 6.9. Blok Katrol majemuk

(Sumber : <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5973529/jenis-jenis-katrol-dan-contoh-penggunaannya>)

6.2.4 Roda berporos

Pesawat sederhana yang paling sering kita temui dan memudahkan mobilitas manusia setiap harinya adalah roda berporos. Roda berporos merupakan pesawat sederhana yang menggunakan roda dan punya tempat atau poros untuk roda agar dapat berputar. Dengan adanya roda, maka perpindahan benda lebih mudah tanpa perlu mengeluarkan banyak gaya dan dapat meningkatkan kecepatan. Pada umumnya, roda berporos digunakan untuk sarana transportasi seperti mobil, motor dan sepeda.

Adapun prinsip kerja roda berporos yakni gaya kuasa biasanya bekerja pada roda yang besar sedangkan gaya beban bekerja pada roda yang lebih kecil. Roda berporos memiliki fungsi untuk mempercepat gaya. Kecepatan dihasilkan dari perbandingan jari-jari roda terhadap jari-jari poros.

Persamaan dari keuntungan mekanis roda berporos dapat dituliskan sebagai berikut:

$$K_m = \frac{R_{roda}}{R_{poros}}(6.4)$$

Keterangan:

K_m	= Keuntungan mekanis
R_{roda}	= Jari-jari roda (m)
R_{poros}	= Jari-jari poros (m)

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menjumpai alat yang termasuk golongan roda berporos. Contohnya adalah gerobak, sepeda, setir mobil, bor tangan, gerinda, roda kendaraan dan masih banyak lagi.

6.3 Prinsip Kerja Pesawat Sederhana pada Sistem Gerak Manusia

Prinsip kerja pesawat sederhana pada otot dan rangka manusia adalah seperti sebuah pengungkit, di mana tulang sebagai lengan, sendi sebagai titik tumpu, dan kontraksi atau relaksasi otot memberikan gaya untuk menggerakkan bagian tubuh. Koordinasi otot dan tulang memiliki kesesuaian dengan prinsip pesawat sederhana.

Contoh lain prinsip kerja pesawat sederhana pada sistem gerak manusia adalah ketika bermain bulutangkis. Contoh pengungkit/tuas tingkat pertama yaitu terjadi ketika pemain bulu tangkis menggunakan otot leher untuk menengadahkan kepalanya kemudian tuas/pengungkit tingkat , kedua kondisi ini terjadi ketika otot betis pemain bulutangkis mengangkat beban tubuhnya dengan bertumpu pada jari kakinya, terakhir tuas/pengungkit tingkat ketiga yaitu terjadi ketika pemain bulutangkis menegangkan otot lengan dan bahu

6.4 Tokoh-tokoh pencetus pesawat sederhana

Beberapa tokoh dibawah ini merupakan pencetus lahirnya pesawat sederhana, anantara lain:

1. Hero of Alexandrius (10-70 SM) menjelaskan cara pembuatan dan penggunaan pesawat sederhana seperti katrol,kerekan, dan pengungkit
2. Archimedes (287-212 SM)
Merupakan penemu katrol, pengungkit dan sekrup
3. Al Jazari (1136- 1206 SM)
Menciptakan robot yang dapat memanfaatkan roda berporos dan tuas
4. Al Khazini (12 M)
Menjelaskan sifat pengungkit / tuas
5. Rober Hinchliffe (1761 M)
Merupakan penemu dari gunting secara modern
6. King Camp Gillete (1855-1932 M)
Merupakan penemu pisau cuku

DAFTAR PUSTAKA

- Afework, B., Hanania, J., Stenhouse, K., & Donev, J, 2018. *Lever*. Energi Education.
- Asimov, Isaac. 1988. *Understanding Physics*. New York: Barnes & Noble. hlm. 88. ISBN 0880292512
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Lever>
- https://id.wikipedia.org/wiki/Pesawat_sederhana
- <https://www.kompas.com/skola/read/2022/10/24/170000469/ro-da-berporos>
- https://id.wikipedia.org/wiki/Bidang_miring
- Jones, A. Z. 2019. *How does a lever work and what can it do?* Thought Co.
- Paul, Akshoy. 2005. *Mechanical Sciences: Engineering Mechanics and Strength of Materials*. Prentice Hall of India. hlm. 215. ISBN 8120326113. Diarsipkan dari versi asli tanggal 2008-04-20. Diakses tanggal 2011-07-17
- Stephen Wolfram, Wolfram Demonstrations Project : A Simple Lever
- Woodford, C. 2019. *Tools and simple machine*. Explain That Stuff.

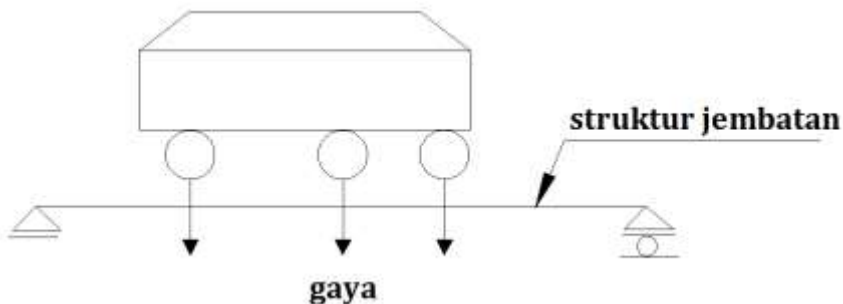
BAB 7

SISTEM GAYA DAN VEKTOR

Oleh Diah Sarasanty

7.1 Pendahuluan

Mekanik Teknik adalah cabang ilmu yang mengharuskan seorang *engineering* untuk memiliki pemahaman dasar, oleh karena itu gaya dan sifat-sifatnya harus diketahui di bidang ini karena sebagian besar dari apa yang dibicarakan di lapangan ini berfokus pada gaya. Oleh karena itu, seorang insinyur akan merasa lebih mudah untuk memahami masalah yang muncul dalam kuliah bidang teknik sipil dengan memahami fitur gaya. Sebuah mobil yang melintas adalah beban eksternal yang disajikan dengan gaya, sebagai contoh struktur jembatan. Suatu kendaraan yang terletak di atas suatu jembatan. Beban roda pada jembatan Tersebut adalah suatu beban atau gaya.



Gambar 7.1. Analisa Gaya
(Sumber : Suwarno, 1985)

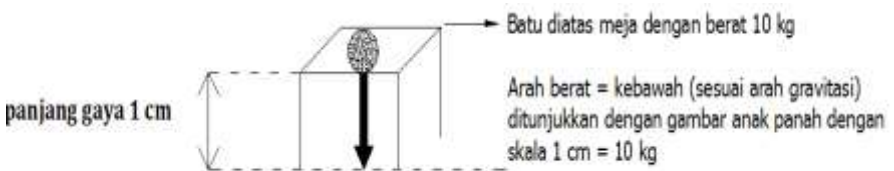
7.2 Pengertian tentang Gaya dan Garis Kerja gaya

Gaya adalah vektor yang memiliki ukuran dan arah. Ilustrasi biasanya adalah garis dengan panjang sesuai dengan skala yang ditentukan. Jadi panjang garis dapat diubah menjadi ukuran gaya. Deformasi suatu struktur disebabkan oleh gaya. Gaya ini diwakili sebagai vektor dan memiliki ukuran dan arah, sedangkan panjang vektor digunakan untuk membuktikan keunggulan mereka.



Gambar 7.2. Contoh 1 Analisa Gaya
(Sumber : Suwarno, 1985)'

Oleh karena itu, karena 1 cm sama dengan berat 50 kg, gaya yang dibuat oleh orang yang berdiri dengan arah turun gaya digambarkan sebagai gambar panah dengan panjang 1 cm.



Gambar 7.3. Contoh 2 Analisa Gaya
(Sumber : Suwarno, 1985)

Karena panjang 1 cm sama dengan 10 kg, gaya pada batu yang menekan di atas meja dengan arah gaya turun digambarkan sebagai gambar panah dengan panjang tersebut.

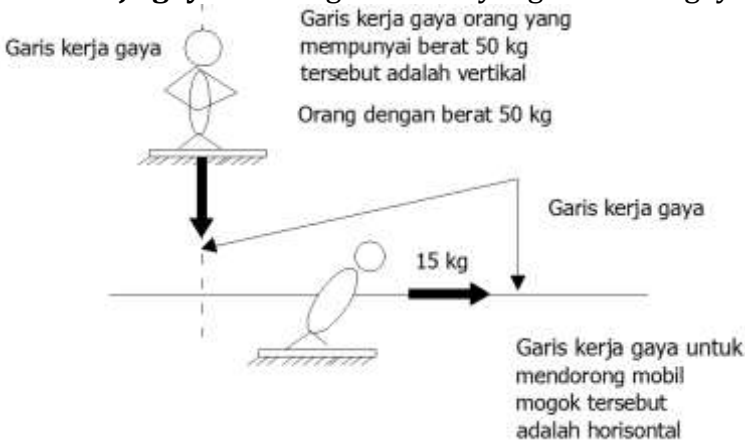


Gambar 7.4. Contoh 3 Analisa Gaya
(Sumber : Suwarno, 1985)

Gaya batu yang menekan ke bawah di atas meja diwakili sebagai gambar panah dengan panjang 1 cm, yang setara dengan 15 kg.

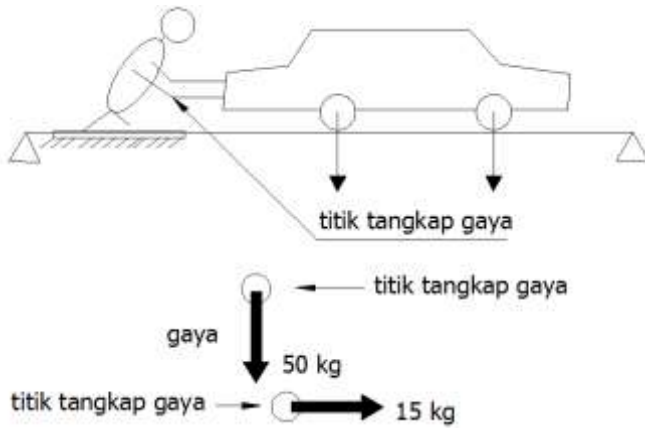
7.2.1 Definisi tentang Gaya dan Garis Kerja gaya

a) **Garis kerja gaya** adalah garis lurus yang melewati gaya



Gambar 7.5. Garis Kerja Gaya
(Sumber : Suparman, 1985)

b) **Titik penangkapan gaya adalah** titik awal dari gaya itu.
Contohnya : dorongan mobil pada jembatan, roda mobil serta fokus tangan orang yang mendorong adalah tangkapan gaya.

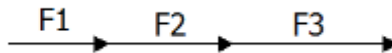


Gambar 7.5. Titik Tangkap Gaya
(Sumber : Suparman, 1985)

7.3 Macam Gaya

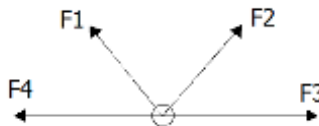
Dengan gaya dalam ilmu analisis struktural, gaya dibagi menjadi 3 (tiga), di antaranya sebagai berikut:

1. Gaya Kolinier adalah gaya yang garis kerja berada pada garis lurus.



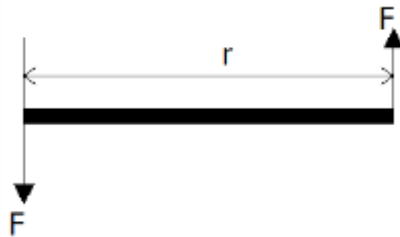
Gambar 7.6. Gaya Kolinier
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

2. Gaya kompetitor adalah gaya yang garis kerja dipotong pada satu titik.



Gambar 7.7. Gaya Kompetitor
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

3. Gaya Coplanar adalah gaya yang garis kerjanya terletak pada satu bidang.
4. Gaya Kopel adalah epasang gaya yang sama besar dan arah yang berlawanan yang bekerja pada batang (objek), akan menyebabkan momen pada batang.



Gambar 7.7. Gaya Kopel
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

7.4 Sifat Gaya

Dalam ruang kerja gaya, gaya dan titik penangkapan gaya dapat ditransfer atau dipindahkan pada awalnya. Contoh gaya termasuk K dan K1 dalam gambar.



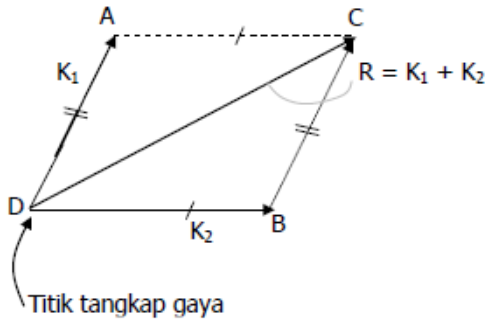
Gambar 7.8. Sifat Gaya
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

7.5 Resultan Gaya

Terkait resultan gaya apat dilakukan secara analitis atau grafis.

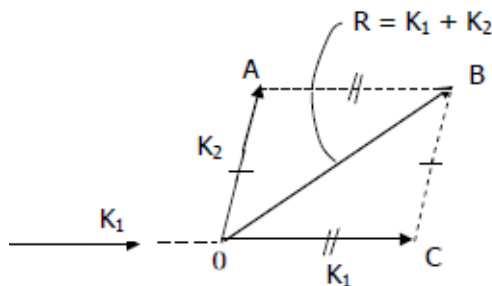
a) Penjumlahan secara grafis

Jumlah 2 gaya yang memiliki titik tangkapan yang sama, sehingga gaya adalah satu, dapat secara langsung disimpulkan secara grafis.



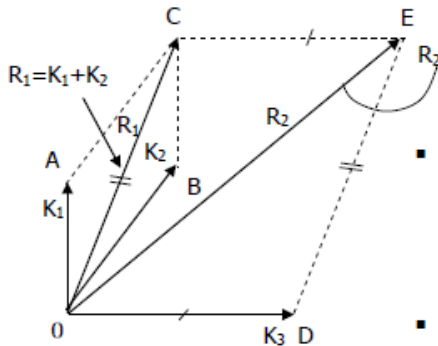
Gambar 7.9. Resultan Gaya
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

Dua gaya yang berbeda, tetapi titik penangkapan tidak sama. Gaya-gaya ini dapat dipindahkan di seluruh *workline* gaya.



Gambar 7.10. Resultan Gaya
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

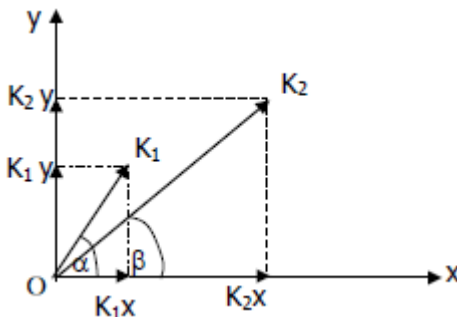
Mengumpulkan 3 gaya yang memiliki satu titik tangkap Aggregasi dapat dilakukan secara bertahap



Gambar 7.11. Resultan Gaya
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

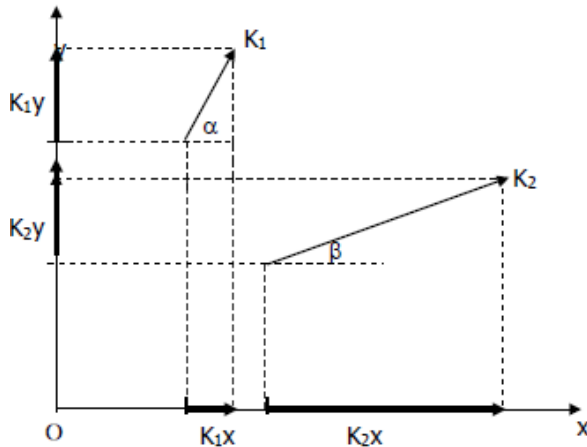
b) Penjumlahan secara analitis

Dalam ringkasan analitis kita perlu menentukan titik tengah (pendekatan lintas) koordinat, yang biasanya digunakan adalah sumbu O. Di persimpangan sumbu adalah gaya yang akan disimpulkan dan diproyeksikan.



Gambar 7.12. Resultan Gaya
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

Mengumpulkan 2 gaya dengan penempatan *catch point* yang berbeda



Gambar 7.13. Resultan Gaya
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

Semua komponen dalam arah lembu disusun bersama-sama serta yang dalam arah Oy.

$$R_x = K_{1x} + K_{2x} \quad R_x = \sum K_x$$

$$R_y = K_{1y} + K_{2y} \quad R_y = \sum K_y$$

Jumlah total gaya yang merupakan agregasi analitis dari komponen ini adalah:

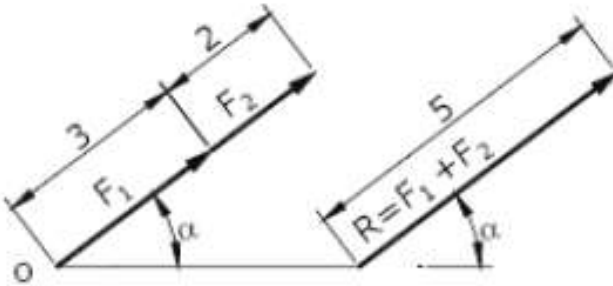
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

7.6 Vektor Resultan

Ide ini dapat membantu menyederhanakan masalah karena dapat digunakan untuk menggabungkan beberapa gaya yang berinteraksi dengan struktur menjadi satu gaya yang dihasilkan. Jumlah dan arah gaya tersebut mempengaruhi bagaimana gaya akhir dihitung. Berikut adalah beberapa pendekatan atau strategi untuk menghitung gaya yang dihasilkan:

1. Teknik penambahan dan pengurangan gaya vektor.

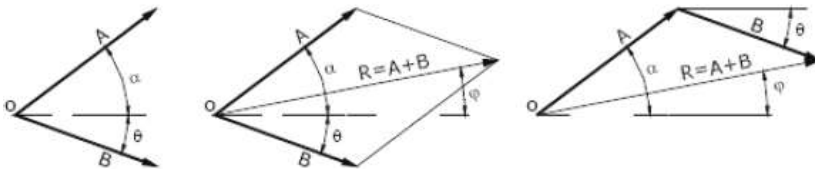
Pendekatan ini didasarkan pada gagasan bahwa, jika arahnya sama, dua atau lebih gaya yang ada di workline gaya yang sama baru dapat segera disusun atau dikurangi.



Gambar 7.14. Vektor Resultan
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

2. Teknik *Triangle* dan *Multi-Vector Design*

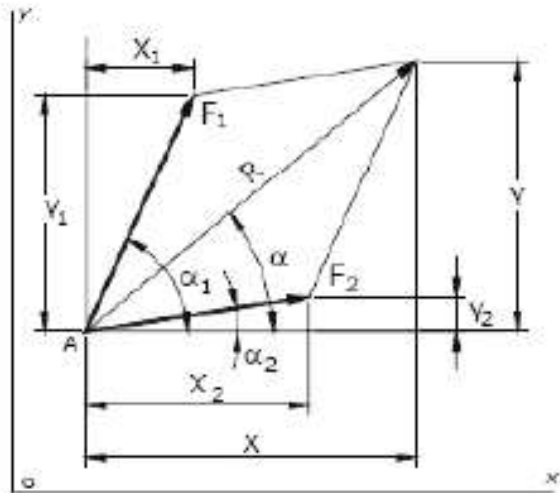
Pendekatan Paralelogram dan Gaya Segitiga dapat digunakan sebagai pengganti metode ini jika gaya kerja tidak baru. Pendekatan ini bekerja jika tidak ada banyak gaya yang berbeda, pendekatan ini bekerja.



Gambar 7.15. Vektor Resultan
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

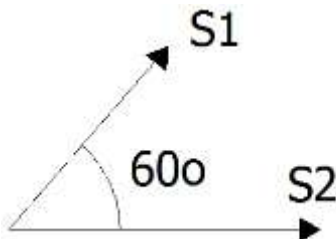
3. Teknik proyeksi vektor

Pendekatan proyeksi didasarkan pada gagasan bahwa jumlah proyeksi dari setiap komponen pada sumbu yang sama sama sama dengan proyeksi hasil dari dua vektor gaya pada masing-masing sumbu.



Gambar 7.16. Vektor Resultan
(Sumber : Samuel E. French, 1996)

7.7 Latihan



Dua desain dengan titik fokus yang sama seperti gambar. Dengan K_1 menjadi 5 ton dan K_2 menjadi 7 ton, sudut 60° diciptakan antara dua gaya. Analisis ukuran gaya ini (R) dan kemudian menentukan mereka secara grafis. $K_1 = 5$ ton dan $K_2 = 7$ ton, sudut yang dibentuk antara 2 gaya tersebut adalah 45° . Cari besarnya jumlah gaya-gaya tersebut (R) baik secara analitis maupun grafis.

DAFTAR PUSTAKA

- Samuel E. French. 1996. *“Determinate Structures” ITP (International Thomson Publishing Company) Bab I.*
- Suparman. 1985. *Mekanika Teknik I. Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.*
- Suwarno. 1985. *“Mekanika Teknik Statis Tertentu” UGM bab I.*

BAB 8

MOMEN dan KOPEL

Oleh Luluk Edahwati

8.1 Pendahuluan

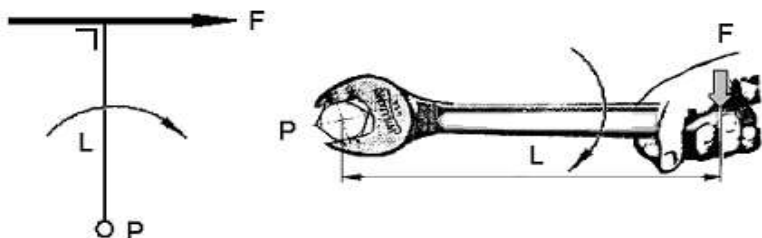
Sebuah produk dari alat atau mesin haruslah dibuat dengan ukuran-ukuran fisik tertentu serta mampu menahan gaya-gaya yang bekerja dan konstruksi dari alat atau mesin tersebut harus tahan lama agar tidak hancur atau rusak. Sebuah mesin dianggap stabil bila struktur berada dalam kesetimbangan atau dalam keadaan ajeg, kesetimbangan dicapai bila gaya vertikal dan horizontal yang bekerja pada mesin adalah nol, dan jumlah momen yang bekerja pada mesin pada setiap titik kumpul juga nol. Mekanika merupakan mata kuliah yang paling penting untuk dikuasai oleh mahasiswa teknik, khususnya di bidang teknik mesin. Para ahli dari berbagai bidang seperti kelistrikan, konversi energi dan pembuatan bentuk mesin atau alat yang akan diproduksi dilibatkan dalam perencanaan, mulai dari perancangan mesin hingga pelaksanaan pembuatannya. Mekanika adalah cabang fisika yang mempelajari benda diam atau bergerak/aksi gaya (Meriam, J. L. 2011).

Istilah statis juga dikenal dalam mekanika teknik. Statika merupakan bagian dari ilmu mekanika teknik yang mempelajari semua benda statis atau statis, sedangkan ilmu yang mempelajari segala sesuatu yang bergerak disebut ilmu dinamika. Kedua bagian tersebut memiliki dua persamaan yaitu kekuatan yang ditimbulkan dan arah pergerakannya. Hanya dalam ilmu statika ada ketentuan khusus mengenai pergerakan ini, yaitu pergerakan $v = 0$ karena bendanya diam / statis. Hal ini berarti, bahwa dalam ilmu statika gaya-gaya yang ditimbulkan atau bekerja pada benda yang diam,

dengan keadaan pergerakan = nol. Salah satu contoh dalam kehidupan sehari-hari seperti pada tangkai pengungkit batu, dimana gaya-gaya yang dibangkitkan/bekerja pada tuas (dimana jarak antara gaya dan benda = momen) saling menutupi, sehingga semua gaya akan seimbang. Oleh karena itu ilmu statika disebut juga ilmu keseimbangan gaya atau disingkat ilmu keseimbangan saja.

8.2 Momen

Dalam berbagai ilmu Teknik terdapat berbagai macam alat yang penggunaannya untuk meringankan suatu pekerjaan, misalnya memutar baut atau mur yaitu dengan cara memutar mur atau baut tersebut, bagaimana bila membuka mur atau baut dilakukan dengan tidak menggunakan bantuan alat ? tentu sulit. Dengan demikian supaya mudah dalam membuka mur atau baut tersebut maka diperlukan alat bantu, salah satunya kunci inggris. Akan tetapi gaya yang diberikan pada kunci inggris tersebut akan berbeda. Panjang pendeknya tangkai dari kunci inggris untuk memutar satu macam baut pasti terdapat perbedaan. Panjang pendeknya tangkai dari kunci inggris yang merupakan salah satu alat untuk membuka mur akan berpengaruh terhadap mudah atau tidaknya saat membuka mur tersebut, jika batang kunci inggris yang digunakan panjang maka semakin mudah membuka baut dibandingkan dengan batang kunci yang pendek, hal tersebut dikarenakan momen. Dengan demikian yang dimaksud dengan momen adalah besarnya gaya yang didapat dikalikan dengan jarak antara gaya dan titik (Putu Susastriawan, 2022).



Gambar 8.1 momen
(Sumber : Mekanika Teknik)

$$M = F \times L \dots\dots\dots (1)$$

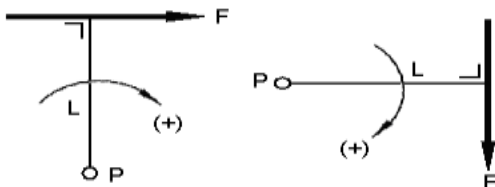
Dimana M = momen

F = gaya

L = jarak dari gaya terhadap titik P

Menurut arah putarnya momen dibagi menjadi dua;

- a. Momen positif terjadi apabila arah putarnya searah dengan jarum jam atau kekanan.



Gambar 8.2. momen positif
(Sumber : Mekanika Teknik)

- b. Momen negatif adalah momen yang putarannya berlawanan arah dengan jarum jam atau kekiri.

$$R \cdot \sin \gamma = P \cdot \sin \alpha + Q \cdot \sin \beta \dots\dots\dots (4)$$

Dengan menggunakan persamaan (4) maka persamaan (2) dapat ditulis sebagai berikut

$$AD = R \cdot \sin \gamma \dots\dots\dots (5)$$

$$AB = P \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (6)$$

$$BD = Q \cdot \sin \beta \dots\dots\dots (7)$$

Jika persamaan (5) – (7) dikalikan dengan Oa , akan didapat

$$R \cdot \sin \gamma \cdot Oa = P \cdot \sin \alpha \cdot Oa + Q \cdot \sin \beta \cdot Oa$$

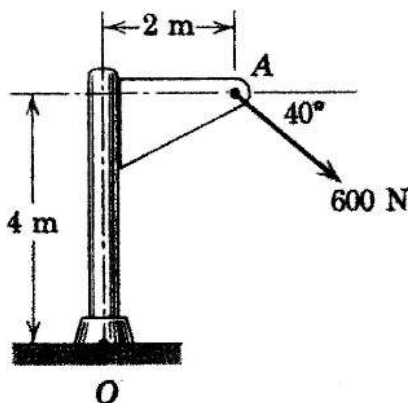
$$R \cdot r = P \cdot p + Q \cdot q \dots\dots\dots (8)$$

Dari persamaan (8) terbukti bahwa besarnya momen dari suatu gaya (R) terhadap titik (A) = ($R \cdot r$) mempunyai jumlah momen yang sama dengan komponen-komponen penyusun gayanya, dapat ditulis ($P \cdot p + Q \cdot q$)

Persamaan (8) dapat juga digunakan untuk komponen gaya-gaya lebih dari dua.

Contoh;

1. Berapakah besarnya suatu momen yang bekerja pada terhadap titik pangkal O dengan gaya sebesar 600 N.



Penyelesaian :

Ingat M (momen) = gaya x jarak

Dari contoh diatas dapat digunakan 2 cara penyelesaian.

Cara 1

Dengan cara menjabarkan gaya-gaya yang bekerja ke arah sumbu x dan y.

$$F_x = 600 \cdot \cos 40^\circ = 460 \text{ N}$$

$$F_y = 600 \cdot \sin 40^\circ = 386 \text{ N}$$

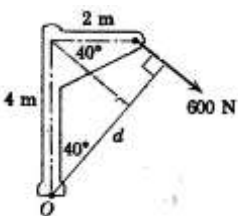
Dengan menggunakan teorema Varignon, besarnya momen terhadap titik O adalah :

$$\begin{aligned} M &= F_x (4) + F_y (2) \\ &= 460 (4) + 386 (2) \\ &= 2610 \text{ N} \end{aligned}$$

Cara 2

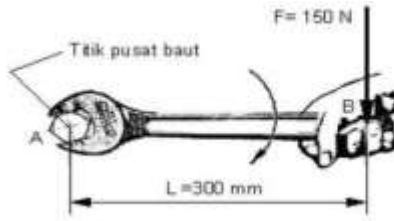
Dengan cara mengalikan gaya dengan jarak tegak lurusnya. Gambar dari soal diatas diuraikan berdasarkan komponen nya.

$40^\circ = 4,35 \text{ m}$
Nm



$M = F \times d$
dimana $d = 4 \cos 40^\circ + 2 \sin$
 $M = F \times d = 600 (4,35) = 2610$

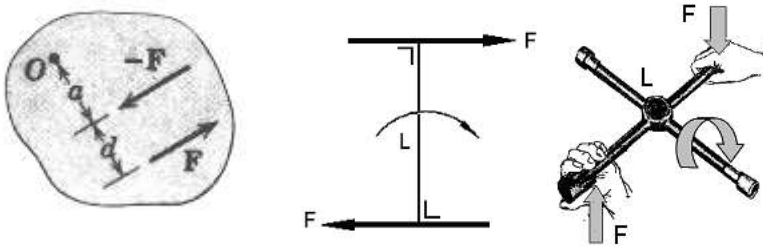
2. Sebuah kunci pas akan digunakan untuk memutar baut yang mengikat gaya sebesar 150 N. Hitung besarnya momen yang terjadi pada pusat baut. Diketahui panjang kunci pas 300 mm



Penyelesaian: panjang batang kunci pas (L) = 30 mm = 0.3 m
 Gaya yang mengikat kunci pas (F) = 150 N
 Besarnya momen yang terjadi di pusat baut (M_A) = $F \times L$
 $= 150 \times 0,3$
 $= 45 \text{ Nm}$

8.3 Kopel

Dihasilkan oleh dua gaya sama besar, berbeda arah, dan tidak kolinier (memiliki garis kerja sejajar). Kita lihat gambar di bawah (gambar 8.5) dimana terdapat 2 gaya yang sama besar dan berlawanan yaitu F dan $-F$ yang dipisahkan oleh jarak d .



Gambar 8.5. Momen Kopel
 (Sumber : Mekanika Teknik)

Kedua gaya ini tidak mungkin bisa digabungkan menjadi satu gaya dikarenakan semua gaya yang terbentuk dalam arah yang sama akan sama dengan nol. Pengaruh kedua gaya ini akan

menghasilkan kecenderungan untuk berotasi. Momen gabungan akibat kedua gaya tersebut terhadap sebuah sumbu yang tegak lurus pada bidangnya dan melalui pusat / titik O disebut kopel M (kopel terhadap Momen / momen kopel). Besarnya kopel M atau momen kopel adalah:

$$M = F(a + d) - F \cdot a \dots\dots\dots (9)$$

Karena memiliki besaran dan arah, kopel merupakan besaran vektor. Dengan demikian dalam menghitung momen kopel harus didasarkan pada posisi benda saat berputar. Berikut merupakan sifat dasar momen kopel:

- Bentuk momen kopel bernilai negatif jika arah berputar searah jarum jam.



Gambar 8.6. momen kopel searah jarum jam
(Sumber : Mekanika Teknik)

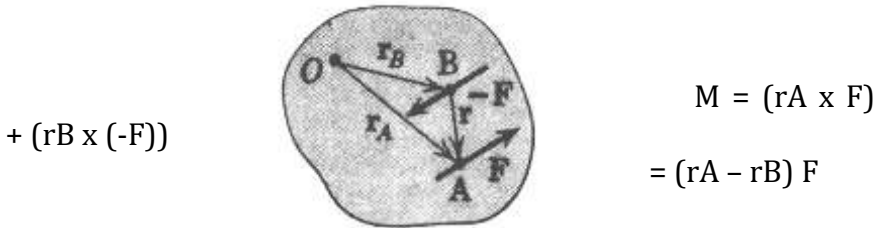
- Momen kopel mempunyai nilai positif apabila berputar berlawanan arah dengan putaran jarum jam.



Gambar 8.7 momen kopel berlawanan arah dengan jarum jam
(Sumber : Mekanika Teknik)

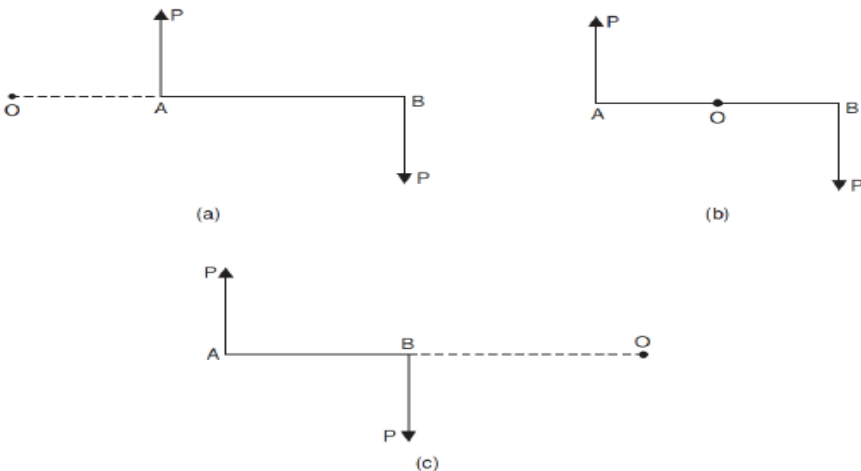
Besarnya momen kopel dapat juga dicari dengan cara vektor, rotasi perkalian silang, momen gabungan terhadap titik O

akibat gaya-gaya yang membentuk kopel dapat dicari sebagai berikut :



Gambar 8.8. aljabar vektor momen kopel
(Sumber : Mekanika Teknik)

Secara aljabar dari jumlah momen gaya yang membentuk kopel pada titik lain dalam bidang yang sama akan selalu tetap. Dapat dibuktikan dengan cara seperti dalam gambar di bawah.



Gambar 8.9. penjumlahan dari momen-momen gaya pembentuk kopel terhadap titik
(Sumber : Mekanika Teknik)

Dari gambar 8.9 (a) momen gaya terhadap O sebesar

$$= (P \times OB) - (P \times OA)$$

$$= P(OB - OA)$$

$$= P \times AB$$

gambar 8.9 (b) besarnya momen gaya terhadap

$$O = (P \times OB) + (P \times OA)$$

$$= P(OB + OA)$$

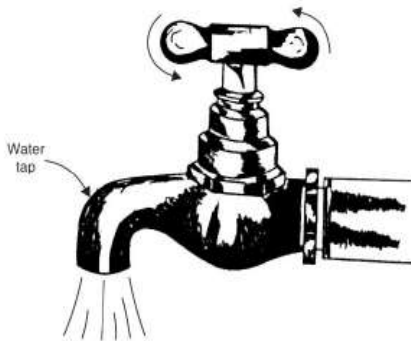
$$= P \times AB$$

Berdasarkan gambar 8.9 (c) besarnya momen gaya terhadap O = $(P \times OA) - (P \times OB)$

$$= P(OA - OB)$$

$$= P \times AB$$

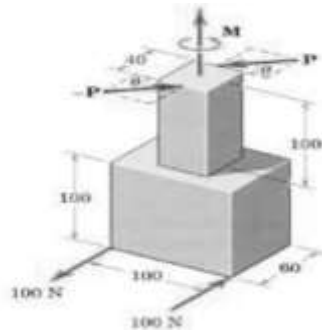
Dari ketiga gambar diatas dapat disimpulkan bahwa jumlah momen gaya yang membentuk kopel dibeberapa titik manapun pada bidang yang sama akan selalu tetap. Salah satu contoh kopel dalam kehidupan sehari-hari diantaranya kegiatan membuka dan menutup keran air, dalam gambar ini diperlihatkan dua gaya pembentuk kopel



Gambar 8.10. momen kopel dari prinsip kerja kran air
(Sumber : Mekanika Teknik)

Contoh:

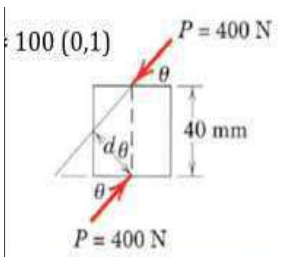
Suatu kopel sebesar 100 N akan digantikan oleh kopel P yang mempunyai gaya sebesar 400N. Tentukan besarnya sudut θ yang ditimbulkan oleh kopel P



Gambar 8.11. momen kopel
(Sumber diktat Mekanika teknik)

Penyelesaian :

Gambar 8.11 dapat disederhanakan sebagai berikut



$$F_1 = F_2$$

$$400 \cdot \cos \theta (0,04) = 100 (0,1)$$

$$16 \cos \theta = 10$$

$$\cos \theta = 10/16$$

$$\theta = 51,3^\circ$$

8.4 Momen Dan Keseimbangan

Keseimbangan terjadi apabila suatu kelompok gaya yang mempunyai *titik tangkap sama dengan arah berbeda*, maka

* Komponen gaya yang terjadi di sumbu X = nol ($\Sigma X = 0$);

* Sedangkan jumlah gaya pada sumbu Y = nol ($\Sigma Y = 0$).

Untuk gaya dengan titik tangkap yang berbeda, dimana titik tangkap gaya satu dengan gaya lainnya memiliki jarak tertentu , yang menyebabkan sebuah momen nilai $\Sigma X = 0$, $\Sigma Y = 0$. Dengan demikian jumlah gaya jika titik tangkap yang dimiliki berlainan selain mempunyai nilai $\Sigma X = 0$, $\Sigma Y = 0$ maka jumlah total momen

yang terjadi dinotasikan dengan $\Sigma M = 0$. Besarnya gaya reaksi akibat adanya reaksi dapat digambarkan seperti berikut;



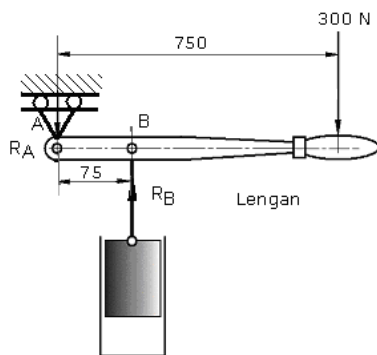
Gambar 8.12. gaya aksi dan reaksi
(Sumber buku SMK Mekanika Teknik)

Dimana :

- o Gaya reaksi merupakan gaya yang timbul dari perlawanan dengan gaya aksi
- o Besarnya gaya reaksi akan sama dengan jumlah gaya aksinya
- o Total gaya aksi dan gaya reaksi = 0

Contoh :

Suatu tuas dari pompa digunakan untuk menekan torak , jika gaya yang terdapat didalam tuas adalah 300 N dan panjang lengan = 750 mm , jarak antara engsel dengan batang torak 75 mm, hitunglah gaya yang bekerja pada batang torak dan gaya reaksi pada tumpuan A



Gambar 8.13. aplikasi momen dan kesetimbangan
(Sumber buku SMK Mekanika Teknik)

Penyelesaian :

Dalam keadaan seimbang jumlah momen yang terdapat pada titik A = 0 ($\Sigma M = 0$).

Pertama dicari dahulu besarnya gaya dari R_B

$$300 \times 750 - R_B \times 75 + R_A \times 0 = 0$$

$$225000 - 75 R_B = 0$$

$$R_B = 3000N$$

Dalam keadaan seimbang jumlah gaya yang ditimbulkan oleh R_A adalah:

$$\Sigma Y = 0$$

$$R_B - 300 - R_A = 0$$

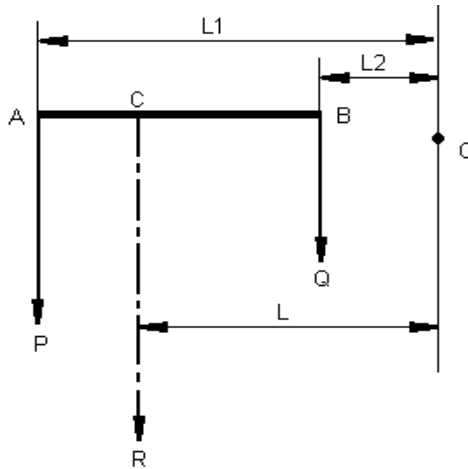
$$3000 - 300 - R_A = 0$$

$$R_A = 2700N$$

8.5 Menentukan resultan titik tangkap menggunakan momen

Sebuah benda yang tersusun dari beberapa komponen pasti akan mempunyai berat. **Hasil** (jumlah) **massa** partikel-partikel kecil tentu akan menghasilkan **gravitasi** yang disebut titik **pengumpulan (collection point)**. Titik tangkap yang dihasilkan disebut **pusat gravitasi benda**. Selanjutnya dapat dijelaskan bahwa yang dimaksud dengan **titik berat suatu benda** adalah *jumlah gaya berat yang ditimbulkan oleh partikel penyusun benda tersebut*. Penentuan ini dilakukan apabila gaya-gaya yang ditimbulkan dari suatu momen *mempunyai arah yang sama akan tetapi titik tangkapnya berlainan*. Cara menghitungnya dapat dilakukan dengan analisa dan cara lukisan.

Dalam gambar 8.14 diminta untuk menentukan resultan dari gaya-gaya yang ditimbulkan.



Gambar 8.14. resultan gaya dengan arah yang sama
(Sumber buku SMK Mekanika Teknik)

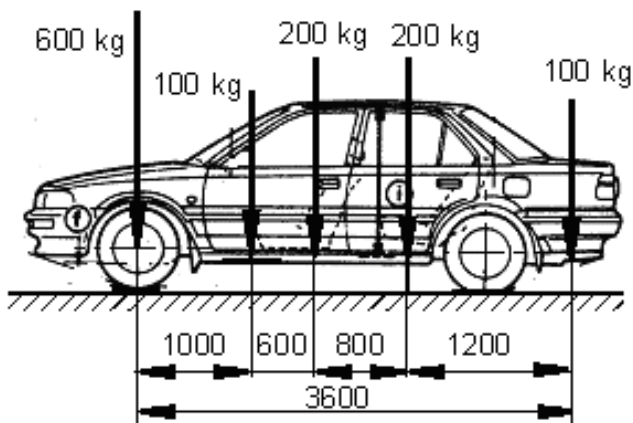
Resultan dari titik tangkap gambar 8.14 yaitu menggunakan *jumlah momen gaya terhadap suatu titik akan sama dengan gaya resultan (jumlah gaya) x jarak terhadap titik tersebut.*

$$R = P + Q$$

$$R.L = P.L_1 + Q.L_2 \quad \text{atau} \quad L = \frac{P.L_1 + Q.L_2}{R}$$

Contoh soal:

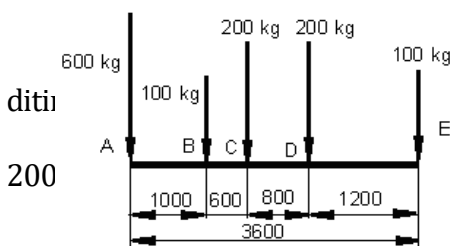
Dari gambar dibawah akan dihitung besarnya resultan dan titik tangkap dari komponen-komponen gaya tersebut.



Gambar 8.15. komponen gaya
(Sumber buku SMK Mekanika Teknik)

Penyelesaian:

Dari gambar 8.15 dapat disederhanakan sebagai berikut



Jumlah gaya-gaya yang

$$(R) = 600 + 100 + 200 +$$

$$= 1200 \text{ kg}$$

Berikutnya akan dicari posisi titik tangkap / titik berat (F) dengan jarak L.

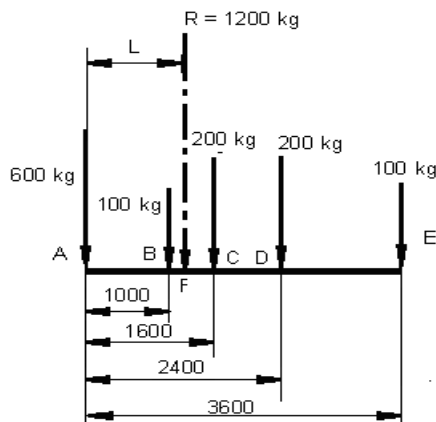
$$(600 \times 0) + (100 \times 1000) + (200 \times 1600) + (200 \times 2400) + (100 \times 3600) = R \cdot L$$

$$0 + 100.000 + 320.000 + 480.000 + 360.000 = 1200 \times L$$

$$1260.000 = 1200 \times L$$

$$L = 1050 \text{ mm}$$

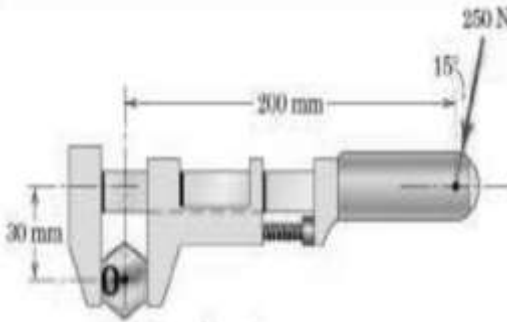
Jadi titik tangkap (F) terletak sepanjang 1050 mm dari A (Gambar 8.16).



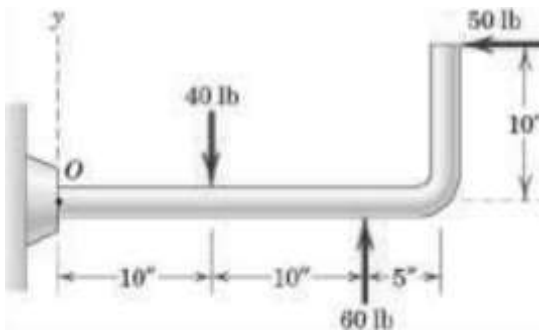
Gambar 8.16. resultan titik tangkap
(Sumber Mekanika Teknik)

SOAL

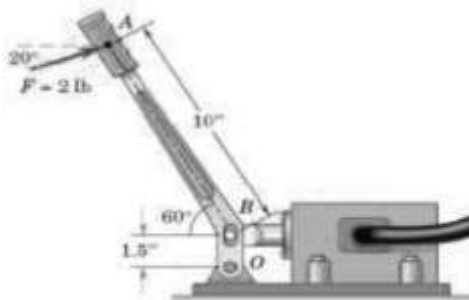
1. Dari gambar dibawah (gambar a, b, dan c) tentukan besarnya momen yang terjadi pada titik O.



Gambar a

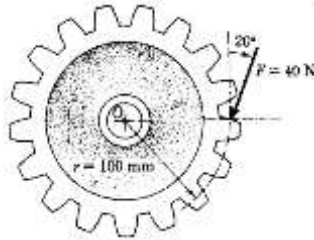


Gambar b

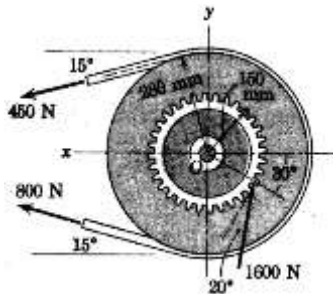


Gambar c

2. Sebuah roda gigi mempunyai gaya sebesar 40N. Berapakah besarnya momen jika gaya F dibebankan pada titik O, sudut kemiringan dari gaya F 20°. Radius pusat roda terhadap gerigi sebesar 100 mm (lihat gambar).



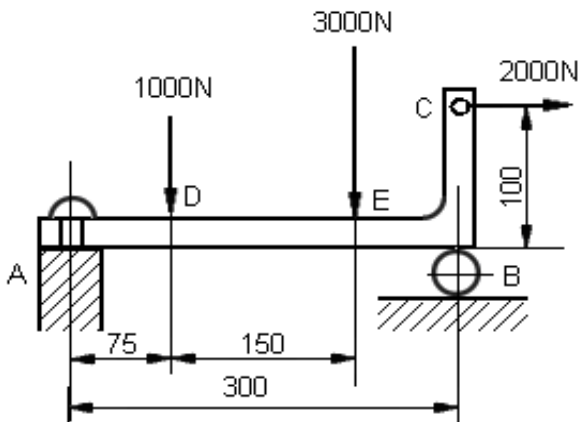
3. Sepasang belt dipasang pada roda gigi yang akan berputar berlawanan arah dengan jarum jam. Besarnya beban yang terdapat pada roda gigi 1600 N, kekuatan tarik pada belt sebesar 800 N dan 450 N. Dari peristiwa ini apakah sistem tersebut dapat berjalan lambat atau cepat.



4. Sebuah plat panjang dibentuk sudut seperti yang terlihat pada gambar disamping. Titik A dilakukan penjepitan sedangkan bagian B bertumpu pada sebuah roll. Plat diberi beban sebesar 1000 N (= titik D) dan 3000 N (= titik E), beban D dan E mengarah kebawah sedangkan pada titik C diberi beban sebesar 2000N yang mempunyai arah mendatar ke sebelah kanan. Diketahui jarak titik A ke titik

$D = 75 \text{ mm}$; dari titik D ke titik E = 75 mm , sedangkan jarak A ke B = 300 mm dan jarak B ke C = 100 mm . Semua proses pemberian beban posisinya sama besar.

Tentukan gaya reaksi yang ditimbulkan oleh tumpuan B juga A (R_B , R_{AV} dan R_{AH}).



DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus Purna Irawan. 2007. 'Diktat Kuliah Mekanika Teknik (Statika Struktur)', *Diktat*, pp.1–88.
- Dr. A. A. Putu Susastriawan, ST., M. T. 2022. *Mekanika teknik*.
- Imani, R. 2021. *pengetahuan dasar statika dan analisis gaya-gaya dalam lainnya*.
- Khurmi, R. S. and Gupta, J. K. 2005. 'a Textbook of', *Garden*, (I), p. 14.
- Meriam, J. L. & Kraige, L. G. 2011. *Engineering Mechanics, book*.
- Widiyanto and Yogaswara, E. 2013. *Mekanika Teknik*.

BAB 9

KESEIMBANGAN PARTIKEL

Oleh Eka Murdani

9.1 Pendahuluan

Keseimbangan adalah suatu kondisi benda dengan resultan vektor gaya dan resultan vektor momen gaya sama dengan nol. Keseimbangan benda sangat penting untuk dipelajari karena banyak sekali kegunaannya, antara lain dalam bidang teknik, olahraga, dan medis (Awrejcewicz, 2012; Serway, 2018).

Keseimbangan merupakan konsep yang sangat erat kaitannya dengan kenyamanan hidup manusia. Dalam tubuh manusia saja konsep keseimbangan itu ada. Manusia bisa berjalan dengan keseimbangan terjadi pada saat diam (statis). Contoh keseimbangan statis lainnya adalah semua bangunan baik rumah maupun gedung, jalan raya, jembatan, bandara, pelabuhan dan benda diam lainnya. Benda yang bergerak lurus beraturan yang mempunyai kecepatan konstan disebut pula seimbang dalam hal ini keseimbangan dinamis, contohnya gerak elektron, gerak planet, gerak rotasi bumi, gerak kipas angin pada volume satu dan gerak benda lainnya dengan kecepatan konstan (Browne, 2013; Sussman, 2015; Deriglazov, 2016; Serway, 2018).

Keseimbangan pada sebuah benda partikel dapat dianggap sebagai suatu keseimbangan pada suatu titik. Partikel dianggap sebagai suatu benda yang diabaikan massanya, atau dianggap sebagai benda titik atau titik materi. Semua gaya yang bekerja pada benda dianggap bekerja pada titik tersebut. Syarat keseimbangan statiknya jika resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut sama dengan nol (Walker, 2014; Abdullah, 2016; Serway, 2018).

9.2 Pengertian Keseimbangan Partikel

Benda-benda di bumi ini banyak dipengaruhi oleh medan gravitasi bumi. Artinya pada benda tersebut mendapat pengaruh atau bekerja gaya gravitasi bumi. Jika benda-benda tersebut diam, maka pasti ada gaya lain yang juga bekerja padanya sehingga resultan gaya atau gaya total sama dengan nol. Sebuah benda yang diam di atas meja misalnya mempunyai gaya yang bekerja padanya, gaya gravitasi ke bawah dan gaya normal yang diberikan meja ke atas pada benda tersebut. Karena resultan gaya sama dengan nol, maka gaya ke atas yang diberikan oleh meja haruslah sama besarnya dengan gaya gravitasi bumi yang bekerja ke bawah. Benda seperti itu dikatakan dalam keadaan setimbang atau seimbang di bawah pengaruh kedua gaya ini (*equilibrium*: bahasa latin untuk “gaya-gaya yang sama besar dan berlawanan arah” atau “kesetimbangan atau keseimbangan gaya”) (Giancoli, 2014; Abdullah, 2016; Serway, 2018).

Pada Bab 9 ini kita hanya membahas keseimbangan gaya yang terjadi pada suatu benda yang biasanya disederhanakan menjadi benda titik (kesetimbangan translasi) bukan benda yang memiliki ukuran tertentu tanpa efek rotasi (kesetimbangan rotasi) yang tinjauannya akan menjadi sedikit lebih rumit akan memperhitungkan gerak pusat massa, gaya, lengan gaya, torka (momen gaya) dan momen inersia dari benda tersebut. Keseimbangan benda titik ini kemudian dikenal dengan istilah keseimbangan partikel yang tinjauan kita hanya pada resultan gaya yang bekerja pada benda titik tersebut berdasarkan hukum-hukum Newton. Resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol (setimbang) tidak hanya menyebabkan benda diam namun bisa saja benda tersebut bergerak tapi dengan kecepatan tetap (tidak dipercepat dan tidak juga diperlambat). Pada bagian berikutnya akan kita bahas lebih lanjut.

Dari uraian di atas tampak dengan jelas dan tegas bahwa terdapat dua macam kesetimbangan benda yaitu kesetimbangan

translasi dan kesetimbangan rotasi. Kesetimbangan translasi terdiri atas kesetimbangan statis dan kesetimbangan dinamis. Pada bagian ini kita akan banyak mengupas kesetimbangan translasi pada benda titik atau partikel dan sedikit menyinggung kesetimbangan rotasi yang berlaku pada benda berukuran tertentu yang mempunyai efek rotasi.

9.3 Syarat Kesetimbangan Partikel

Agar sebuah benda diam, resultan vektor gaya yang bekerja padanya harus sama dengan nol. Karena gaya merupakan vektor, maka komponen-komponen vektor gaya masing-masing harus sama dengan nol. Dengan demikian, syarat kesetimbangan harus memenuhi: (Giancoli, 2014; Hewitt, 2014; Walker, 2014; Abdullah, 2016; Halliday, 2016; Serway, 2018)

$$\sum \vec{F} = 0 \rightarrow \sum \vec{F}_x = 0, \quad \sum \vec{F}_y = 0, \quad \sum \vec{F}_z = 0 \quad (1)$$

Keterangan:

$\sum \vec{F}$ = resultan vektor gaya

$\sum \vec{F}_x$ = resultan vektor gaya dalam arah sumbu x

$\sum \vec{F}_y$ = resultan vektor gaya dalam arah sumbu y

$\sum \vec{F}_z$ = resultan vektor gaya dalam arah sumbu z

Persamaan (1) tidak lain adalah **hukum 1 Newton**, yang berbunyi kurang lebih seperti ini bahwa “benda akan diam atau bergerak dengan kecepatan konstan jika resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut sama dengan nol”. Dengan kata lain benda mempunyai kecenderungan mempertahankan geraknya yang tadinya diam akan tetap mempertahankan diamnya dan yang tadinya bergerak akan tetap mempertahankan geraknya yang stabil (konstan) tidak dipercepat atau diperlambat atau dihentikan, yang dikenal dengan kemalasan atau inersial atau kelembaman (Halliday, 2016; Cline, 2017; Serway, 2018). Yang istilah sekarang

mager (malas gerak) dengan PW (posisi wah enak), itulah gambaran hukum 1 Newton.

Apa artinya jika $\sum \vec{F} \neq 0$, artinya resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut tidak sama dengan nol, ada gaya yang lebih besar yang tidak bisa saling menghilangkan dalam arah yang berlawanan. Untuk lebih sederhana dicontohkan pada pertandingan tarik tambang dimana terdapat dua kelompok yang saling berhadapan yang dihubungkan dengan tali tambang dan saling tarik menarik antar dua kelompok. Kelompok yang berada di sebelah kiri (kelompok A) akan menarik tali tambang sekuat tenaga dengan gaya resultan yang dimiliki oleh kelompok A. Begitu pula kelompok yang berada di sebelah kanan (kelompok B) akan menarik tali tambang sekuat tenaga dengan gaya resultan yang dimiliki oleh kelompok B. Jika resultan gaya kelompok A yang berarah ke kiri sebesar 12 N dan resultan gaya kelompok B yang berarah ke kanan sebesar 12 N juga, maka tidak akan ada kelompok satu pun yang menang karena gayanya saling kuat yang ke arah kanan dan juga yang ke arah kiri. Nah ini yang kita sebut kesetimbangan gaya (tidak bergerak, tetap diam) artinya $\sum \vec{F} = 0$. Agar menang maka kelompok harus meningkatkan gayanya misalnya Kelompok A menambah kekuatannya dengan gaya total menjadi 15 N ke kiri dan Kelompok B hanya mampu menambah kekuatannya dengan gaya total 13 N ke kanan, maka kelompok A akan menang karena kelompok B akan tertarik ke kiri (ke arah kelompok A) sebesar 2 N. Gaya 2 N ini yang memberikan efek bergerak ke kiri atau bergerak ke depan dari hadapannya. Yang dinotasikan dengan:

$$\begin{aligned} \sum \vec{F} &\neq 0 \\ \sum \vec{F} &= 3 \text{ N ke kiri} \end{aligned} \tag{2}$$

Persamaan (2) merupakan **hukum 2 Newton** yang berbunyi “Jika resultan gaya yang bekerja padanya tidak sama dengan nol maka benda akan bergerak dengan percepatan

tertentu, yang mana besar percepatan sangat bergantung pada gaya total yang bekerja pada benda dan massa dari benda itu sendiri” (Giancoli, 2014; Hewitt, 2014; Walker, 2014; Abdullah, 2016; Halliday, 2016; Serway, 2018). Semakin besar gaya maka semakin besar percepatan benda. Namun semakin besar massa benda maka akan semakin kecil percepatan benda. Sehingga dirumuskan secara matematis sebagai berikut:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \rightarrow \vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} \quad (3)$$

Keterangan:

$\vec{a}$ = vektor percepatan yang arahnya mengikuti arah vektor resultan gaya

m = massa benda

Jika kita menggunakan data contoh kasus pada tarik tambang di atas bahwa $\sum \vec{F} = 3 \text{ N}$ ke kiri, dan total massa orang pada kelompok B yang kalah adalah 300 kg maka:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} = \frac{3 \text{ N ke kiri}}{300 \text{ kg}} = \frac{3 \text{ kg m/s}^2 \text{ ke kiri}}{300 \text{ kg}} = 0,01 \text{ m/s}^2 \text{ ke kiri}$$

INGAT :

1. Definisi Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur, mempunyai nilai dan memiliki satuan.
2. Besaran Vektor adalah besaran yang memiliki nilai dan juga memiliki arah
3. Notasi vektor dituliskan dengan tanda panah di atas notasi besaran tersebut atau dituliskan dengan notasi huruf tebal (*bold*)
(Giancoli, 2014; Hewitt, 2014; Walker, 2014; Abdullah, 2016; Halliday, 2016; Serway, 2018).

Sehingga dari sini perlu dituliskan dan dinotasikan dengan benar, seperti yang sudah dicontohkan sebelumnya:

$$\sum \vec{F} = 3 \text{ N ke kiri} \text{ atau } \sum \mathbf{F} = 3 \text{ N ke kiri} \text{ atau } \sum F = 3 \text{ N}$$

$\vec{a} = 0,01 \text{ m/s}^2$ ke kiri $\rightarrow$ notasi vektor

$\mathbf{a} = 0,01 \text{ m/s}^2$ ke kiri $\rightarrow$ notasi vektor

$a = 0,01 \text{ m/s}^2 \rightarrow$ notasi skalar

Besaran skalar adalah besaran yang hanya memiliki nilai saja atau besaran skalar adalah besaran yang hanya jika dituliskan nilai saja sudah cukup jelas. Contohnya Santi membeli gula yang massanya 1 kg, Tinggi Adi adalah 180 cm, Ayah pergi ke kantor mengendarai sepeda motor selama 20 menit perjalanan. Contoh tersebut hanya menuliskan nilai dan satuannya saja sudah sangat jelas informasinya. Berbeda dengan besaran vektor bahwa besaran vektor jika hanya dituliskan atau dinyatakan atau disampaikan hanya nilainya saja maka orang akan bingung karena informasinya tidak utuh atau tidak lengkap, artinya memerlukan informasi tambahan misalnya arah. Contohnya seorang siswa disuruh pindah duduknya, siswa ini pun bingung dan spontan menjawab, maaf pak guru saya akan pindah kemana? Artinya informasi atau perintah guru tersebut tidak jelas dan tidak lengkap. Agar jelas maka guru harus menyampaikan pindah duduk ke arah mana, apakah di depan, di belakang, di samping, dan seterusnya. Artinya perpindahan merupakan besaran vektor yang perlu dituliskan informasi arahnya. Contoh lain, tolong tarik meja ini kata guru kepada seorang siswa. Siswa pun bingung sehingga bertanya, ditarik ke arah mana ibu? Oh iya, ditarik ke samping kiri ibu ya nak. Baik bu segera saya laksanakan. Dari obrolan tersebut tampak bahwa aktivitas menarik meja yang merupakan pemberian gaya tarik memerlukan informasi arah agar tidak salah memberikan arah gaya tarik. Dua contoh contoh di atas sudah sangat jelas untuk membedakan besaran vektor dan besaran skalar.

Kembali pada Bab 9 ini tentang Kesetimbangan atau Keseimbangan Partikel khusus pada Kesetimbangan Translasi maka harus memenuhi persamaan (1) yang sudah dibahas di atas. Selanjutnya kita mengkaji lebih lanjut Resultan Gaya dalam komponen-komponennya, yang mana komponen-komponen

tersebut dibedakan berdasarkan arahnya, misalnya kita bekerja menggunakan sistem koordinat kartesian maka akan didapatkan komponen resultan gaya dalam arah sumbu x, sumbu y dan sumbu z, yang persamaannya sudah diberikan pada persamaan (1). Mari kita bahas makna fisis dari persamaan tersebut sesuai komponennya (Giancoli, 2014; Hewitt, 2014; Walker, 2014; Abdullah, 2016; Halliday, 2016; Serway, 2018).

$\sum \vec{F}_x = 0$, artinya resultan vektor gaya dalam arah sumbu x adalah sama dengan nol (benda tidak bergerak ke arah sumbu x negatif (ke kiri) dan juga tidak bergerak ke arah sumbu x positif (ke kanan). Benda tetap diam, tidak ada pergerakan ke arah sumbu x.

Begitu pula $\sum \vec{F}_y = 0$, artinya resultan vektor gaya dalam arah sumbu y adalah sama dengan nol (benda tidak bergerak ke arah sumbu y negatif (ke bawah) dan juga tidak bergerak ke arah sumbu y positif (ke atas). Benda tetap diam, tidak ada pergerakan ke arah sumbu y.

Begitu juga $\sum \vec{F}_z = 0$, artinya resultan vektor gaya dalam arah sumbu z adalah sama dengan nol (benda tidak bergerak ke arah sumbu z negatif (ke belakang atau menembus dinding) dan juga tidak bergerak ke arah sumbu z positif (ke depan atau keluar dari bidang dinding). Benda tetap diam, tidak ada pergerakan ke arah sumbu z.

Jika ada salah satu arah saja yang resultan gayanya tidak sama dengan nol maka tidak terjadi kesetimbangan gaya atau kesetimbangan partikel. Misalnya:

$$\sum \vec{F}_x = 0, \quad \sum \vec{F}_y = 0, \quad \sum \vec{F}_z \neq 0 = 2\hat{k} = 2 \text{ N ke depan}$$

Artinya tidak terjadi kesetimbangan partikel karena partikel (benda titik) mengalami pergerakan dengan percepatan tertentu. Artinya hukum 1 Newton tidak berlaku, maka berlakulah hukum 2 Newton yang memenuhi persamaan (2) dan (3). Berdasarkan persamaan (3) jika massa partikel tersebut 1 kg maka percepatan partikel adalah:

$$\vec{a}_z = \frac{\Sigma \vec{F}_z}{m} = \frac{2 \text{ N ke depan}}{1 \text{ kg}} = \frac{2 \text{ kg m/s}^2 \text{ ke depan}}{1 \text{ kg}} \\ = 2 \text{ m/s}^2 \text{ ke depan}$$

$$a_z = 2 \text{ m/s}^2$$

Artinya partikel tidak diam (tidak mengalami kesetimbangan partikel) namun partikel bergerak ke depan dengan percepatan sebesar 2 m/s^2 . Dari sini dapat kita simpulkan bahwa syarat kesetimbangan translasi partikel harus memenuhi hukum 1 Newton yakni partikelnya diam atau partikelnya bergerak dengan kecepatan konstan (percepatan sama dengan nol). Perlu diingatkan kembali bahwa percepatan itu adalah laju perubahan kecepatan benda atau perubahan kecepatan setiap waktu, maka jika kecepatan konstan artinya tidak mengalami perubahan kecepatan atau dengan kata lain perubahan kecepatan sama dengan nol maka percepatan juga akan sama dengan nol. Nah, jika kita substitusi percepatan sama dengan nol ke persamaan (3) maka akan kita peroleh kondisi yang berlaku kembali hukum 1 Newton.

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a} = m(0) = 0$$

Persamaan di atas kembali ke Hukum 1 Newton, yang artinya percepatan sama dengan nol ($a = 0$) memenuhi syarat kesetimbangan translasi partikel. Artinya disebut kesetimbangan partikel jika partikel tersebut diam (kesetimbangan statis) ataupun partikel tersebut bergerak dengan percepatan nol atau kecepatan konstan (kesetimbangan dinamis) (Giancoli, 2014; Halliday, 2016; Serway, 2018).

Berdasarkan hukum I Newton, jika resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka percepatan benda menjadi nol. Artinya bahwa partikel dalam keadaan diam atau bergerak dengan kecepatan tetap. Apabila partikel dalam keadaan diam disebut mengalami kesetimbangan statis, sedangkan jika bergerak dengan kecepatan tetap disebut kesetimbangan dinamis (Hewitt, 2014; Walker, 2014; Abdullah, 2016; Serway, 2018).

Pada pembahasan-pembahasan di atas tinjauan kita adalah benda yang kita sederhanakan sebagai benda titik yang kemudian kita sebut partikel. Bagaimana jika kita meninjau bahwa benda tersebut bukan titik tapi punya ukuran tertentu yang kita sebut sebagai benda tegar? Benda tegar adalah benda yang tidak mengalami perubahan bentuk akibat pengaruh gaya atau momen gaya. Sebenarnya benda tegar hanyalah suatu model idealisasi. Karena pada dasarnya benda akan mengalami perubahan bentuk apabila dikenakan suatu gaya atau momen gaya. Namun, karena perubahannya sangat kecil, maka pengaruhnya terhadap kesetimbangan statis dapat diabaikan (Abdullah, 2016; Halliday, 2016; Serway, 2018).

Pada kasus kesetimbangan benda tegar selain harus memenuhi hukum 1 Newton, maka juga harus memenuhi:

$$\sum \tau = 0 \quad (4)$$

Keterangan:

$\sum \tau$ = resultan vektor torka atau vektor momen gaya

Torka atau momen gaya ($\vec{\tau}$) adalah besaran vektor yang merupakan *cross product* dari vektor lengan gaya ($\vec{r}$) dengan vektor gaya ($\vec{F}$). Akan dijelaskan lebih lanjut di Bab 10.

Hukum 2 Newton pada gerak benda berotasi akan berlaku sebagai berikut: “Benda yang diam akan berotasi jika pada benda tersebut bekerja suatu besaran yang namanya momen gaya atau torka”. Benda yang sedang berotasi akan mengalami perubahan kecepatan sudut jika pada benda tersebut bekerja momen gaya. Torka akan menghasilkan percepatan rotasi. Sehingga hukum 2 Newton pada gerak rotasi menjadi sebagai berikut:

$$\sum \vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (5)$$

Tanda kali silang pada operasi di atas menyatakan operasi *cross product* dua buah vektor yang akan tetap menghasilkan besaran vektor.

Besar torka (hasil kali skalar dari dua buah vektor) dirumuskan sebagai berikut:

$$\tau = rF \sin \theta \quad (6)$$

Dengan θ adalah sudut yang terbentuk antara vektor lengan gaya ($\vec{r}$) dengan vektor gaya ($\vec{F}$).

Berdasarkan persamaan (6) jika gaya diberikan sejajar atau searah dengan lengan gaya (tanpa membentuk sudut berapa pun) maka tidak ada momen gaya atau torka yang terjadi ($\tau = 0$), yang artinya benda berada pada kesetimbangan rotasi (kecepatan sudut ω konstan sehingga percepatan sudut α nol).

$\sum \tau = 0$, merupakan syarat kesetimbangan rotasi. Artinya Kesetimbangan Benda Tegar harus memenuhi dua persyaratan sebagai berikut: (Giancoli, 2014; Hewitt, 2014; Walker, 2014; Abdullah, 2016; Halliday, 2016; Serway, 2018)

1. Syarat Kesetimbangan Translasi yang memenuhi “percepatan linier dari pusat massa benda haruslah nol ketika diamati dari kerangka acuan inersia”
2. Syarat Kesetimbangan Rotasi yang memenuhi “percepatan sudut terhadap semua sumbu haruslah nol”

Khusus yang kita bahas pada Bab 9 ini adalah kesetimbangan translasi yang terdiri atas kesetimbangan statis dan kesetimbangan dinamis. Kesetimbangan statis merupakan suatu keadaan diam benda, dalam hal ini benda ditinjau sebagai benda titik atau partikel. Partikel dianggap sebagai satu benda yang dapat diabaikan massanya ($v_{PM} = 0$). Partikel adalah benda yang ukurannya dapat diabaikan sehingga dapat digambarkan sebagai suatu titik materi. Sehingga gaya yang bekerja pada benda tersebut dianggap bekerja pada titik tersebut. Jika terdapat beberapa partikel maka gaya bekerja pada partikel, titik tangkap gayanya berada tepat pada partikel-partikel tersebut. Oleh karena itu, partikel hanya mengalami gerak translasi dan tidak mengalami gerak rotasi. Benda yang berada dalam kesetimbangan statis akan

dalam keadaan diam relatif terhadap pengamat dan oleh karena itu tidak memiliki percepatan linear ($a = 0$) maupun percepatan sudut ($\alpha = 0$) (Giancoli, 2014; Hewitt, 2014; Walker, 2014; Abdullah, 2016; Halliday, 2016; Serway, 2018). Percepatan sudut α menjadi salah satu tinjauan pada Keseimbangan Benda Tegar yang akan dibahas pada Bab 10.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2016. *Fisika Dasar 1*. Bandung: ITB Press.
- Awrejcewicz, J., & Koruba, Z. 2012. *Classical mechanics: applied mechanics and mechatronics* (Vol. 30). Springer Science & Business Media.
- Browne, M. 2013. *Schaum's Outline of Physics for Engineering and Science*. McGraw-Hill Education.
- Cline, D. 2017. *Variational principles in classical mechanics*. University of Rochester River Campus Librarie.
- Deriglazov, A. 2016. *Classical mechanics*. Cham: Springer International Publishing.
- Giancoli, D. C. 2014. *Physics for Scientists & Engineers: Chapters 1-37*. Pearson.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2016. *Principles of Physics Extended, International Student Version*. India: Wiley India Pvt. Ltd.
- Hewitt, P. G., & Wolf, P. R. 2014. *Conceptual physics fundamentals*. Pearson.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. 2018. *Physics for scientists and engineers*. Cengage learning.
- Sussman, G. J., & Wisdom, J. 2015. *Structure and interpretation of classical mechanics* (p. 578). The MIT Press.
- Walker, J., Resnick, R., & Halliday, D. 2014. *Halliday and resnick fundamentals of physics*. Wiley.

BAB 10

KESEIMBANGAN BENDA TEGAR

Oleh Tukimun

10.1 Pendahuluan

Kita lihat benda-benda disekeliling kita akan mencari titik keseimbangan agar mereka dapat berdiri dengan kokoh. Demikian juga ketika kita melihat fenomena gempa bumi, dimana pada lempeng penyusun bumi akan mencari titik keseimbangan sehingga seringkali adanya gesekan antar lempeng bumi yang menyebabkan munculnya fenomena gempa bumi. Demikian halnya dengan suatu struktur bangunan akan dapat berdiri dengan kokoh ketika gaya-gaya yang berkerja baik gaya dalam maupun gaya luar mendapatkan keseimbangan posisi dan dukungan dari konsep struktur yang dibangun. Setiap benda tegar yang ada di alam ini akan berusaha mencari titik keseimbangan akibat gaya-gaya yang bekerja pada benda tegar tersebut.

Benda tegar sendiri adalah sebuah benda yang ketika bekerja gaya-gaya baik gaya dalam (innerload) dan gaya luar (outerload) tidak mengalami deformasi bentuk atau perubahan bentuk dari benda tersebut. Contoh benda tegar adalah batu, beton, besi, kayu dan lain sebagainya. Banyak sekali benda-benda tegar / kuat yang digunakan manusia untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari seperti sebagai bangunan tempat tinggal yang berfungsi sebagai perlindungan atau sebagai sarana manusia untuk pemenuhan kebutuhan akan hidup. Semua benda tegar ini tentunya membutuhkan syarat keseimbangan dari sisi bentuk agar mudah dimanfaatkan oleh manusia.

Keseimbangan sendiri maksudnya adalah merujuk pada konsep hukum Newton ke-2 (dua) yaitu dimana ketika awalnya

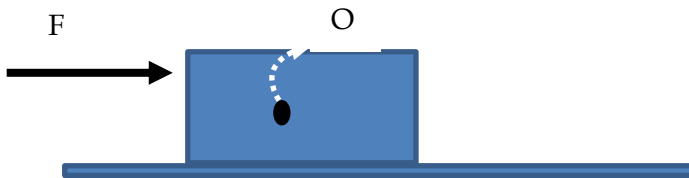
benda tersebut diam, maka benda tersebut akan cenderung tetap diam ($\sum F = 0$), Namun jika awalnya benda tegar tersebut bergerak dengan kecepatan konstan, maka ia akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan pula ($\sum V = \text{konstan}$). Arti kata lain tidak ada momen yang bekerja pada benda tersebut ($\sum M = 0$). Ketika sebuah benda mendapatkan gaya dari luar akan mengalami sebuah perpindahan / translasi ketika besarnya gaya luar yang bekerja melebihi gaya berat dan gaya aksi yang ditimbulkan akibat gaya luar yang bekerja tersebut. Dimana, mencapai titik keseimbangan ketika $\sum V = 0$. Jadi syarat terjadinya kesimbangan adalah $\sum F = 0$; $\sum V = 0$ dan $\sum M = 0$.

10.2 Jenis-Jenis Keseimbangan Benda Tegar

Ada beberapa jenis kesimbangan pada benda tegar yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Ada syarat keseimbangan pada benda tegar yaitu secara perubahan tempat translasi dan rotasi (momen). Ada 3 jenis keseimbangan pada benda tegar yaitu:

1. Keseimbangan Stabil

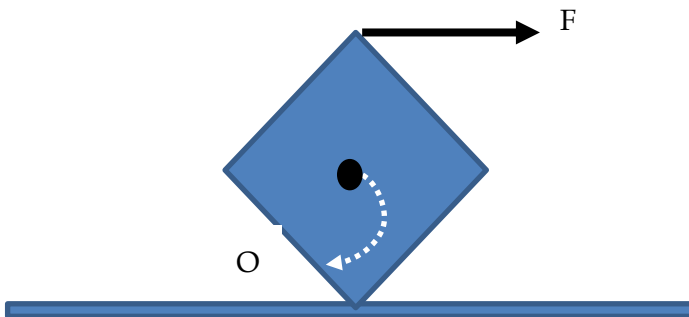
Keseimbangan stabil/mantap adalah, adanya kemampuan benda tegar untuk dapat kembali pada posisi semula (awal) pada kondisi benda tegar tersebut diberi beban atau gaya (F). Dimana menunjukkan kemampuan benda tersebut kembali pada posisi semula. Beban atau Gaya tersebut akan mengakibatkan posisi benda berubah (pusat gravitasi O naik). Lebih jelasnya, dapat dilihat pada ilustrasi perhatikan gambar berikut:



Gambar 10.1. Keseimbangan benda Stabil / mantap

2. Keseimbangan Benda Labil (Tidak Mantap)

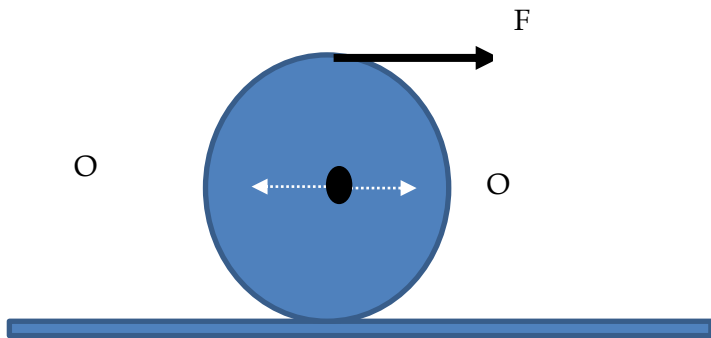
Keseimbangan labil (goyah) adalah keseimbangan benda tegar yang terjadi akibat kondisi benda tegar tersebut tidak dapat kembali lagi pada posisi semula (awal) saat benda tegar diberi pembebanan atau gaya luar yang bekerja pada benda tersebut dihilangkan (ditiadakan). Beban atau Gaya yang diberikan pada benda tegar tersebut, menyebabkan benda tegar akan berubah posisi dari (pusat gravitasi O turun). Lebih jelas dari kondisi terhadap keseimbangan labil (tidak mantap) dapat dilihat pada ilustrasi perhatikan gambar berikut:



Gambar 10.2. Keseimbangan Benda Labil (Tidak Mantap)

3. Keseimbangan Benda Netral / Indeferen

Keseimbangan benda pada kondisi netral (indeferen) yaitu kesimbangan yang terjadi pada benda tegar, jika benda tegar mendapatkan pembenanan / gangguan/ (gaya luar) yang terjadi benda tegar tersebut, maka kondisi pusat gravitasi O pada benda tegar tidak naik atau tidak turun / (posisi tetap), kondisi benda tegar tersebut berada pada letak / posisinya benda yang baru. Lebih jelas dari kondisi terhadap kesimbangan benda netral / (indeferen) dapat dilihat pada ilustrasi perhatikan gambar berikut:



Gambar 10.3. Keseimbangan netral (*indeferen*)

Benda tegar yang berada pada posisi keseimbangan stabil atau keseimbangan mantap, dapat mengalami pergerakan menggeser (translasi) atau mengguling (rotasi) pada saat diberi beban atau gaya dari luar (F). Adapun ketentuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Syarat benda tegar mengalami gerak translasi adalah ($\sum F \neq 0$); ($\sum M = 0$).
2. Syarat pada benda tegar bergerak secara rotasi adalah: ($\sum M \neq 0$); ($\sum F = 0$).
3. Syarat pada benda tegar akan mengalami gerak translasi dan gerak menggelinding (gerak translasi dan gerak rotasi)

adalah ketika kondisi benda tegar pada posisi: ($\sum M \neq 0$); ($\sum F \neq 0$).

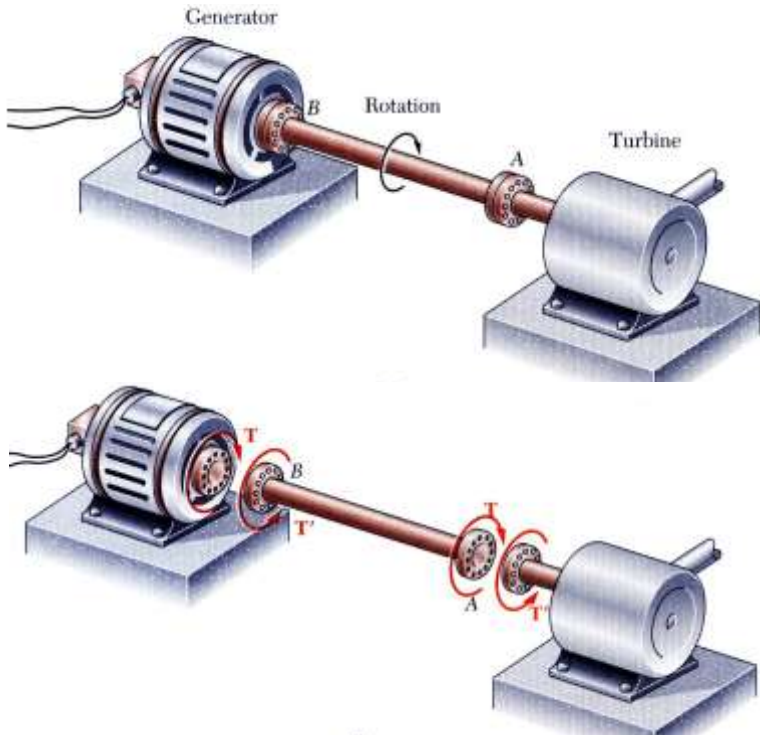
10.3 Momen Putar / Momen Kopel

Pengertian dari momen sendiri adalah ketika adanya sebuah gaya yang bekerja pada suatu benda tegar, yang menyebabkan Bergeraknya dan memutarnya benda tegar tersebut pada suatu titik putar (titik o). Momen terjadi akibat adanya suatu gaya yang bekerja pada benda tegar dan adanya lengan / jarak dari titik pusat rotasi benda (titik o). Momen ini biasa disebut juga Torsi.

Torsi atau kata lain puntir adalah sebuah aksi putar yang bekerja terhadap bidang tegak lurus sumbu suatu benda tegar, yang disebabkan oleh adanya momen kopel atau momen putar, pada material / benda tegar tersebut. Pada gambar di bawah ini, terlihat sebuah generator yang diputar oleh suatu turbin pada sebuah mesin.

Dengan adanya putaran mesin yang terjadi, akan menghasilkan rotasi yang menyebabkan mesin tersebut berputar. Pada bagian lain yang merupakan bagian pada sambungan di titik A dan titik B, timbul gaya torsi (torque) yang mempunyai arah gaya yang berlawanan dengan rotasi yang diakibatkan adanya putaran mesin tersebut. Kondisi ini menyebabkan terjadinya momen torsi pada mesin yang berputar.

Pada kondisi ini, akibat adanya sebuah gaya yang bekerja dan berlawanan arah yang kemudian adanya jarak atau lengan menyebabkan benda tegar atau mesin tersebut mengalami torsi atau putar pada titik putar benda tegar tersebut.



Gambar 10.4. Torsi pada suatu gerakan mesin yang bekerja

Sehingga dengan kata lain, momen kopel atau momen putar/puntir adalah adanya gaya yang berpasangan dengan memiliki nilai besar / nilai yang sama, namun benda tersebut memiliki arah yang berlawanan. Momen kopel/puntir yang bekerja pada suatu benda akan menyebabkan terbentuknya momen kopel atau momen putar pada suatu benda tegar.

Pada suatu garis kerja gaya-gaya ($\sum F$) yang berlaku pada sebuah benda tegar dalam keadaan kesetimbangan translasi akan saling meniadakan atau memotong pada titik sembarang pada benda tegar tersebut. Kondisi ini akan menyebabkan terjadinya tidakpunyaan kecenderungan untuk memutar suatu benda tegar yang ada.

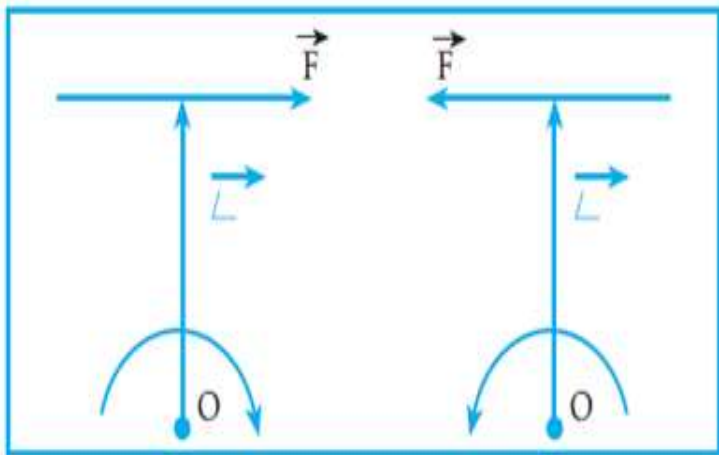
Ada beberapa gaya-gaya (ΣF) yang bekerja tidak pada satu tangkap benda, bila garis aksi gaya-gaya tersebut tidak saling memotong (*cross*), gaya-gaya (ΣF) tidak pada satu titik tangkap dan akan menyebabkan memutar benda tegar, bahkan walaupun resultante gaya-gaya tersebut besarnya adalah nol (0). Kondisi ini adalah terjadinya momen putar/ momen kopel.

Momen putar τ (huruf Yunani “tau”) dipengaruhi oleh suatu gaya yang bekerja pada sebuah benda tegar terhadap ukuran ketidak efektifan dalam memutar benda pada titik pusat tertentu. Pada suatu lengan momen dari gaya F pada sekitar titik pusat 0 atau titik putar benda tegar adalah jarak gerak lurus L antar garis aksi dari gaya dan titik pusat 0. Momen putar yang dipengaruhi oleh gaya sekitar titik 0 mempunyai besar yang dapat dilihat pada rumus berikut ini :

$$\tau = F \times L$$

Dimana : τ : Momen Kopel (N.m)
 F : Gaya yang bekerja (N)
 L : Lengan momen (m)

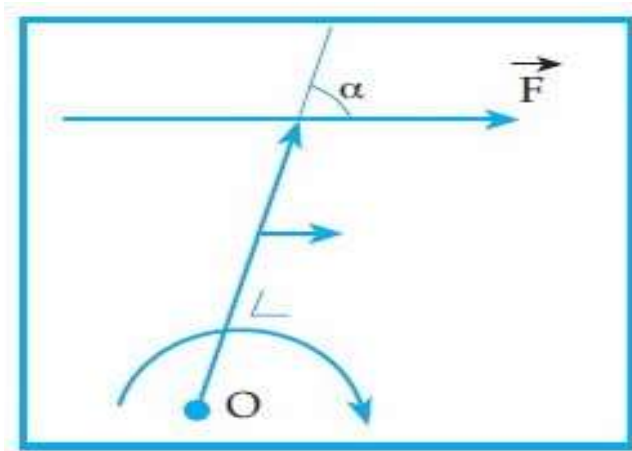
Pada sebuah benda yang mengalami puntir atau perputaran akibat adanya gaya yang bekerja dan memiliki lengan atau dalam kata lain mengalami pergeseran dari titik berat suatu benda tegar tersebut. Dengan adanya pergeseran dari titik berat yang ada menyebabkan terjadinya puntir atau torsi.



Gambar 10.5. Momen Kopel (+) dan (-) pada benda tegar

Mengingat momen kopel atau momen puntir ini memiliki besar (nilai) dan arah, maka momen kopel / momen putar termasuk dalam besaran vektor yaitu besaran yang memiliki nilai dan arah. Perhitungan besaran momen kopel yang terjadi pada suatu benda tegar harus didasarkan pada kecenderungan atau keadaan dimana pada saat benda tegar tersebut mengalami perputaran atau torsi pada titik putar (titik o).

Ada beberapa bentuk momen kopel atau momen putar berdasarkan pada arah putarnya yaitu Momen kopel dengan arah putar ke kanan /searah dengan jarum jam disebut momen kopel positif (+). Sedangkan momen kopel yang memiliki arah putar berlawanan arah jarum jam dinamakan momen kopel negative (-). Momen kopel/putar yang memiliki sudut α dapat dilihat pada gambar 10.5 berikut:



Gambar 10.6. Momen Kopel bersudut (α)

Maka persamaan untuk Momen Kopel bersudut (α) adalah sebagai berikut:

$$\tau = L \cdot \sin \alpha \times F$$

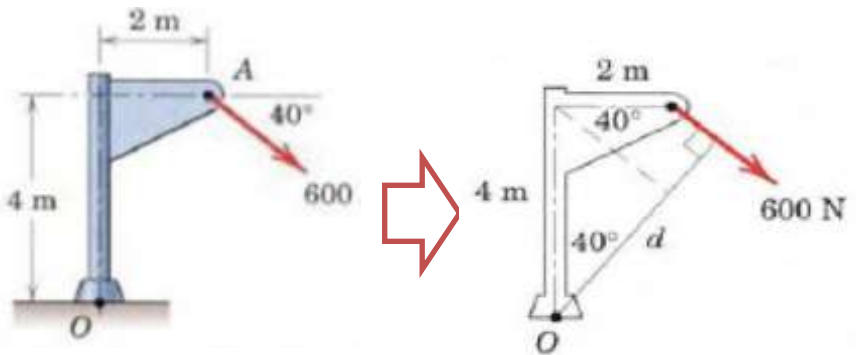
Dimana : τ : Momen Kopel / momen puntir (N.m)
 F : Gaya yang bekerja (N)
 L : Panjang lengan momen (m)
 α : Sudut antara arah lengan dan arah gaya

Jika momen kopel bekerja pada suatu bidang maka Rumus Momen kopelnya adalah penjumlahan terhadap momen kopel yang terjadi.

$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 \dots \tau_n$$

Dimana : $\sum \tau$: Total Momen Kopel (N.m)
 τ_1 : Momen kopel 1 (N.m)
 τ_n : Momen kopel ke-n (N.m)

Contoh Soal:



Dimana $a = 4 \text{ m}$; $b = 2 \text{ m}$

Diketahui:

$F = 600 \text{ N}$

Ditanyakan:

Berapa besar momen kopel yang terjadi terhadap titik rotasi o pada gambar diatas.

Jawab:

$$\begin{aligned}\tau_o &= F \times L \\ &= F \times (a + b)\end{aligned}$$

Mencari Resultante lengan momen (d) dari a dan b yaitu:

$$\begin{aligned}d &= a \cdot \cos \alpha + b \cdot \sin \alpha \\ &= 4 \cdot \cos 40^\circ + 2 \cdot \sin 40^\circ \\ &= 4,35 \text{ meter}\end{aligned}$$

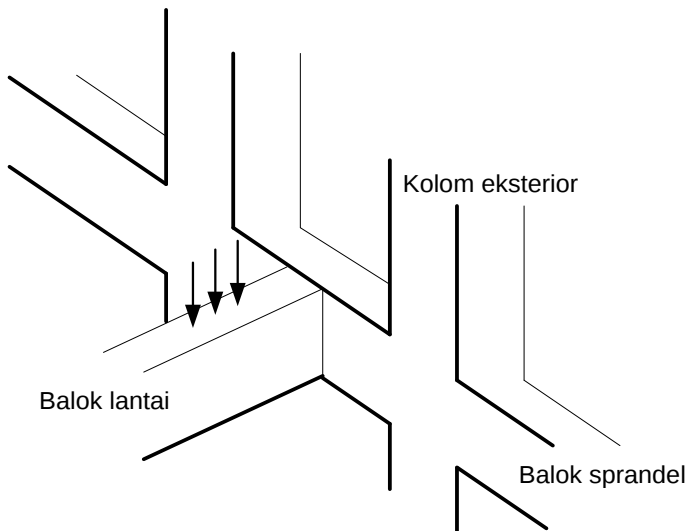
Jadi besarnya momen kopel terhadap titik o adalah:

$$\tau_o = F \times d = 600 \times 4,35 = 2.610 \text{ Nm}$$

Jadi besarnya momen kopel atau momen puntir pada titik o adalah 2.610 Nm.

10.4 Aplikasi Torsi Dalam Dunia Konstruksi

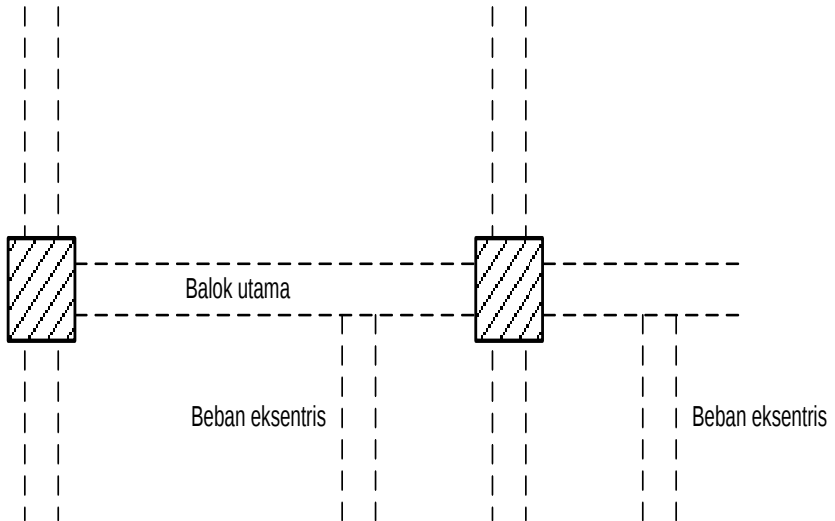
Dalam suatu bidang teknik sipil, erat kaitannya dengan meomen torsi ini. Pada suatu kondisi tertentu sebuah konsep dimana seorang engineer akan merencanakan sebuah konsep struktur bangunan yang lebih mengutamakan terhadap estetika dari bangunan yang ada. Terkadang kondisi ini disertai dengan adanya pemilihan suatu konsep bangunan dengan struktur minimalis atau langsing pada bagian kolom-kolom bangunan. Sehingga dengan pemilihan alternatif struktur yang ramping demi untuk mengejar estetika dampaknya akan berbahaya bagi strutur bangunan itu sendiri. Seringkali kondisi ini menyebabkan terjadinya torsi yang besar akibat tidak simetrisnya struktur bangunan tersebut. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar 10.7 sebagai berikut:



Gambar 10.7. Torsi yang terjadi pada balok sprandel

Pada gambar diatas terlihat posisi balok lantai tidak simetris pada posisi kolom, sehingga menyebabkan terjadinya momen pada struktur yang ada akibat adanya lengan pada balok

sprandel. Kalo ini dibiarkan akibat tidak simetrisnya struktur bangunan dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada struktur bangunan. Disarankan untuk lebih amannya posisi massa bangunan sebisa mungkin simetris untuk dapat menyalurkan beban atau gaya pada posisi kolom bangunan tersebut.



Gambar 10.8. Suatu beban penyebab torsi pada balok utama suatu struktur bangunan gedung

10.5 Kesimpulan

1. Benda tegar yaitu benda yang ketika bekerja suatu gaya-gaya / beban baik gaya dalam (innerload) dan gaya luar (outerload) tidak mengalami deformasi bentuk atau perubahan bentuk dari benda tersebut. Syarat terjadinya keseimbangan adalah $\sum F=0$; $\sum V=0$ dan $\sum M=0$.
2. Keseimbangan sendiri maksudnya adalah merujuk pada konsep hukum Newton ke-2 (dua) yaitu dimana ketika kondisi awal benda tersebut dalam keadaan diam, maka

benda tersebut akan cenderung tetap dalam kondisi diam ($\sum F = 0$), jika pada awalnya benda tegar tersebut dalam keadaan bergerak dengan kecepatan konstan / tetap, maka benda tegar tersebut akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan pula ($\sum V = \text{konstan}$).

3. Keseimbangan pada benda tegar dibagi menjadi 3 yaitu:
 - a. Keseimbangan benda mantap (stabil)
 - b. Keseimbangan benda labil (tidak mantap)
 - c. Keseimbangan benda netral (*indeferen*)
4. Momen terjadi karena adanya sebuah gaya yang bekerja pada suatu benda tegar, yang menyebabkan Bergeraknya dan memutarinya benda tegar tersebut pada suatu titik putar (titik o). Momen terjadi akibat adanya gaya yang bekerja pada benda dan adanya lengan / jarak dari titik pusat rotasi benda (titik o). Momen ini biasa disebut juga Torsi atau Puntir.
5. Pengertian torsi atau puntir adalah adanya suatu aksi putar yang terjadi terhadap bidang tegak lurus pada sumbu benda, yang diakibatkan danya momen kopel /momen putar pada benda tersebut.
6. Momen kopel atau Momen Putar adalah pasangan gaya yang besarnya sama, namun memiliki arah yang berlawanan. Kopel yang bekerja pada suatu benda akan menyebabkan terbentuknya momen kopel atau momen putar pada suatu benda tegar.
7. Rumus Momen Kopel adalah $\tau = F \times L$

Dimana : τ : Momen Kopel (N.m)
 F : Gaya yang bekerja (N)
 L : panjang lengan momen (m)
8. Konsep momen kopel / puntir ini banyak dipakai oleh engineer dalam perhitungan-perhitungan konstruksi dan aktivitas sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., *Diktat Fisika Teknik I*: Prodi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda
- Anonim., *Diktat Fisika Teknik II*: Prodi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda
- Anonim., *Diktat Mekanika Bahan II*: Fakulta Prodi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda
- Hallyday, Risnick. 1984. *Fisika I*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hence M. Wuaten., 2015., *Mekanika dan Statika Bahan I*, Fakultas Teknik, Universita 17 Agustus 1945 Samarinda
- M. Suratman., 2006, *Fisika 1*, Penerbit: ARMICO, Bandung
- M. Suratman., 2006, *Fisika 2*, Penerbit: ARMICO, Bandung

BIODATA PENULIS



Andi Ibrahim Yunus, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Fajar

Penulis aktif mengajar sejak Tahun 2010 – sekarang. Penulis lahir di Makassar DC (“Daeng” City). Penulis berasal dari Suku “Ogi” Bugis. Penulis menetap di Kabupaten “Rewako” Gowa, Sulawesi Selatan. Penulis menikah dengan Andi Sempa, S.Pd. dan dikaruniai 2 (dua) orang putra, bernama Andi Azman Awwadi dan Andi Afiq Azha.

Penulis memperoleh Piagam Penghargaan sebagai Dosen Tetap Yayasan dengan Masa Pengabdian 10 Tahun dari LLDIKTI9 Tahun 2022. Penulis memperoleh Sertifikat Pendidik dari Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Tahun 2018. Penulis telah mengikuti PEKERTI (Penataran/Pelatihan Pengembangan Keterampilan Dasar Teknik Instruksional) yang dilaksanakan oleh LLDIKTI (Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi) Wilayah IX Sulawesi Tahun 2018.

Penulis terlibat dalam Program MBKM (Merdeka Belajar Kampus Merdeka) yang dilaksanakan oleh Kemendibudristek (Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi) Republik Indonesia.

Penulis memperoleh Sertifikat Keahlian - Ahli Madya dari LPJK (Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi). Penulis memperoleh Sertifikat Kompetensi Bidang Jasa Konstruksi - Ahli Madya dari BNSP (Badan Nasional Sertifikasi Profesi) Tahun 2022.

Penulis menjadi AKTK (Asessor Kompetensi Tenaga Kerja) pada bidang Asesmen/ Uji Kompetensi dengan memperoleh Sertifikat Kompetensi dari BNSP (Badan Nasional Sertifikasi Profesi) Tahun 2022. Penulis menjadi Asessor pada Program RPL (Rekognisi Pembelajaran Lampau) yang dilaksanakan oleh Kemendibudristek (Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Teknologi) Republik Indonesia. Tahun 2023.

Penulis menyelesaikan Studi S2 - Magister Teknik (M.T.) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Unhas) Tahun 2007 Konsentrasi Perancangan Teknik Prasarana.

Penulis telah menulis beberapa Buku Kolaborasi (ISBN dan HAKI), diantaranya berjudul: Alat Pengangkat Bahan (*Material Handling*) (sub bab: Stabilitas *Crane*), Aplikasi Pembelajaran Digital (sub bab: Penulisan dan Publikasi Artikel Ilmiah), Manajemen Destinasi Wisata (Sub bab: Manajemen Sistem Transportasi Pariwisata), Manajemen Digital Bisnis (Sub bab: Digital *Entrepreneurship*), Manajemen Operasional (sub bab: Manajemen Proyek), Manajemen Sumber Daya Manusia (Teori) (sub bab: Manajemen Strategik Sumber Daya Manusia), Manajemen Transportasi (sub bab: Moda Transportasi), Metodologi Riset Bidang Sistem Informasi dan Komputer (sub bab: Kuesioner dan Dokumen Sebagai Metode Pengambilan Data), Konsep Dasar Kepemimpinan Manajemen Sumber Daya Manusia (sub bab: Manajemen Kepemimpinan Sumber Daya Manusia), Pengelolaan Sampah Organik dan Anorganik (sub bab: Konsep Pengelolaan Sampah), Rekayasa Lalu Lintas (sub bab: Rambu Lalu Lintas), dan Sistem Informasi (sub bab: Manajemen Proyek).

BIODATA PENULIS



Retna Kristiana, S.T., M.M., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Penulis salah satu dosen program studi teknik sipil di Universitas Mercu Buana. Penulis sudah menulis beberapa artikel ilmiah yang telah diterbitkan di jurnal nasional dan internasional serta *bookchapter*.

BIODATA PENULIS



Fathan Mubina Dewadi

Dosen Universitas Buana Perjuangan Karawang

Fathan Mubina Dewadi merupakan pria yang berusia 30 tahun sudah tertarik dengan bidang Pendidikan tinggi sejak tahun 2015. Sejak lulus jurusan Teknik mesin program pascasarjana Universitas Pancasila. Kini penulis sedang bekerja sebagai dosen tetap program studi Teknik mesin di Universitas Buana Perjuangan Karawang. Kini kesibukan penulis ialah lebih menghabiskan waktu untuk mengajar dan menulis. Karya-karya yang telah dibuat dimuat di media *online*, jurnal nasional, jurnal internasional dan jurnal nasional bereputasi. Sudah lebih dari 50 karya yang telah dibuat dan sedang proses untuk pembuatan buku dan bab buku.

BIODATA PENULIS



Ir. Badaruddin Anwar, S.Pd., M.Pd.

Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Cikowang Takalar tanggal 15 Agustus 1975 . Penulis adalah Dosen tetap pada Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Menyelesaikan Pendidikan Sarjana pada Jurusan Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Makassar tahun 2000 dan melanjutkan S2 Kependidikan di universitas yang sama pada tahun 2005, melanjutkan pendidikan profesi Insinyur di Universitas Muslim Indonesia, Makassar pada tahun 2017.

Kegiatan yang ditekuni saat ini adalah sebagai dosen tetap pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar sejak tahun 2007 sampai sekarang. Mata kuliah yang diajarkan antara lain: Pengujian dan Pemeriksaan Bahan, Pengetahuan Bahan Teknik, Kerja Mesin Produksi, serta Pengujian Las.

BIODATA PENULIS



St.Amina H.Umar

Dosen Program Studi Teknik Elektro
Universitas Sawerigading Makassar

St.Amina H.Umar, Lahir Di Pammase Desa Selli Kec.Bengo Kab.Bone 17 Januari 1978, Pendidikan S1 diSTMIK DIPANEGARA, S2 di UNHAS pada Jurusan Teknik Informatika Elektro, anak dari pasangan H.Umar Malatta dan Hj.Radiah. Menjadi tenaga pengajar di Universitas Sawerigading Makassar sejak tahun 2005 sampai sekarang. Telah menerbitkan buku sebagai bahan ajar MATERIAL TEKNIK, PENGANTAR SISTEM INFORMASI MANAJEMEN, APLIKASI PEMBELAJARAN, TEKNOLOGI JARINGAN KOMPUTER.

BIODATA PENULIS



Nur Fuadah, S.T.,M.T

Dosen Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik

Penulis lahir di Pangkajene tanggal 3 Desember 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sawerigading Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin..

Buku ini membahas tentang pesawat sederhana yang digunakan manusia dalam aktivitasnya sehari-hari seperti tuas, katrol, bidang miring dan roda berporos.

BIODATA PENULIS



Diah Sarasanty, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Majapahit

Diah Sarasanty, S.T., M.T. seorang Sarjana Teknik Sipil di bidang Struktur (ITS) dan Master di bidang Manajemen Proyek Konstruksi (ITS). Penulis adalah dosen di Universitas Islam Majapahit (UNIM) pada program studi S1 Teknik Sipil. Menjadi Sekretaris Program Studi Teknik Sipil UNIM pada tahun 2017 hingga tahun 2021 dan Ketua Program Studi Teknik Sipil tahun 2021 sampai dengan 2024. Sampai saat ini telah membimbing 58 tugas akhir S1. Selama tiga tahun terakhir telah mempublikasikan lebih dari 20 paper di prosiding konferensi dan jurnal internasional. Bidang riset yang ditekuni adalah Manajemen Proyek Konstruksi, Struktur, dan Pemodelan. e-mail : diahsarasanty@unim.ac.id; +6281330170099

BIODATA PENULIS



Luluk Edahwati

Dosen tetap Fakultas Teknik prodi Teknik Mesin Universitas
Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Penulis lahir di Surabaya tanggal 11 Juni 1964. Penulis merupakan dosen tetap Fakultas Teknik prodi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Alhamdulillah penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada tahun 1990 di jurusan Teknik Kimia di UPNVJT kemudian melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia di ITS Surabaya (1997 -2001). Jenjang S3 penulis selesaikan di UNDIP Semarang jurusan Teknik Mesin dengan spesifikasi material (2015 – 2018). Semoga sedikit materi yang penulis berhasil selesaikan dapat bermanfaat

BIODATA PENULIS



Eka Murdani, S.Si., M.Pfis.

Dosen Program Studi Pendidikan Fisika
STKIP Singkawang

Penulis lahir di Sungai Pinyuh, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat pada tanggal 24 Mei 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Fisika STKIP Singkawang. Menyelesaikan Pendidikan S1 pada Prodi Fisika FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak dan S2 pada Prodi Pengajaran Fisika FMIPA Institut Teknologi Bandung. Saat penulisan *book chapter* ini Penulis sedang melanjutkan S3 pada Prodi Pendidikan IPA FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia Bandung. Penulis menekuni bidang Pendidikan IPA, Pendidikan Fisika, *STEM Education*, Kurikulum, Pembelajaran, dan Asesmen.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Tukimun., ST., MT., IPM., Asean Eng.

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda – Kalimantan Timur

Penulis lahir di Magetan tanggal 05 April 1977. Penulis adalah dosen tetap pada Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda Kalimantan Timur. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil tahun 2002 di Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda. Melanjutkan studi S2 Teknik Sipil pada Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya lulus tahun 2004. Melanjutkan Studi S3 Doktor Teknik Sipil pada Universitas Hasanuddin Makassar dan selesai tahun 2021. Mengikuti Program Profesi Insinyur di Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar dan lulus tahun 2018. Penulis aktif dalam kegiatan oragani profesi seperti pada DPP Inkindo-Kaltim, DPP Intakindo-Kaltim, DPP HPJI-Kaltim, DPP Persatuan Insinyur Indonesia (PII) Kalimantan Timur dan lainnya. Selain aktif di organisasi profesi juga sebagai pelaku Jasa Konsultansi dan menjadi owneer's pada PT. Arcsindo Karya Utama yang berkantor pusat di Samarinda. Penulis juga aktif sebagai Instruktur pada Bidang Teknik Sipil pada kegiatan-kegiatan pelatihan yang diselenggarakan oleh Bidang Bina Konstruksi Provinsi

Kalimantan Timur dan Balai Wilayah VIII Banjarmasin terutama pada kegiatan pembekalan tenaga kerja di Ibukota Negara Nusantara (IKN). Selain itu penulis juga aktif sebagai asesor SKK pada LSP Hatsindo Jago untuk bidang-bidang Teknik Sipil dan Konstruksi.