



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
REPUBLIK INDONESIA  
2013



# MEKANIKA TEKNIK

SEMESTER 1

KELAS

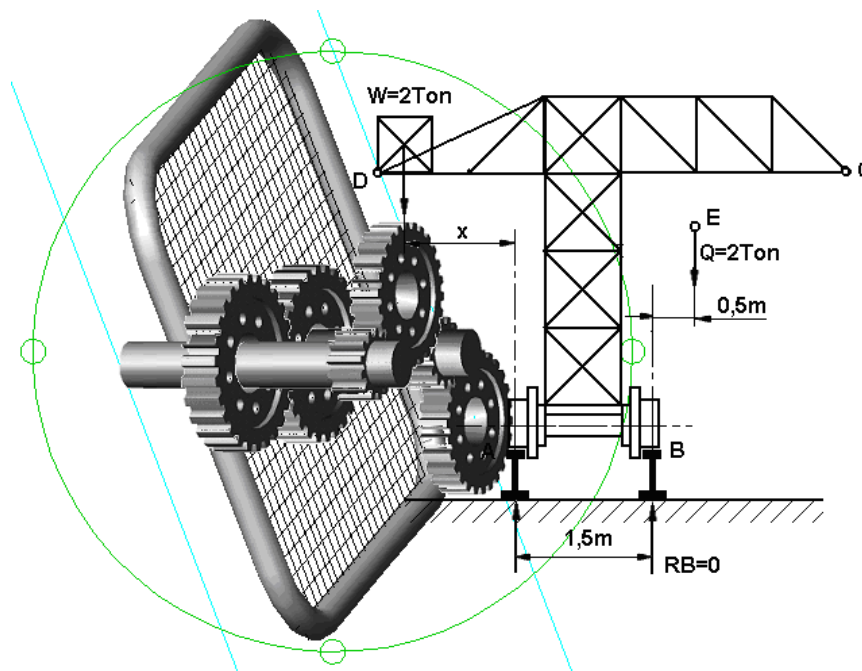
**X**



**BAHAN AJAR**  
**SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN**

**BIDANG STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI DAN REKAYASA**  
**PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNIK MESIN**  
**SESUAI KURIKULUM 2013**

# MEKANIKA TEKNIK



Disusun oleh:

Widiyanto  
Eka Yogaswara

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**TAHUN 2013**

## KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi mengetahui, ketrampilan dan sikap secara utuh, proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirancang sebagai kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut

Sesuai dengan konsep kurikulum 2013 buku ini disusun mengacu pada pembelajaran *scientific approach*, sehingga setiap pengetahuan yang diajarkan, pengetahuannya harus dilanjutkan sampai siswa dapat membuat dan trampil dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak bersikap sebagai mahluk yang mensyukuri anugerah Tuhan akan alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui kehidupan yang mereka hadapi.

Kegiatan pembelajaran yang dilakukan siswa dengan buku teks bahan ajar ini pada hanyalah usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan, sedangkan usaha maksimalnya siswa harus menggali informasi yang lebih luas melalui kerja kelompok, diskusi dan menyunting informasi dari sumber sumber lain yang berkaitan dengan materi yang disampaikan.

Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, siswa diminta untuk menggali dan mencari atau menemukan suatu konsep dari sumber sumber yang pengetahuan yang sedang dipelajarinya, Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pembelajaran pada buku ini. Guru dapat memperkaya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dai lingkungan sosial dan alam sekitarnya

Sebagai edisi pertama, buku teks bahan ajar ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaannya, untuk itu kami mengundang para pembaca dapat memberikan saran dan kritik serta masukannya untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan banyak terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan hal yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi emas dimasa mendatang .

Bandung , November 2013

Penyusun

## DAFTAR ISI

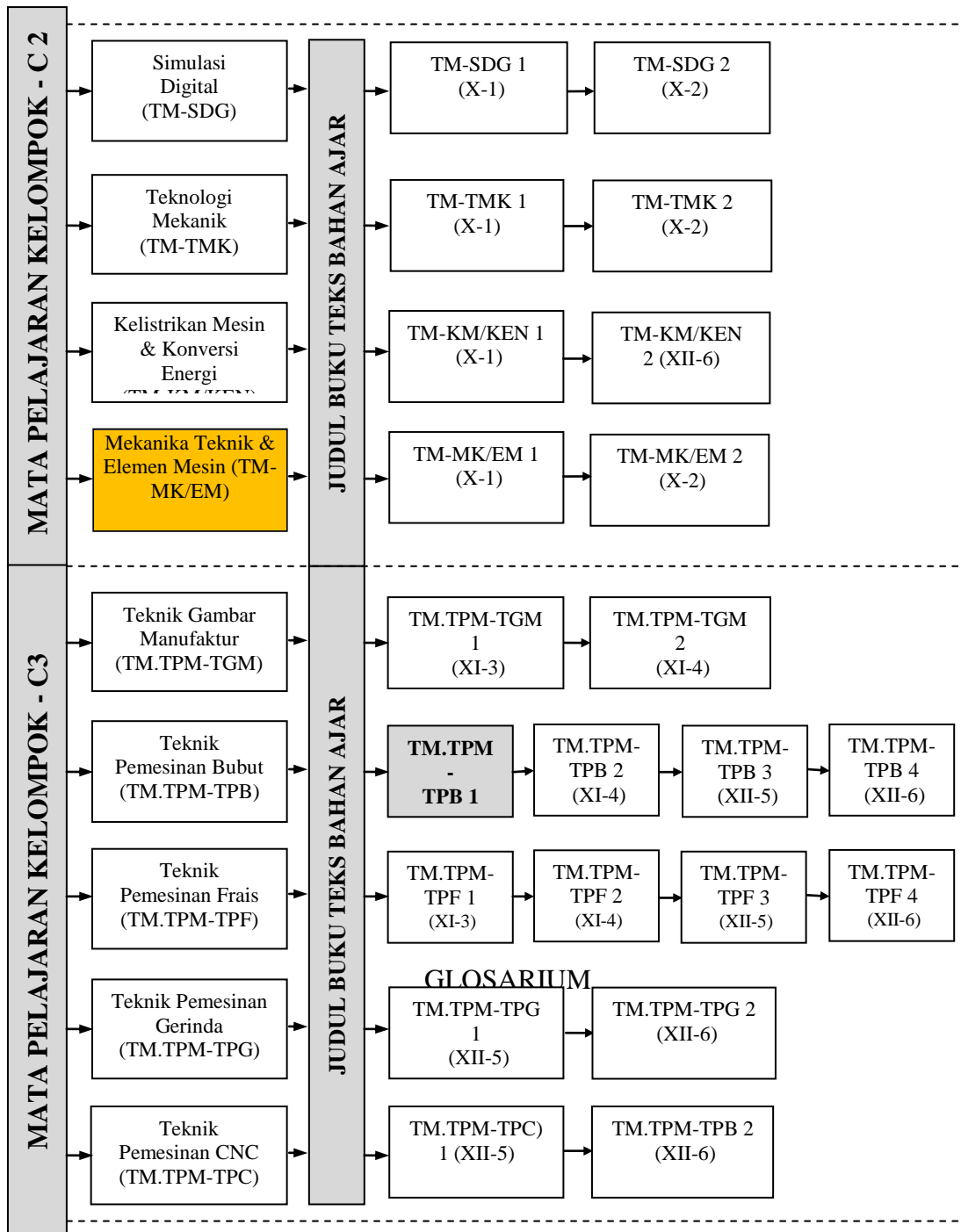
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
PETA KEDUDUDUKAN BUKU TEKS BAHAN AJAR.....	iv
GLOSARIUM.....	v
BAB 1 .....	1
PENDAHULUAN .....	1
A. Deskripsi .....	1
B. Prasyarat.....	2
C. Petunjuk Penggunaan.....	2
D. Tujuan Akhir.....	2
E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar .....	3
F. Cek Kemampuan Awal.....	4
BAB II.....	7
KEGIATAN BELAJAR .....	7
A. Deskripsi .....	7
B. Kegiatan Belajar 1: BESARAN DAN SATUAN.....	7
1. Tujuan Pembelajaran .....	7
2. Uraian Materi.....	7
3. Rangkuman .....	20
4. Tugas.....	22
5. Tes Formatif.....	22
C. Kegiatan Belajar 2 : GAYA.....	25
1. Tujuan Pembelajaran .....	25
2. Uraian Materi.....	25
3. Rangkuman .....	50
4. Tugas.....	51
5. Tes Formatif.....	52
D. Kegiatan Belajar 3 : MOMEN DAN KESEIMBANGAN .....	55
1. Tujuan Pembelajaran .....	55
2. Uraian Materi.....	55
3. Rangkuman .....	66
4. Tugas.....	67
5. Tes Formatif.....	68

E.	Kegiatan Belajar 4 : TITIK BERAT DAN MOMEN STATIS .....	70
1.	Tujuan Pembelajaran .....	70
2.	Uraian Materi .....	71
3.	Rangkuman .....	82
4.	Tugas.....	83
5.	Tes Formatif.....	83
F.	Kegiatan Belajar 5 : MOMEN INERSIA .....	85
1.	Tujuan Pembelajaran .....	85
2.	Uraian Materi.....	85
3.	Rangkuman .....	103
4.	Tugas.....	104
5.	Tes Formatif.....	104
G.	Kegiatan Belajar 6 : DIAGRAM MOMEN DAN GAYA GESER .....	106
1.	Tujuan Pembelajaran .....	106
2.	Uraian Materi.....	106
3.	Rangkuman .....	123
4.	Tugas.....	123
5.	Tes Formatif.....	123
H.	Kegiatan Belajar 7 : TEGANGAN .....	126
1.	Tujuan Pembelajaran .....	126
2.	Uraian Materi.....	126
3.	Rangkuman .....	169
4.	Tugas.....	172
5.	Tes Formatif.....	172
	BAB III .....	175
	EVALUASI .....	175
	DAFTAR PUSTAKA .....	183

## PETA KEDUDUDUKAN BUKU TEKS BAHAN AJAR

Bidang Keahlian : Teknologi Dan Rekayasa

Program Keahlian : Teknik Mesin



## GLOSARIUM

- Angka transmisi : perbandingan putaran poros penggerak dengan poros yang digerakannya
- AWS : American Welding Society
- Beban aksial : pembebanan searah dengan sumbu , misalnya pembebanan pada poros tegak .
- Bevel gear : Roda gigi kerucut , roda gigi konis, tirus atau roda gigi payung
- Brinell : mesin uji kekerasan suatu logam
- CGPM : Conference General des Poids et Mesures
- Charpy : mesin uji takik
- Deformasi elastis yaitu perubahan bentuk yang sifatnya sementara pada saat pembebanan berlangsung saja
- Diagram gaya geser : disebut juga dengan bidang gaya lintang yaitu gambar yang menunjukkan besarnya gaya geser yang bekerja di sembarang tempat di sepanjang batang yang mendapatkan beban geser
- Diagram momen : gambar atau diagram yang menunjukkan besarnya momen di sembarang tempat dan dibuat sesuai dengan skala momen
- Gantry crane : salah satu jenis alat angkat
- Gaya : Penyebab bergeraknya benda benda
- Gaya centrifugal : gaya yang mengarah keluar
- Gaya centripetal: gaya dengan arah ke dalam
- Gaya otot : gaya yang ditimbulkan oleh otot
- Gravitasi : Gaya tarik bumi
- Kontraksi yaitu perbandingan antara pengurangan luas penampang dengan luas penampang semula
- Kopel : dua buah gaya yang sama besar , sejajar dan berlawanan arah dengan titik tangkap yang berlainan
- Kopling : komponen mesin yang berfungsi untuk menyambung dua poros
- Las : untuk menyambung dua logam dengan cara memanaskan kedua ujung logam sampai melebur hingga ujung yang satu dengan ujung lainnya menyambung
- Momen : hasil kali gaya dengan jarak

- Momen inersia penampang terhadap suatu garis : jumlah luas penampang (elemen) terkecil dikalikan dengan kwadrat jarak normal terhadap titik beratnya
- Momen inersia polar, besarnya dihitung berdasarkan jumlah luas penampang-terkecil dikalikan dengan kwadrat jari jari atau jarak normal terhadap titik beratnya
- Momen lengkung : dihitung dengan persamaan :  $M_l = F \times L$  [ Nmm]
- NIC : Nilai Impact Charpy
- Pulli : roda sabuk terbuat dari besi tuang ,
- Regangan adalah perbandingan perpanjangan dengan panjang semula .
- Resultan (R) : jumlah gaya
- Riveter : Tang keling disebut juga dengan
- Sabuk gilir : Sabuk bergigi
- Statika : ilmu yang mempelajari keseimbangan
- Tegangan tarik : Gaya tarik tiap satuan luas penampang
- Titik tangkap gaya : tempat gaya bekerja
- Transmisi : pemindah gerak atau putaran
- Vickers : Mesin uji kekerasan dengan pyramid–diamond
- Whitwort : jenis ulir segi tiga dengan sudut puncak 55 derajat
- Worm gear : roda gigi cacing



## BAB 1 PENDAHULUAN

### A. Deskripsi

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengetahuan, ketrampilan serta sikap secara utuh. Tuntutan proses pencapaiannya melalui pembelajaran pada sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai satu kesatuan yang saling mendukung dalam mencapai kompetensi tersebut. Buku teks bahan ajar ini berjudul “**MEKANIKA TEKNIK**” berisi empat bagian utama yaitu: pendahuluan, pembelajaran, evaluasi, dan penutup yang materinya membahas sejumlah kompetensi yang diperlukan untuk SMK Program Keahlian Teknik Mesin. Materi dalam buku teks bahan ajar ini meliputi: **Besaran dan Satuan, Gaya, Momen Dan Keseimbangan, Titik Berat Dan Momen Statis., Momen Inersia, Diagram Momen dan Gaya Geser, Tegangan..**

Buku Teks Bahan Ajar ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan oleh siswa untuk mencapai sejumlah kompetensi yang diharapkan dalam dituangkan dalam kompetensi inti dan kompetensi dasar. sesuai dengan pendekatan saintifik (*scientific approach*) yang dipergunakan dalam kurikulum 2013, siswa diminta untuk memberanikan dalam mencari dan menggali kompetensi yang ada dala kehidupan dan sumber yang terbentang disekitar kita, dan dalam pembelajarannya peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dalam mempelajari buku ini. Maka dari itu, guru diusahakan untuk memperkaya dengan mengkreasi mata pembelajaran dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan bersumber dari alam sekitar kita.

Penyusunan Buku Teks Bahan Ajar ini dibawah kordinasi Direktorat Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan kebudayaan, yang akan dipergunakan dalam tahap awal penerepan kurikulum 2013. Buku Teks Bahan Ajar ini merupakan dokumen sumber belajar yang senantiasa dapat diperbaiki, diperbaharui dan dimutakhirkan sesuai dengan kebutuhan dan perubahan zaman. Maka dari itu, kritik dan saran serta masukan dari berbagai pihak diharapkan dapat meningkatkan dan menyempurnakan kualitas isi maupun mutu buku ini.

## **B. Prasyarat**

Dalam struktur kurikulum 2013, secara garis besar materi dikelompokkan ke dalam tiga kelompok yaitu:

1. Kelompok C1 yang memuat materi Ilmu budaya dan sosial
2. Kelompok C2 yang merupakan dasar program keahlian
3. Kelompok C3 yang merupakan paket-paket dari masing-masing keahlian.

Buku Teks Bahan Ajar ini merupakan salah satu mata pelajaran kelompok C2 yang diberikan pada kelas X semester 1.

## **C. Petunjuk Penggunaan**

Dalam melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan buku teks bahan ajar ini, siswa perlu memperhatikan beberapa hal, yaitu :

1. Langkah-langkah belajar yang ditempuh
  - a. Menyiapkan semua bukti penguasaan kemampuan awal yang diperlukan sebagai persyaratan untuk mempelajari modul ini.
  - b. Mengikuti test kemampuan awal yang dipersyaratkan untuk mempelajari buku teks bahan ajar ini
  - c. Mempelajari modul ini secara teliti dan seksama
  
2. Perlengkapan yang perlu disiapkan
  - a. Buku sumber/ referensi yang relevan
  - b. Buku catatan harian
  - c. Alat tulis dan,
  - d. Perlengkapan lainnya yang diperlukan

## **D. Tujuan Akhir**

Setelah mempelajari buku teks bahan ajar ini peserta diklat diharapkan dapat:

1. Mengidentifikasi jenis-jenis besaran dan satuan.
2. Menghitung gaya
3. Menggambar diagram momen .
4. Mencari titik berat suatu benda.
5. Menghitung momen inersia.
6. Menghitung tegangan pada suatu benda
7. Menghitung kekuatan elemen–elemen mesin

## E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Mata Pelajaran: MEKANIKA TEKNIK

KOMPETENSI INTI (KELAS X)	KOMPETENSI DASAR
KI-1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Menyadari sepenuhnya ciptaan Tuhan tentang alam dan fenomenanya dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari.
	1.2 Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari
KI-2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotongroyong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1 Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingintahu, inovatif dan tanggungjawab dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari.
	2.2 Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari.
	2.3 Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan social sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melakukan tugas mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik
KI-3 Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidangkerja yang spesifik untuk	3.1 Mendeskripsikan besaran vektor, sistem satuan dan hukum newton
	3.2 Mendeskripsikan gaya, tegangan dan momen pada suatu konstruksi
	3.3 Mendeskripsikan gaya aksi dan reaksi dari macam macam tumpuan.
	3.4 Mendeskripsikan perhitungn diagram benda bebas dan teori keseimbangan .
	3.5 Mendeskripsikan tegangan dan regangan
	3.6 Mendeskripsikan jenis dan fungsi sambungan
	3.7 Mendeskripsikan poros dan pasak, transmisi (pulley & belt, rantai, kopling, roda gigi)
	3.8 Mendeskripsikan macam-macam gaya, tegangan dan momen pada sambungan: keling, pasak , baut dan las
	3.9 Mendeskripsikan elemen-elemen mesin

KOMPETENSI INTI (KELAS X)	KOMPETENSI DASAR
memecahkan masalah.	
KI-4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	4.1 Menerapkan besaran vektor, sistem satuan dan hukum newton
	4.2 Menerapkan gaya, tegangan dan momen pada suatu konstruksi
	4.3 Menerapkan perhitungan gaya aksi dan reaksi dari macam-macam tumpuan.
	4.4 Menerapkan perhitungan diagram benda bebas dan teori keseimbangan
	4.5 Menerapkan perhitungan tegangan dan regangan
	4.6 Menerapkan jenis dan fungsi sambungan
	4.7 Menerapkan perhitungan poros dan pasak, transmisi (pulley & belt, rantai, kopling, roda gigi)
	4.8 Menerapkan perhitungan macam-macam gaya, tegangan dan momen pada sambungan: keling, pasak, baut dan las
	4.9 Menerapkan elemen-elemen mesin

#### F. Cek Kemampuan Awal

Sebelum memulai kegiatan pembelajaran “Mekanika Teknik”, diharapkan siswa melakukan cek kemampuan awal untuk mendapatkan informasi tentang kemampuan dasar yang telah dimiliki. Yaitu dengan cara memberi tanda berupa *cek list* (√) pada kolom pilihan jawaban berikut ini.

No.	Daftar Pertanyaan	Pilihan Jawaban	
		Sudah	Belum
<b>A.</b>	<b>Besaran dan Satuan</b>		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan definisi besaran dan satuan		
2.	Apakah anda sudah dapat menyebutkan contoh contoh besaran dan satuan		
3.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan hukum-hukum Newton I, II dan III		
<b>B.</b>	<b>Gaya</b>		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan macam-macam gaya		
2.	Apakah anda sudah dapat melukis gaya		
3.	Apakah anda sudah dapat menjumlahkan gaya		

No.	Daftar Pertanyaan	Pilihan Jawaban	
		Sudah	Belum
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung keseimbangan gaya		
<b>C.</b>	<b>Momen Dan Keseimbangan</b>		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan dan menghitung momen		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan kopel		
3.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan dan menghitung momen dan keseimbangan		
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung resultan gaya		
<b>D.</b>	<b>Titik Berat Dan Momen Statis</b>		
1.	Apakah anda sudah dapat menghitung titik berat		
2.	Apakah anda sudah dapat menghitung titik berat bidang beraturan		
3.	Apakah anda sudah dapat menghitung titik berat bidang bersusun		
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung momen statis		
<b>E</b>	<b>Momen Inersia</b>		
1.	Apakah anda sudah dapat menghitung momen inersia suatu bidang terhadap sumbu x		
2.	Apakah anda sudah dapat menghitung momen inersia suatu bidang terhadap sumbu y		
3.	Apakah anda sudah dapat menghitung momen inersia polar suatu bidang		
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung momen inersia terhadap garis yang melalui titik beratnya		
5.	Apakah anda sudah dapat menghitung momen inersia dari penampang yang bersusun		
<b>F</b>	<b>Diagram Momen dan Gaya Geser</b>		
1.	Apakah anda sudah dapat menggambar diagram momen		
2.	Apakah anda sudah dapat menggambar diagram gaya geser		
3.	Apakah anda sudah dapat menghitung reaksi tumpuan		
<b>G</b>	<b>Tegangan</b>		

No.	Daftar Pertanyaan	Pilihan Jawaban	
		Sudah	Belum
1.	Apakah anda sudah dapat menghitung tegangan tarik		
2.	Apakah anda sudah dapat menghitung tegangan tekan		
3.	Apakah anda sudah dapat menghitung tegangan geser		
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung tegangan dan momen lengkung		
5.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan sifat-sifat mekanik suatu bahan logam		

## BAB II

### KEGIATAN BELAJAR

#### A. Deskripsi

Buku teks bahan ajar ini berjudul “**Mekanika Teknik**” berisi empat bagian utama yaitu: pendahuluan, pembelajaran, evaluasi, dan penutup yang materinya membahas sejumlah kompetensi yang diperlukan untuk SMK Program Keahlian Teknik Mesin yang diberikan pada kelas X semester 1. Materi dalam buku teks bahan ajar ini meliputi: Besaran dan Satuan, Gaya, Momen Dan Keseimbangan, Titik Berat Dan Momen Statis., Momen Inersia, Diagram Momen dan Gaya Geser, Tegangan.

#### B. Kegiatan Belajar 1: **BESARAN DAN SATUAN**

##### 1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- Menyebutkan dan menjelaskan besaran
- Menyebutkan dan menjelaskan satuan.
- Mengidentifikasi besaran dan satuan
- Menyebutkan dan menjelaskan hukum Newton.

##### 2. Uraian Materi

Silahkan mengamati beberapa obyek yang ada pada gambar berikut atau obyek disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan besaran dan satuan dari apa yang telah anda amati.



Gambar 1.1 Besaran dan satuan

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan nama nama besaran dan satuan yang ada, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait nama-nama besaran dan satuan yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya kelompokan/kategorikan masing-masing benda tadi berdasarkan besaran dan satuannya. Apabila anda telah melakukan pengelompokan, selanjutnya jelaskan bagaimana kegunaan alat tersebut.

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan besaran dan satuan yang telah anda temukan dan jelaskan kegunaannya dalam kehidupan sehari hari.

#### a. Besaran

Dalam bidang teknologi pengukuran merupakan suatu kegiatan rutin yang dilakukan oleh para teknokrat untuk mengukur bermacam macam system, produk maupun elemen mesin . Sebagai contoh : mengukur diameter dan panjang dari suatu poros, mengukur suhu uap dari suatu boiler , mengukur waktu yang dibutuhkan untuk memproses suatu produk , mengukur gaya yang dibutuhkan untuk memotong bahan , mengukur kecepatan kendaraan , mengukur besarnya energi yang dihasilkan dari suatu turbin uap atau mengukur arus listrik yang ditimbulkan oleh dynamo. Pada saat pengukuran tersebut tercatat , dicatat atau ditulis dengan angka angka , **“pengukuran yang ditulis dengan angka yang bersifat kuantitatif disebut dengan besaran “**.

#### b. Macam Macam Besaran

Dalam pengukuran, besaran dikelompokan atas :

- Besaran skalar
- Besaran vektor

##### 1. Besaran Skalar

Besaran skalar yaitu besaran yang mempunyai besar atau nilai saja, contoh:

- Mengukur panjang : 5 meter, 2 km .
- Mengukur suhu : 40o C, 80 o R



- Mengukur Volume : 3 liter, 4m<sup>3</sup> .
- Mengukur massa : 2 kg, 4 lb.

Angka angka ukuran tersebut hanya menunjukkan nilai atau besarnya saja. *“Besaran yang mempunyai besar atau nilai saja disebut besaran skalar “* .

## 2. Besaran Vektor

Besaran Vektor yaitu besaran yang menunjukkan besar atau nilai dan mempunyai arah, contoh :

- Mengukur kecepatan kendaraan, misalnya 60 km/h .
- Mengukur gravitasi bumi tercatat 9,81 m/s<sup>2</sup>.
- Mengukur gaya dari torak yang sedang melakukan usaha.

Besaran di atas selain mempunyai nilai besaran juga mempunyai arah. *“Besaran yang mempunyai besar dan arah disebut dengan Vector “* .

### c. Satuan

Mengukur suatu besaran adalah membandingkan besaran yang diukur dengan besaran yang sejenis yang disebut sebagai satuan , contoh mengukur panjang satuannya meter, kilo meter. Meter dan kilo meter tersebut menunjukkan perbandingan panjang . Seorang atlit berlari dengan kecepatan 2 meter/detik . Angka dua menunjukkan besaran dan meter/detik adalah satuan . Seorang pengendara melihat spedo-meter yang menunjukkan ukuran 60 km/h . Angka 60 menunjukkan besaran dan km/h adalah satuan. Jadi setiap besaran harus selalu diikuti dengan satuan. Sistem S.I yaitu sistem Satuan Internasional dimana pada sistem SI ini sebagai pengembangan dari sitem MKS . Satuan pada sistem Satuan Internasional antara lain sebagai berikut :

- Panjang satuannya Meter (m)
- Massa satuannya Kilogram (Kg)
- Waktu satuannya Second (s)
- Suhu satuannya derajat Kelvin (OK)
- Kuat arus satuannya Ampere (A)
- Intensitas cahaya satuannya Kandela (Cd)
- Jumlah zat satuannya mole ( mol)
- Gaya satuannya Newton (N)
- Massa jenis satuannya Kg/m<sup>3</sup> .

- Tekanan satuannya  $N/m^2$  atau  $N/mm^2$ .
- Usaha atau kerja satuannya  $J = Nm$
- Daya satuannya  $Watt = J/s$
- Kecepatan satuannya  $m/s$
- Percepatan satuannya  $m/s^2$ .
- Kecepatan sudut satuannya  $rad/s$
- Percepatan sudut satuannya  $rad/s^2$ .
- Frekuensi satuannya Hertz (Hz)

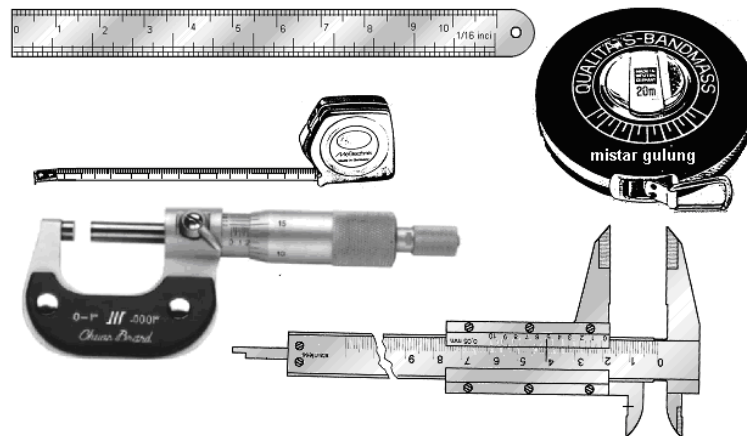
#### d. Besaran Dan Satuan

Besaran dan satuan yang sering digunakan dalam mekanika adalah :

- Panjang
- Massa
- Waktu
- Gaya

##### 1. Besaran dan satuan panjang

Besaran panjang mempunyai satuan meter dengan lambang (m) . Menurut persetujuan Conference General des Poids et Mesures / CGPM ke-11 tahun 1963. Meter adalah satuan panjang jarak yaitu 1.650.763,73 kali panjang gelombang dalam ruang hampa dari radiasi atom Krypton-86 .



Gambar 1.2 Alat ukur panjang

##### 2. Besaran dan satuan massa

Besaran massa mempunyai satuan kilogram dengan lambang (kg). Menurut CGPM ke-1 tahun 1901. Kilogram adalah standar satuan massa yang sama

dengan massa prototipe / contoh kilogram yang dibuat dari bahan platina iridium yang disimpan di lembaga Berat dan ukuran Internasional , di Severs dekat Paris .

### 3. Besaran dan satuan Waktu

Besaran waktu mempunyai satuan detik . Satu detik adalah waktu yang diperlukan oleh atom Cesium untuk melakukan getaran sebanyak 9.192.631,77 kali , selanjutnya waktu dibagi menjadi periode secara berulang ulang : detik , menit , jam kemudian hari , minggu , bulan dan tahun .

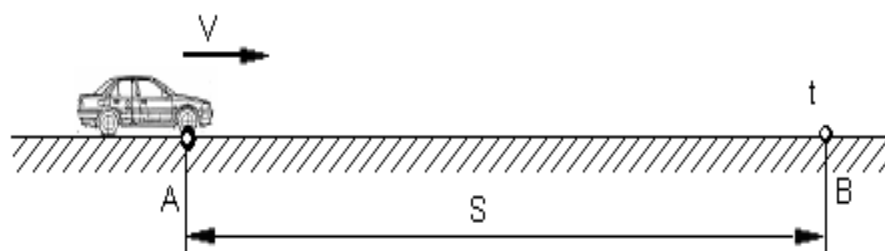
### 4. Besaran dan satuan percepatan

kecepatan adalah besaran turunan yang mempunyai satuan m/s, percepatan adalah jarak tiap satuan waktu , misalnya kecepatan kendaraan bermotor yang mempunyai satuan km/h, kecepatan gerak pahat pada mesin bubut yang mempunyai satuan m/menit .

Kecepatan dirumuskan : 
$$v = \frac{S}{t}$$

Keterangan :

- V = Kecepatan dalam satuan m/s
- t = Waktu dalam satuan detik (s)
- S = Jarak dalam satuan m



Gambar 1.3 Besaran kecepatan

Contoh 1.1:

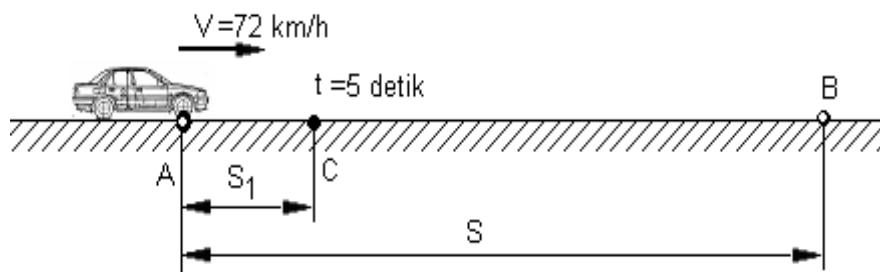
Suatu kendaraan bergerak dari kota A menuju kota B dengan kecepatan tetap  $V = 72 \text{ Km/h}$ .

Ditanyakan:

- Berapa m/s kecepatan kendaraan tersebut
- Berapa jarak yang ditempuh selama 5 detik
- Berapa km jarak kota A-B jika dari kota A ke B memerlukan waktu 1,5 jam.

Penyelesaian :

Diketahui (lihat gambar) :



Gambar 1.4 Jarak tempuh kendaraan

Kecepatan kendaraan tersebut adalah :

- Dengan menggunakan persamaan :  $v = \frac{S}{t}$

$$\text{Maka : } v = \frac{72 \times 1000}{3600} = 20 \text{ m/s}$$

- $v = \frac{S}{t}$  atau  $S_1 = V \times t = 20 \times 5 = 100 \text{ m}$

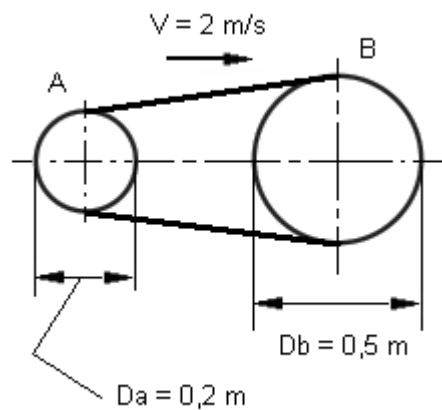
- Jarak kota A - B

$$S = V \times t = 72 \times 1,5 = 108 \text{ km} .$$

Contoh 1.2:

Suatu sistem transmisi roda sabuk, lihat gambar ! mempunyai ukuran diameter  $D_a = 0,2 \text{ m}$  dan  $D_b = 0,5 \text{ m}$ , kecepatan sabuk  $2 \text{ m/s}$ .

- Hitunglah jumlah putaran pada roda A untuk setiap detiknya.
- Hitunglah jumlah putaran untuk kedua roda tiap menitnya



Gambar 1.5 Transmisi roda sabuk

Penyelesaian :

Diketahui roda sabuk :

$$D_a = 0,2 \text{ m}$$

$$D_b = 0,5 \text{ m}$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$

Ditanya:

- Putaran roda A dalam satuan p/s
- Putaran roda A dalam satuan put/menit (rpm)

Jawaban :

$$V = \pi \cdot D_A \cdot n_A$$

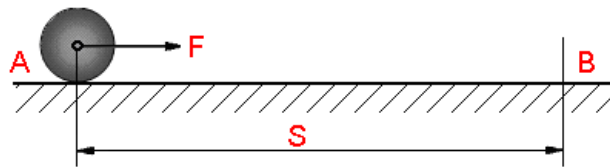
$$n_A = \frac{V}{\pi \cdot D_A} = \frac{2}{3,14 \times 0,2}$$

$$= 3,18 \text{ p/s}$$

$$= 190,8 \text{ put/menit (rpm)}$$

#### 5. Besaran dan satuan usaha

Jika pada suatu benda bekerja gaya  $F$  (N) dan benda tersebut bergerak sejauh  $S$  (m) maka pada benda itu telah dilakukan usaha sebesar  $W = F \times S$  (Nm) Usaha adalah besaran turunan yang mempunyai satuan Nm atau joule , usaha didefinisikan sebagai gaya kali jarak .



Gambar 1.6 Besaran suatu usaha

Persamaan usaha :

$$W = F \times S \text{ (Nm)}$$

Keterangan:

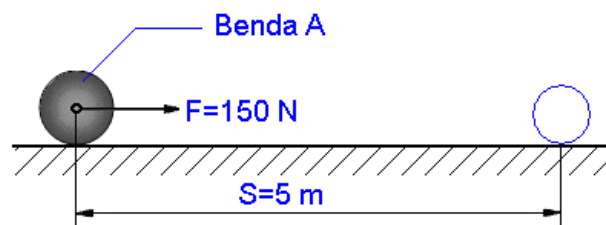
W = Usaha dalam satuan Nm atau joule

F = Gaya dalam satuan N

S = Jarak dalam satuan m

Contoh 1.3:

Pada suatu benda A bekerja gaya  $F = 150 \text{ N}$  dan benda tersebut berpindah sejarak  $S = 5 \text{ m}$ . Berapa usaha yang dilakukan gaya F terhadap benda tersebut?.



Gambar 1.7 Contoh besaran usaha

Penyelesaian

Diketahui:

- Gaya  $F = 150 \text{ N}$

- Jarak  $S = 5 \text{ m}$

Ditanyakan : Usaha (W) yang dilakukan

Jawaban :

$$\text{Usaha } W = F \times S \text{ (Nm)}$$

$$= 150 \times 5 = 760 \text{ Nm atau joule.}$$

## 6. Besaran dan satuan Daya

Daya didefinisikan sebagai usaha tiap satuan waktu, Jika pada suatu benda bekerja gaya  $F$  (N) dan benda tersebut bergerak sejauh  $S$  (m) dengan waktu  $t$  (detik) maka daya yang diperlukan sebesar  $P = W/t = (F \times S)$  dalam satuan (Nm/s) atau (watt) . Daya adalah besaran turunan yang mempunyai satuan Nm/s atau joule/s atau (watt).

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F.S}{t} \text{ oleh kerana } v = \frac{S}{t}$$

Maka

$$P = F.V$$

Keterangan :

- $P$  = Daya dalam satuan watt
- $W$  = Usaha dalam satuan Nm atau joule
- $F$  = gaya dalam satuan N
- $S$  = Jarak dalam satuan m
- $V$  = kecepatan dalam satuan m/s
- $t$  = waktu dalam satuan detik (s)

Contoh 1.4:

Untuk memindahkan benda dari tempat A ketempat B yang berjarak 10 m diperlukan gaya  $F = 500$  N dalam waktu 5 detik

- a. Berapa kecepatannya ?
- b. Hitung usahanya !
- c. Berapa watt daya yang diperlukannya

Penyelesaian

Diketahui :

- Jarak  $S = 10$  m
- Gaya  $F = 500$  N
- Waktu  $t = 5$  detik

Ditanyakan :

- a. kecepatan ( $V$ )
- b. usahanya ( $W$ )

c. daya (P) dalam satuan watt

Jawaban:

a. Kecepatan (V)

$$v = \frac{S}{t} \quad ; \quad v = \frac{10}{5} = 2 \text{ m/s}$$

b. Usahnya ( W)

$$W = F \times S = 500 \times 10 = 5000 \text{ Joule}$$

c. Daya (P)

$$P = F.V = 500 \times 2 = 1000 \text{ Watt}$$

7. Besaran dan satuan percepatan

Percepatan adalah besaran turunan yang mempunyai satuan  $\text{m/s}^2$  , percepatan adalah perubahan kecepatan setiap satuan waktu, misalnya percepatan gaya tarik bumi yang dikenal dengan gravitasi, gravitasi dilambangkan dengan huruf g yang besarnya diukur dari atas permukaan laut yaitu  $9,80600 \text{ m/s}^2$  atau  $32,169 \text{ ft/s}^2$  .

Percepatan dirumuskan :  $a = \frac{v}{t} = \frac{S}{t^2}$

Untuk benda benda yang bergerak di percepat beraturan berlaku persamaan:

$$V_t = V_o + at$$

$$S = V_o.t + \frac{1}{2}a.t^2$$

Keterangan:

- a = Percepatan dalam satuan  $\text{m/s}^2$ .
- v = Kecepatan dalam satuan m/s
- t = Waktu dalam satuan detik (s)
- S = Jarak dalam satuan m
- $V_o$  = Kecepatan awal m/s
- $V_t$  = Kecepatan saat t detik (kecepatan akhir ) m/s



#### 8. Besaran dan satuan gaya

Gaya adalah besaran turunan yang mempunyai satuan Newton dengan lambang N . Gaya satu Newton adalah gaya yang bekerja pada satu benda dengan massa 1 kg dan menimbulkan percepatan  $1\text{m/s}^2$ .

Atau dengan persamaan :

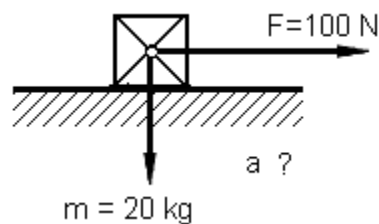
$$F = m \cdot a$$

Keterangan :

- F = Gaya dalam satuan N (newton)
- m = Massa dalam satuan kg
- a = Percepatan dalam satuan  $\text{m/s}^2$  .

Contoh 1.5:

Suatu gaya  $F = 100\text{ N}$  menarik benda yang mempunyai masa  $20\text{ kg}$  , berapa percepatan yang terjadi pada benda itu (lihat gambar)



Gambar 1.8 Gaya pada suatu benda

Penyelesaian :

Diketahui:

- Gaya tarik  $F = 100\text{ N}$
- Massa benda  $m = 20\text{ kg}$

Ditanyakan:

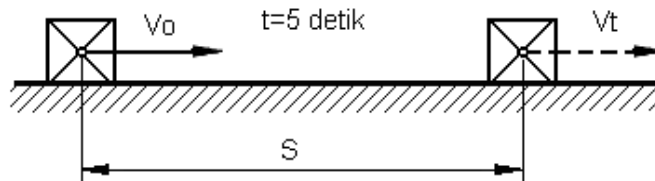
- Percepatan a

Jawaban :

$$F = m \cdot a \text{ atau } a = \frac{F}{m} = \frac{100}{20} = 2\text{m/s}^2$$

Contoh 1.6:

Lihat gambar dibawah, suatu benda mula mula diam kemudian ditarik oleh gaya  $F = 100 \text{ N}$  dan bergerak, berapa percepatan benda tersebut setelah 5 detik jika massa benda tersebut  $m = 20 \text{ kg}$ . Berapa jarak yang ditempuhnya setelah 5 detik .



Gambar 1.9 Jarak tempuh suatu benda

Penyelesaian :

Diketahui :

- Kecepatan awal  $V_0 = 0$  (diam) ; Gaya tarik  $F = 100 \text{ N}$
- Waktu  $t = 5$  detik dan Massa  $m = 20 \text{ kg}$

Ditanyakan :

- Percepatan  $a$
- Jarak  $S$

Jawab

Percepatan yang terjadi:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{100}{20} = 2 \text{ m/s}^2 \quad \text{dan} \quad S = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

maka jarak yang ditempu:

$$S = 0 + \frac{1}{2} 2 \cdot 5^2 = 0 + 25 = 25 \text{ m}$$

#### e. Hukum Newton

Dalam keadaan sehari hari sering kita jumpai hal hal yang berhubungan dengan hukum Newton, sebagai contoh: jika kita dalam kendaraan yang sedang berjalan tiba tiba kendaraan tersebut direm, maka seluruh isi kendaraan termasuk badan kita akan bergerak kedepan , atau sebaliknya jika kita sedang berdiri diatas bis yang sedang diam tiba tiba bis maju maka badan kita akan bergerak kebelakang. Menurut Newton bahwa kedua kasus tersebut menandakan adanya gejala sifat kelembaman. Hukum Newton I

yaitu sebagai berikut : “ Sebuah benda akan tetap diam atau bergerak lurus beraturan , jika tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda itu “

Hukum Newton yang kedua yaitu bahwa gaya adalah sebanding dengan massa dan percepatannya , secara matematis dapat ditulis dengan persamaan :

$$F = m \cdot a$$

Keterangan:

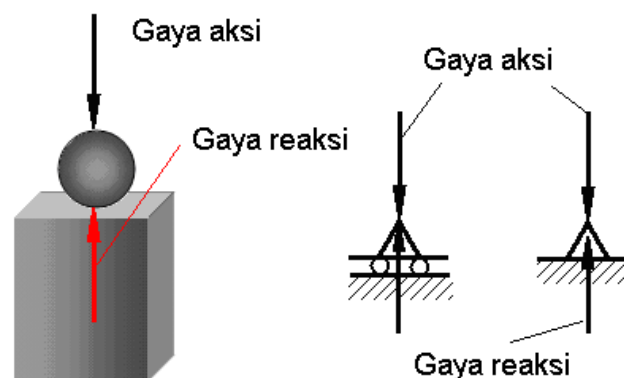
F = gaya dalam satuan ..... Newton , dyne

m = massa dalam satuan ..... kilogram , gram

a = percepatan dalam satuan .....  $m/s^2$  ,  $cm/s^2$  .

Diatas telah dijelaskan bahwa satu Newton adalah besarnya gaya yang bekerja pada massa sebesar 1 kilogram dan menimbulkan percepatan 1  $m/s^2$ . Sedangkan satu dyne yaitu besarnya gaya yang bekerja pada massa sebesar 1 gram dan menimbulkan percepatan 1  $cm/s^2$  .

Hukum Newton ketiga yaitu aksi = reaksi : “Apabila suatu benda mengerjakan gaya pada benda lain sebagai gaya aksi, maka benda kedua ini akan mengerjakan gaya pada benda yang pertama dengan arah berlawanan sebagai gaya reaksi , besarnya gaya aksi sama dengan gaya reaksi .



Gambar 1.10 Gaya aksi dan reaksi

Sehubungan dengan pengetahuan *statika*, yaitu ilmu yang mempelajari keseimbangan gaya dengan gaya-gaya tersebut suatu benda atau suatu sistem dalam keadaan diam, dengan hukum Newton ketiga merupakan

solusi untuk mempelajari benda-benda yang diam atau dalam keadaan seimbang .

Perlu diketahui juga adanya ilmu yang mempelajari gerak dari benda dengan tidak mempelajari sebab-sebabnya. Pengetahuan tersebut disebut dengan *Kinematika*. Sedangkan ilmu yang mempelajari gerak dan sebab-sebabnya disebut dengan *Dinamika*.

### 3. Rangkuman

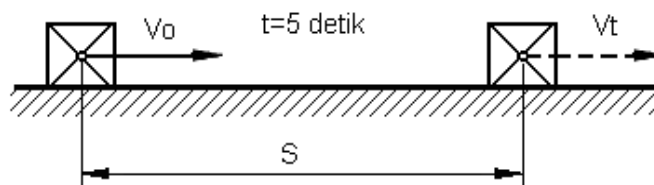
- Pengukuran yang ditulis dengan angka yang bersifat kuantitatif disebut dengan besaran.
- Besaran skalar yaitu besaran yang mempunyai besar atau nilai saja , contoh:
  - Mengukur panjang : 5 meter , 2 km .
  - Mengukur suhu : 40 ° C, 80 ° R
  - Mengukur Volume : 3 liter , 4m<sup>3</sup> .
  - Mengukur massa : 2 kg , 4 lb.
- Besaran vektor yaitu besaran yang mempunyai besar atau nilai dan arah contoh:
  - Mengukur kecepatan kendaraan , misalnya 60 km/h .
  - Mengukur gravitasi bumi tercatat 9,81 m/s<sup>2</sup>.
  - Mengukur Gaya dari torak yang sedang melakukan usaha.
- Mengukur suatu besaran adalah membandingkan besaran yang diukur dengan besaran yang sejenis yang disebut sebagai satuan.
- Satuan pada sistem Satuan Internasional antara lain sebagai berikut :
  - Panjang satuannya Meter (m)
  - Massa satuannya Kilogram (Kg)
  - Waktu satuannya Second (s)
  - Suhu satuannya derajat Kelvin (OK)
  - Kuat arus satuannya Ampere (A)
  - Intensitas cahaya satuannya Kandela (Cd)
  - Jumlah zat satuannya mole ( mol)
  - Gaya satuannya Newton (N)
  - Massa jenis satuannya Kg/m<sup>3</sup> .
  - Tekanan satuannya N/m<sup>2</sup> atau N/mm<sup>2</sup>.

- Usaha atau kerja satuannya  $J = Nm$
  - Daya satuannya  $Watt = J/s$
  - Kecepatan satuannya  $m/s$
  - Percepatan satuannya  $m/s^2$ .
  - Kecepatan sudut satuannya  $rad/s$
  - Percepatan sudut satuannya  $rad/s^2$ .
  - Frekuensi satuannya Hertz (Hz)
  - Besaran dan satuan yang sering digunakan dalam mekanika adalah :
    - Panjang
    - Massa
    - Waktu
    - Gaya
  - Besaran panjang mempunyai satuan meter dengan lambang (m) .
  - Besaran massa mempunyai satuan kilogram dengan lambang (kg).
  - Besaran waktu mempunyai satuan detik.
  - Kecepatan adalah besaran turunan yang mempunyai satuan  $m/s$ .
  - Kercepatan dirumuskan :  $v = \frac{S}{t}$
  - Usaha adalah besaran turunan yang mempunyai satuan  $Nm$  atau joule, usaha didefinisikan sebagai gaya kali jarak.
  - Daya didefinisikan sebagai usaha tiap satuan waktu,
  - Daya adalah besaran turunan yang mempunyai satuan  $Nm/s$  atau joule/s atau (watt) .
- $$P = \frac{W}{t} = \frac{F.S}{t} \text{ oleh kerana } v = \frac{S}{t}$$
- Gaya adalah besaran turunan yang mempunyai satuan Newton dengan lambang  $N$  .
  - Gaya satu Newton adalah gaya yang bekerja pada satu benda dengan massa  $1 \text{ kg}$  dan menimbulkan percepatan  $1m/s^2$ .  
Atau dengan persamaan :  
 $F = m.a$ .
  - Hukum Newton I yaitu sebagai berikut : “ Sebuah benda akan tetap diam atau bergerak lurus beraturan , jika tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda itu “.

- Hukum Newton II yaitu bahwa gaya adalah sebanding dengan massa dan percepatannya , secara matematis dapat ditulis dengan persamaan :  $F=m.a$ .
- Hukum Newton III yaitu aksi = reaksi : “Apabila suatu benda mengerjakan gaya pada benda lain sebagai gaya aksi , maka benda kedua ini akan mengerjakan gaya pada benda yang pertama dengan arah berlawanan sebagai gaya reaksi, besarnya gaya aksi sama dengan gaya reaksi .

#### 4. Tugas

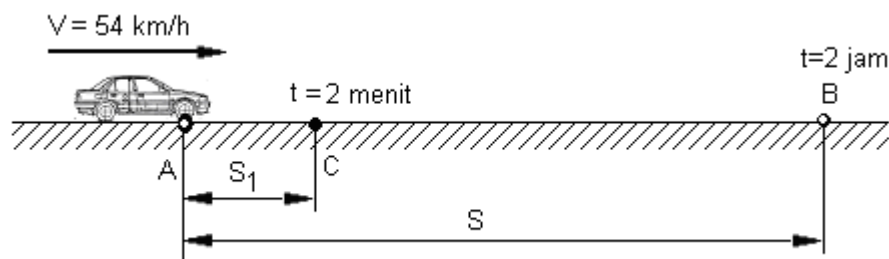
- Diskusikan dalam kelompok mengenai peristiwa yang ada disekitar anda dan relevansinya dengan hukum-hukum Newton.
- Suatu benda mula mula diam kemudian ditarik oleh gaya  $F = 150 \text{ N}$  dan bergerak, berapa percepatan benda tersebut setelah 5 detik jika massa benda tersebut  $m = 25 \text{ kg}$ . Berapa jarak yang ditempuhnya setelah 55 detik .



#### 5. Tes Formatif

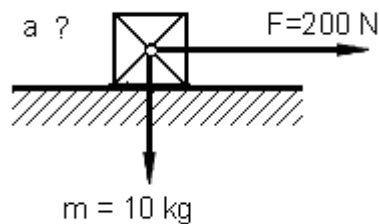
- Jawablah pertanyaan pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas .
  - Apa yang dimaksud dengan besaran ?
  - Sebutkan macam macam contoh besaran yang anda ketahui ?
  - Apa penyebab bergerak atau berubahnya posisi suatu benda dari tempat satu ke tempat lainnya ?
  - Apa satuan gaya menurut Standar Internasional ?
  - Apa yang dimaksud dengan kecepatan ?
  - Tuliskan definisi mengenai usaha !
  - Apa yang dimaksud dengan percepatan ?

- h. Apa satuan dari usaha ?
- i. Tuliskan satuan dari daya
2. Diketahui : lihat gambar ! suatu kendaraan bergerak dari kota A menuju kota B dengan kecepatan tetap  $V = 54 \text{ Km/h}$ .
- Berapa m/s kecepatan kendaraan tersebut
  - Berapa jarak yang ditempuh selama 2 menit
  - Berapa km jarak kota A-B jika dari kota A ke B memerlukan waktu 2 jam .



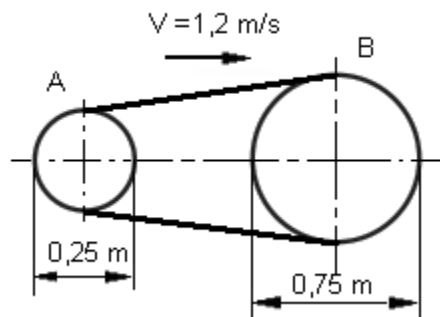
Gambar 1.11 Jarak tempuh kendaraan

3. Suatu gaya  $F = 200 \text{ N}$  menarik benda yang mempunyai masa  $10 \text{ kg}$ , berapa percepatan yang terjadi pada benda itu . lihat gambar



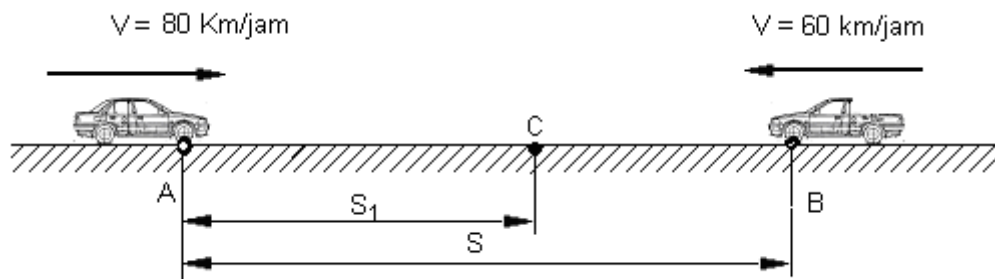
Gambar 1. 12 Gaya suatu benda

4. Suatu roda sabuk , lihat gambar ! mempunyai ukuran diameter  $D_a = 0,25 \text{ m}$  dan  $D_b = 0,75 \text{ m}$ , kecepatan sabuk  $1,2 \text{ m/s}$ .
- hitunglah jumlah putaran pada roda A untuk setiap detiknya .
  - hitunglah jumlah putaran untuk kedua roda tiap menitnya



Gambar 1.13 Transmisi sabuk dan roda

5. Dua kendaraan masing masing bergerak dengan arah yang berlawanan dengan kecepatan tetap yaitu kecepatan kendaraan A = 80 km/jam dan kendaraan B 60 km/jam , jarak antara kota A-B = 280 Km. Kendaraan A dan B bertemu di kota C , Berapa Km jarak kota A-C .



Gambar 1.14 Jarak tempuh kendaraan



## C. Kegiatan Belajar 2 : GAYA

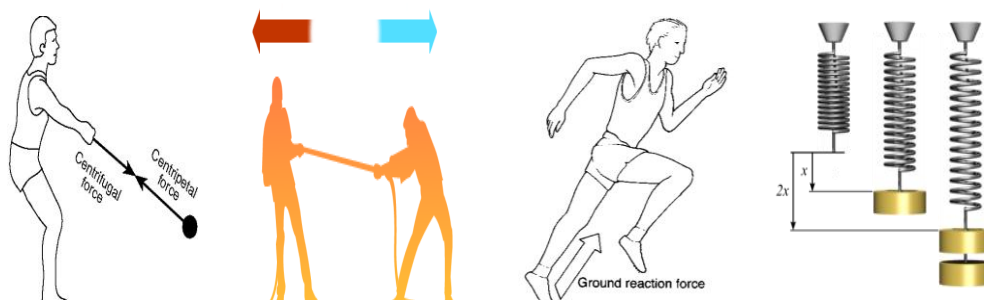
### 1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- Menjelaskan macam-macam gaya.
- Melukis gaya
- Menjumlahkan gaya
- Menghitung keseimbangan gaya

### 2. Uraian Materi

Silahkan mengamati beberapa obyek atau aktifitas yang ada pada gambar berikut atau obyek dan aktifitas disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan mengenai gaya yang terjadi dari apa yang telah anda amati.



Gambar 2.1 Beberapa jenis gaya

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan jenis-jenis gaya yang ada, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis-jenis gaya yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya kelompokan/kategorikan masing-masing benda tadi berdasarkan jenis gayanya. Apabila anda telah melakukan pengelompokan, selanjutnya jelaskan bagaimana kegunaan alat tersebut.

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis-jenis gaya yang telah anda temukan dan jelaskan kegunaannya dalam kehidupan sehari hari.

#### a. Gaya

Dalam sehari hari banyak kita jumpai benda-benda yang bergerak , misalnya kendaraan bermotor yang bergerak di jalan raya , serangkaian gerbong kereta api yang ditarik oleh locomotip , gerobak-kuda , kincir angin , air terjun yang menggerakkan turbin , poros motor bakar yang digerakan oleh energi hasil pembakaran bahan bakar . *Penyebab Bergeraknya benda benda tersebut dikarenakan oleh gaya .*

Selain benda-benda yang bergerak juga benda benda yang diam , misalnya meja dan kursi yang tetap diam ditempatnya , mesin mesin yang diangker pada lantai atau jam dinding yang tetap diam tergantung ditempatnya . Benda benda tersebut tidak akan bergerak dan tetap diam jika tidak ada yang menggerakannya , *yang menggerakkan benda dari posisi diam menjadi bergerak yaitu gaya .*

Suatu kendaraan yang sedang bergerak dengan kecepatan tertentu , sampai diperempatan terlihat lampu kuning menjadi merah mengisyaratkan pada pengendara untuk mengurangi kecepatannya dan berhenti , dengan jalan mengurangi gas dan kemudian direm sehingga mobil tersebut berhenti . *Penyebab berhentinya kendaraan tersebut adalah gaya , yaitu gaya pengereman .*

Jika kita melemparkan benda ke atas pada suatu saat benda tersebut akan berhenti diketinggian tertentu , dan akhirnya benda akan turun lagi kebawah , yang menyebabkan benda tersebut berhenti dan turun lagi kebawah adalah gaya , *yaitu gaya tarik bumi atau gravitasi .*

Dari contoh-contoh di atas kita dapat menyimpulkan bahwa : *gaya adalah segala sesuatu sebab yang menyebabkan benda diam , bergerak , berubahnya posisi benda dari keadaan diam menjadi bergerak atau sebaliknya dari keadaan bergerak menjadi diam .*

#### b. Macam Macam Gaya

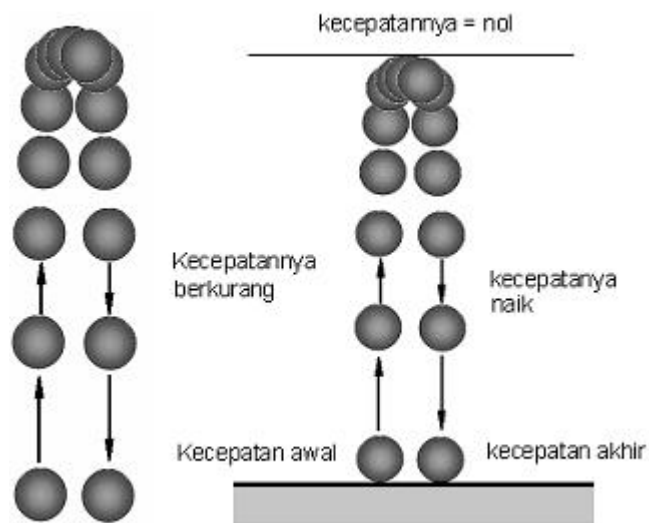
Ditinjau dari bergerak suatu benda , gaya terdiri atas :

- o Gaya tarik bumi ;

- o Gaya alam ;
- o Gaya otot;
- o Gaya kerena pembakaran bahan bakar pada motor;
- o Gaya pegas
- o Gaya centrifugal

### 1. Gaya tarik bumi

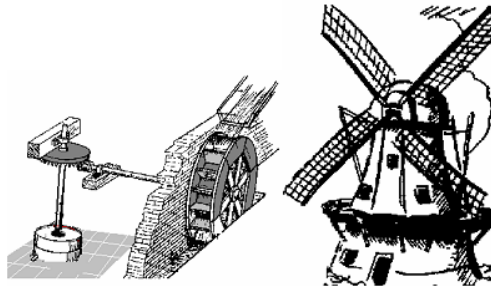
Gaya tarik bumi disebut juga gravitasi yaitu gaya yang menyebabkan benda mempunyai gaya berat , kita misalkan benda yang diletakan diatas meja , maka meja akan menerima gaya berat dari benda tersebut . Suatu benda yang dilemparkan keatas pada suatu saat benda tersebut akan mengalami perubahan kecepatan , dari bergerak cepat berubah menjadi lambat , dan lambat laun kecepatannya menurun dan akhirnya menjadi nol , pada ketinggian tertentu yaitu pada kecepatan nol benda akan berhenti dan turun lagi dengan kecepatannya yang semakin lama semakin besar . Penyebab perubahabn kecepatan suatu saat pada benda tadi adalah gravitasi atau gaya tarik bumi.



Gambar 2.2 Gaya tarik bumi (gravitasi)

### 2. Gaya alam

Sebuah kincir angin berputar menggerakkan dynamo listrik atau perahu nelayan yang bergerak dilaut lepas , air terjun yang menggerakkan turbin di PLTA adalah suatu contoh dari gaya alam .



Gambar 2.3 Gaya alam

### 3. Gaya otot

Gaya otot adalah gaya yang ditimbulkan oleh otot , baik otot manusia maupun hewan , contoh:

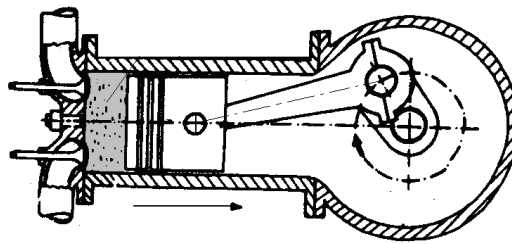
- Membuka baut dengan menggunakan kunci tangan ;
- Menggergaji dengan gergaji tangan;
- Menarik gerobak dengan kuda ;
- Menempa dengan menggunakan palu tangan



Gambar 2.4 Gaya otot

### 4. Gaya tekanan pembakaran

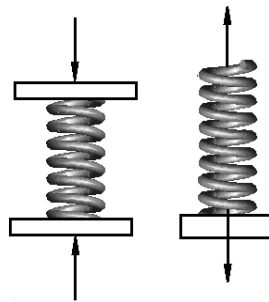
Pada motor bakar , bahan bakar dibakar didalam silinder dan tekanan dari gas pembakaran tersebut mendorong torak untuk bergerak dengan gaya yang sangat tinggi , gaya dari torak selanjutnya diteruskan keporos engkol yang mengubah gerak bolah balik torak menjadi gerak putar.



Gambar 2.5 Gaya pada motor bakar torak

#### 5. Gaya pegas

Jika kita menekan pegas atau per , maka pada tangan kita akan terasa adanya dorongan , atau sebaliknya jika pegas ditarik maka akan terasa ada yang menarik kembali , yang menyebabkan dorongan atau tarikan pada tangan kita adalah gaya pegas . Gaya pegas banyak dimanfaatkan misalnya digunakan untuk menggerakkan robot , peredam getaran atau shock absorber pada kendaraan , pegas katup dan semacamnya .



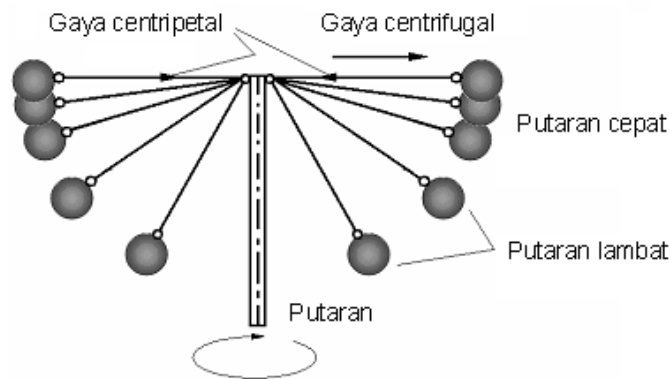
Gambar 2.6 Gaya pegas

#### 6. Gaya sentrifugal

Sebuah bandul diikat dengan tali , kemudian talinya kita pegang dan putar , putar dari putaran pelan sampai putaran cepat , kita dapat mengamati bandul tersebut yaitu : bandul pada putaran rendah berada dibawah dan pada putaran tinggi bandul akan berputar keatas dan pada tali menjadi tegang , jika talinya tidak kuat , kemungkinan besar talinya akan putus dan bandul akan terlempar . Penyebab putusnya tali dan terlemparnya bandul tersebut dikarenakan oleh gaya yang disebut dengan gaya sentrifugal .

Gaya centrifugal banyak dijumpai misalnya pada pompa centrifugal, pengatur kecepatan pada alat pemutus arus pada motor . Gaya centrifugal yaitu gaya yang mengarah keluar , sedangkan gaya yang mengarah

kedalam yang berlawanan dengan arah gaya centrifugal disebut dengan gaya centripetal .



Gambar 2.7 Gaya sentrifugal

### c. Satuan Gaya

Sistim satuan yang berlaku umum terdiri atas :

- Sistim satuan MKS , gaya mempunyai satuan kgf
- Sistim satuan Britis , gaya mempunyai satuan lbf
- Sistim satuan SI , gaya mempunyai satuan N (Newthon) .

### d. Melukis Gaya

Gaya adalah abstrak, tidak dapat dilihat , oleh kerana itu untuk melukis / menggambarkan suatu gaya harus ada persyaratannya yaitu : gaya dapat digambar jika :

- ada titik-tangkap gaya ;
- ada besar gaya ;
- ada arah gaya ;
- ada skala gaya dan skala panjang .

Jika keempat persyaratan di atas sudah terpenuhi maka kita tidak dapat menggambarkan gaya , lihat gambar berikut !



Gambar 2.8 Melukis gaya

### **1. Titik tangkap gaya**

Titik tangkap gaya yaitu tempat gaya bekerja , lihat titik A pada gambar di atas . Besar gaya dinyatakan dalam banyaknya gaya dalam satuan N , kgf atau lbf.

### **2. Skala gaya**

Supaya gaya dapat digambar maka gaya tersebut harus diskala dari besar gaya yang mempunyai satuan gaya [N] , [kgf] atau [lbf] menjadi garis yang mempunyai satuan mm, cm atau inchi dengan panjang sebanding dengan besar gayanya . Misalnya panjang 1 cm garis menunjukkan 10 N , maka untuk menyatakan 50 N harus digambar garis sepanjang 5 cm , contoh skala gaya 1 cm # 10 N .

### **3. Arah gaya**

Gaya mempunyai arah tertentu , misalnya gaya dengan arah kekanan mendatar , gaya dengan arah keatas dan sebagainya . Untuk menunjukan arah dari suatu gaya yaitu dengan anak panah . Lihat gambar di atas.

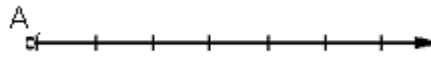
### **4. Skala panjang**

Untuk menggambarkan suatu gaya perlu disesuaikan dengan kondisi kertas yang akan digunakan , misalnya letak antara gaya yang satu dengan gaya yang lain mempunyai jarak 4 meter sedangkan kertas yang akan digunakan adalah kertas A4 yang mempunyai ukuran 210 X 294 mm saja , jelas salah satu gaya tersebut akan terletak diluar kertas gambar , oleh kerena itu supaya semua gaya dengan jarak tertentu dapat digambarkan di atas kertas gambar maka jaraknya atau panjangnya harus diskala ,

Contoh 2.1:

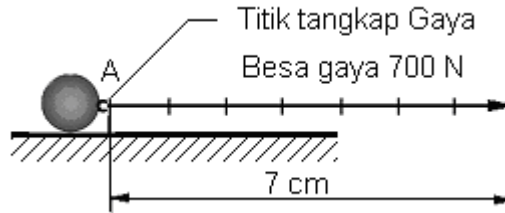
Gambarkan sebuah gaya yang besarnya 700 N bertitik tangkap di titik A dengan arah kekanan mendatar , jika skala gaya 1Cm = 100 N

Jawaban lihat gambar berikut



Gambar 2. 9 Skala gaya

Keterangan :

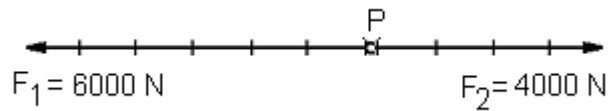


Gambar 2.10 Lukisan gaya

Contoh 2.2:

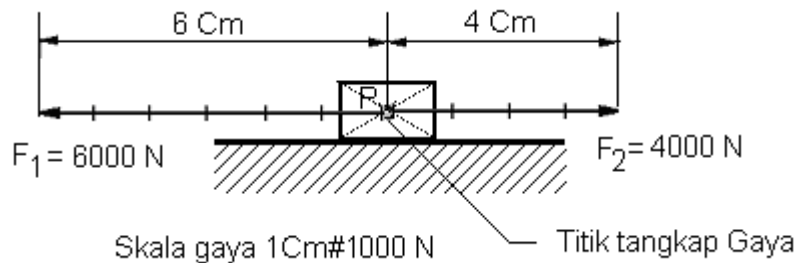
Gambarkan dua buah gaya masing masing besarnya 6000 N dengan arah kekiri mendatar dan 4000 N dengan arah kekanan mendatar mempunyai titik tangkap sama yaitu di titik P Gambarkan gaya tersebut , jika skala gaya 1Cm # 1000 N

Jawaban :



Gambar 2.11 Skala gaya

Keterangan gambar

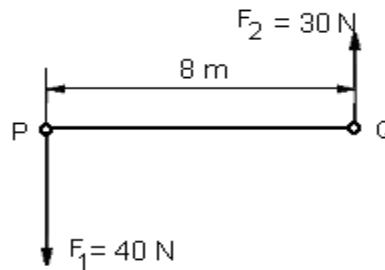


Gambar 2.12 Lukisan gaya

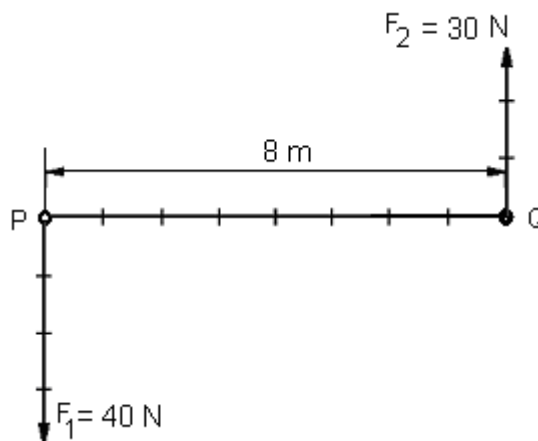


Contoh 2.3:

Dua buah gaya masing masing beritik tangkap di titik P dengan arah tegak kebawah dengan besar gaya  $F_1 = 40 \text{ N}$  dan gaya  $F_2 = 30$  yang bertitik tangkap di titik Q dengan arah tegak keatas Jika jarak P Q = 8 meter , Gambarkan gaya tersebut dengan panjang 1cm # 1m dan skala gaya 1 Cm # 10 N . lihat gambar berikut .



Gambar 2.13 Skala gaya



Gambar 2.14 Skala gaya

#### e. Menjumlah Gaya

Menjumlah gaya tidak sama dengan menjumlah kelereng , kerana menjumlah gaya dipengaruhi oleh besar dan arah gaya . Menjumlah dua gaya dapat dicontohkan seperti berikut .

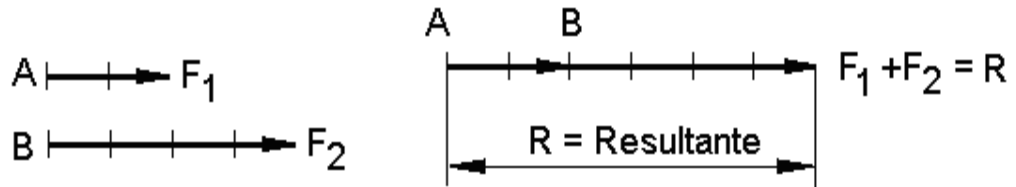
##### 1. Menjumlah dua gaya dengan arah dan titik tangkap sama.

Dua buah gaya masing masing  $F_1 = 20 \text{ N}$  dengan titik tangkap di titik A dan  $F_2 = 40 \text{ N}$  dengan titik tangkap di titik B , kedua gaya tersebut mempunyai

arah sama yaitu kekanan mendatar , lukiskan kedua gaya tersebut dan tentukan jumlah gayanya .

Jawaban :

Skala gaya 10 N # 1 cm

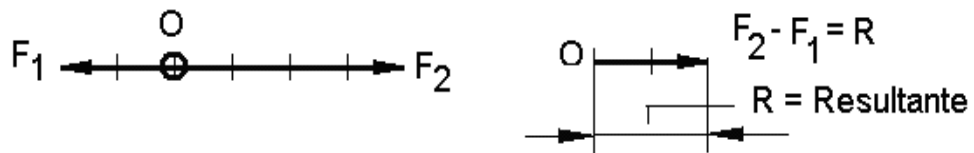


Gambar 2.15 Menjumlah gaya arah yang sama

### 2. Menjumlah dua gaya dengan satu titik tangkap dan arah berlawanan.

Dua buah gaya masing masing  $F_1 = 20$  N dan  $F_2 = 40$  N dengan titik tangkap sama di titik O , kedua gaya tersebut mempunyai arah yang berlawanan yaitu  $F_1$  kekiri mendatar dan  $F_2$  kekanan mendatar , lukiskan kedua gaya tersebut dan tentukan jumlah gayanya .

Jawaban : Skala gaya 10 N # 1 cm

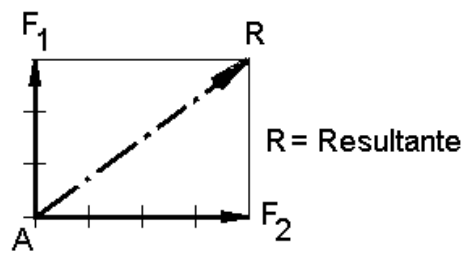


Gambar 2.16 Menjumlah gaya arah berlawanan

### 3. Menjumlah dua gaya dengan satu titik tangkap dan arah berlainan .

Dua buah gaya masing masing  $F_1 = 30$  N dan  $F_2 = 40$  N dengan titik tangkap sama di titik A , kedua gaya tersebut mempunyai arah yang berlainan yaitu  $F_1$  ke atas tegak lurus  $F_2$  yang mempunyai arah kekanan mendatar, lukiskan kedua gaya tersebut dan tentukan jumlah gayanya .

Jawaban : Skala gaya 10 N # 1 cm



Gambar 2.17 Menjumlah gaya arah berlainan

Menjumlah gaya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

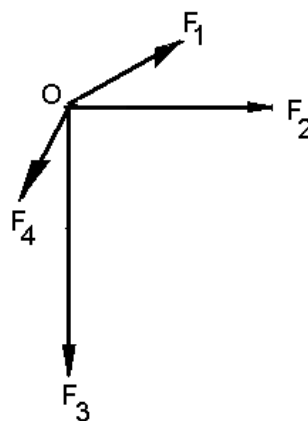
- dengan cara lukisan
- Dengan cara hitungan / analisa

**a. Dengan cara lukisan**

**1) Menjumlah gaya dengan cara lukisan jajaran genjang**

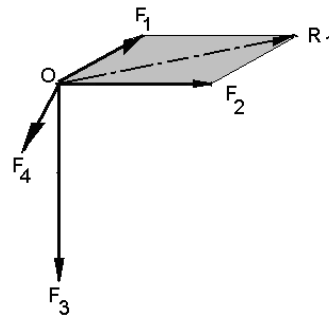
Menyusun atau menjumlah gaya yang mempunyai gaya lebih dari dua gaya dengan titik tangkap sama caranya dapat dijelaskan dengan gambar berikut: Sebagai persiapan untuk melukis gaya diperlukan alat alat gambar terutama mistar segitiga satu pasang dan alat tulis atau potlot serta teknik teknik menggunakan mistar segitiga satu pasang yaitu untuk membuat garis garis sejajar .

Buatlah gambar komponen gaya yang terdiri atas empat gaya yang mempunyai arah berlainan dengan titik tangkap sama seperti pada gambar berikut , Panjang garis disesuaikan dengan skala gayanya .



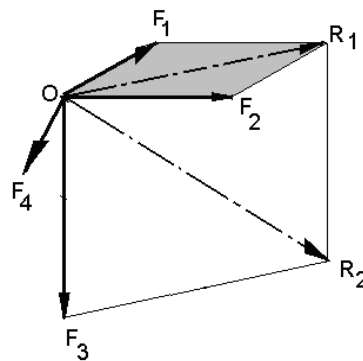
Gambar 2.18 Menjumlah gaya dengan cara jajaran genjang

Jumlahkan  $F_1$  dengan  $F_2$  dengan cara jajaran genjang , gunakan mistar satu stel untuk menarik garis garis sejajarnya. sehingga didapat  $F_1 + F_2 = R_1$  , seperti terlihat pada gambar berikut .



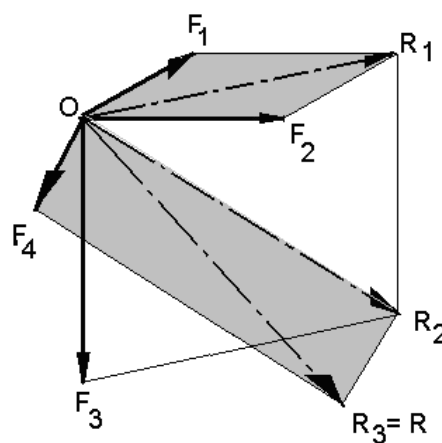
Gambar 2.19 Menjumlah gaya  $F_1 + F_2 = R_1$

Jumlahkan  $F_1 + F_2 + F_3 = R_2$  atau  $R_1 + F_3 = R_2$  . dengan cara jajaran genjang seperti di atas . Lihat gambar berikut !



Gambar 2.20 Menjumlah gaya  $F_1 + F_2 + F_3 = R_2$  atau  $R_1 + F_3 = R_2$

Jumlahkan  $F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = R$  ,atau  $R_1 + R_2 + F_4 = R_3 = R$  dengan cara jajaran genjang seperti di atas . Lihat gambar berikut !



Gambar 2.21 Menjumlah  $F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = R$

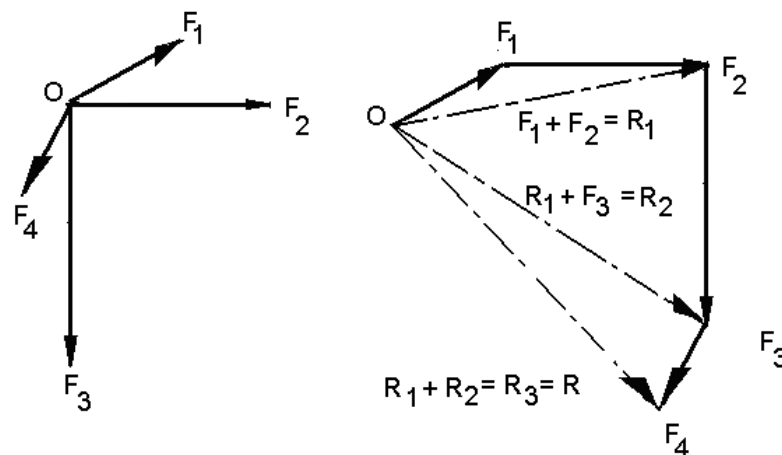
## 2) Menjumlah gaya dengan lukisan kutub

Untuk menjumlah gaya yang mempunyai lebih dari dua gaya dengan titik tangkap sama dan arah berlainan dapat ditentukan dengan cara lukisan kutub, caranya yaitu sebagai berikut :

Buat lukisan komponen gaya sesuai dengan arah dan besar gaya yang telah diskala ;

Buat titik kutub O disebelah kanan susunan gaya tersebut

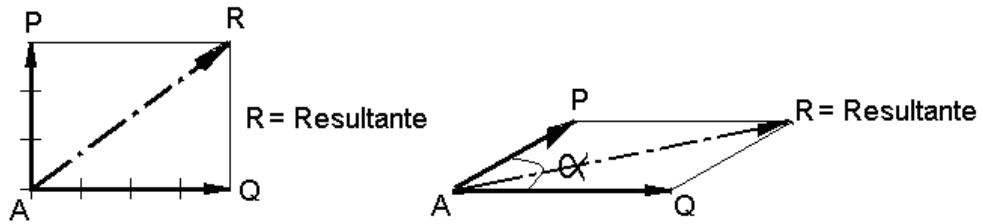
- Pindahkan  $F_1$  sejajar dan sama panjang pada titik O ;
- Pindahkan  $F_2$  sejajar dan sama panjang pada ujung  $F_1$  ;
- Hubungkan titik kutub O dengan ujung gaya  $F_2$  sehingga didapat jumlah  $F_1 + F_2 = R_1$  ;
- Pindahkan  $F_3$  pada Ujung gaya  $F_2$  atau ujung gaya  $R_1$  ;
- Hubungkan titik kutub O dengan ujung  $F_3$ , sehingga didapat  $R_2$  ;
- Pindahkan  $F_4$  sejajar dan sama panjang pada lukisan kutub yaitu pada ujung  $R_2$  atau Ujung gaya  $F_3$  ;
- Hubungkan titik kutub O dengan ujung gaya  $F_4$  atau  $R_2$  sehingga didapat  $R_3$  atau  $R$ ,  $R$  adalah resultan atau jumlah gaya  $R_2 + F_4 = R$ .
- Lihat gambar berikut !



Gambar 2.22 Menjumlah gaya dengan lukisan kutub

### b. Menjumlah gaya dengan cara analisa / hitungan

Jika ada dua buah gaya yang mempunyai titik tangkap sama dengan arah berlainan arah dari kedua gaya membentuk sudut  $\alpha$  maka jumlah resultannya dapat dihitung dengan persamaan berikut :



Gambar 2.23 Dua gaya dengan arah berlainan

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2.PQ \cos \alpha}$$

Untuk  $\alpha = 90^\circ$  maka  $\cos \alpha = 0$  atau berlaku rumus Phytagoras yaitu :

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Keterangan :

- P dan Q = komponen gaya
- $\alpha$  = sudut apit antara dua gaya
- R = Resultan

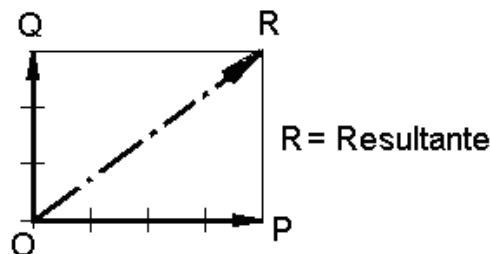
Contoh 2.4:

Dua gaya masing masing gaya P= 40 N dengan arah mendatar kekanan dan gaya Q = 30 N dengan arah tegak ke atas atau membentuk sudut  $90^\circ$  dengan gaya yang lainnya ,

- Gambarkan kedua gaya tersebut dan lukiskan resultannya .
- Hitung resultan dari kedua gaya tersebut

Jawaban :

- a. Lukisan gaya :



Gambar 2.24 Resultan gaya

b. Menghitung resultan :

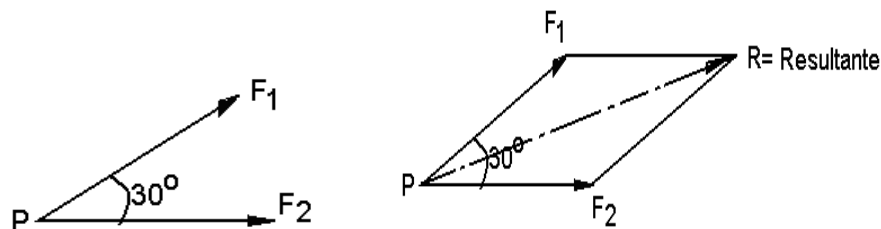
$$R = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$R = \sqrt{40^2 + 30^2}$$

$$R = \sqrt{2500} = 50 \text{ N}$$

Contoh 2.5:

Dua gaya masing masing gaya  $F_1 = 50 \text{ N}$  dengan arah mendatar kekanan dan gaya  $F_2 = 40 \text{ N}$  dengan arah kekanan atas membentuk sudut  $30^\circ$  terhadap gaya yang lainnya , lihat gambar ! Hitung resultannya . :



Gambar 2.25 Resultan dua gaya

Jawaban :

$$R = \sqrt{50^2 + 40^2 + 2.50.40.Cos30^\circ}$$

$$R = \sqrt{2500 + 1600 + 4000.0,866}$$

$$R = 86,97 \text{ N}$$

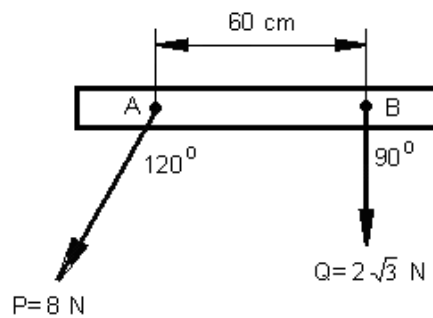
#### f. Menyusun Gaya Yang Terletak Pada Bidang Datar

Jika ada dua buah gaya yang mempunyai titik tangkap berlainan dan terletak pada bidang datar maka untuk menentukan titik tangkap gaya tersebut dapat dilaksanakan dengan dua cara yaitu :

- o dengan cara lukisan .
- o dengan cara analisa/hitungan

##### 1. Dengan cara lukisan

Contoh : Dua buah gaya masing masing mempunyai titik tangkap di titik A dan titik B dengan jarak  $AB = 60 \text{ Cm}$  , besar gaya  $P=8 \text{ N}$  dan arah gayanya ke kiri bawah membentuk sudut  $120^\circ$  terhadap garis mendatar , Gaya  $Q= 2\sqrt{3} \text{ N}$  dengan arah gaya tegak lurus ke bawah , lihat gambar berikut :



Gambar 2.26 Dua gaya dengan titik tangkap berlainan

Dari kedua gaya di atas tentukan :

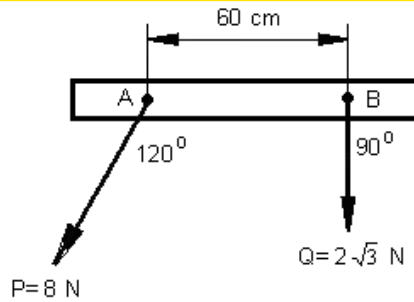
- Besarnya resultan ;
- Arah resultan ;
- Titik tangkap resultan

Penyelesaian Lihat gambar berikut :

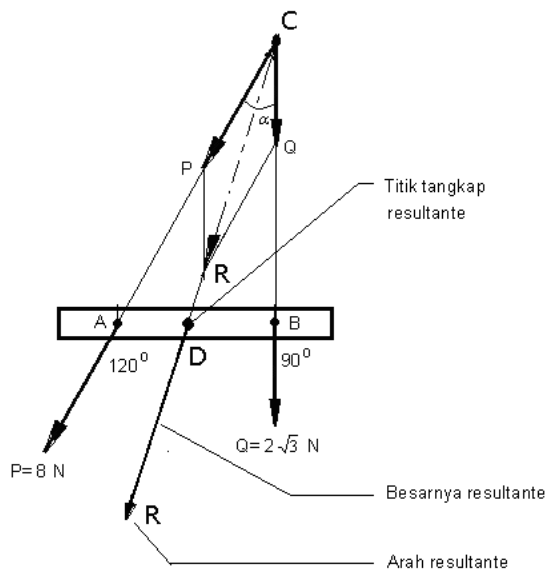
Untuk menentukan titik tangkap , arah dan besarnya gaya resultan dapat dilakukan dengan cara lukisan yaitu sebagai berikut :

- Salin soal diatas dengan skala gaya  $2 \text{ N} \# 1 \text{ cm}$  dan skala panjang  $1: 10$ .
- Perpanjang garis gaya P dan Q keatas sampai bertemu di titik C .
- Pindahkan gaya P dan Q ke titik C .
- Buat jajaran genjang melalui gaya P dan Q tersebut .
- Buat diagonal melalui titik C hingga didapat besarnya resultan R .
- Perpanjang garis kerja gaya R sampai memotong garis AB di titik D , dan titik D adalah titik tangkap resultannya .
- Pindahkan resultan dari titik C ke titik tangkap D . Maka didapat : titik tangkap , arah dan besarnya gaya resultan seperti terlihat pada gambar berikut .
-





Gambar 2.27 Memindahkan gaya



Gambar 2.28 Lukisan gaya

## 2. Dengan cara analisa

Selain dengan cara lukisan dapat juga dilakukan dengan cara hitungan yaitu sebagai berikut :

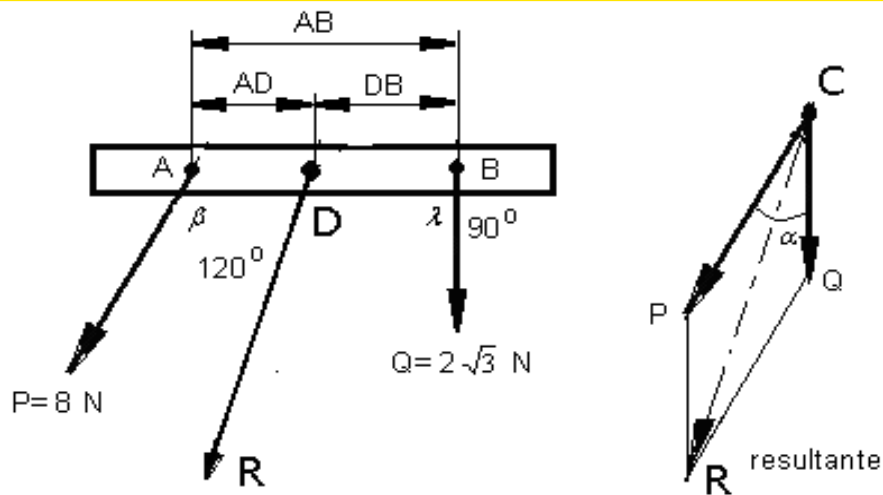
Diketahui :

$AB = 60 \text{ cm}$

$\alpha = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

Ditanyakan : Besar resultan (R) dan titik tangkap gaya resultan

Penyelesaian : lihat gambar :



Gambar 2.29 Titik tangkap gaya resultan

maka :

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2.PQ \cos \alpha}$$

$$R = \sqrt{64 + 12 + 2.8.2\sqrt{3}.\cos 30^\circ}$$

$$R = 11,36 \text{ N}$$

Menentukan titik tangkap :

$$\beta = 120^\circ.$$

$$\lambda = 90^\circ.$$

Jarak titik tangkap R dari titik A ke titik D dihitung dengan persamaan :

$$AD : DB = Q.\sin \lambda : P \sin \beta$$

$$AD : DB = 2\sqrt{3}.\sin 90^\circ : 8.\sin 120^\circ.$$

$$AD : DB = 2\sqrt{3}.1 : 8.X0,5\sqrt{3}. = 2\sqrt{3} : 4\sqrt{3}$$

atau dapat ditulis :

$$\frac{AD}{DB} = \frac{2\sqrt{3}}{4\sqrt{3}} = \frac{1}{2}$$

$$AD = \frac{1.DB}{2} = 0,5DB \text{ atau } DB = 2AD \dots\dots\dots(a)$$

$$AD + DB = AB = 60 \text{ cm}$$

Masukan persamaan (a)

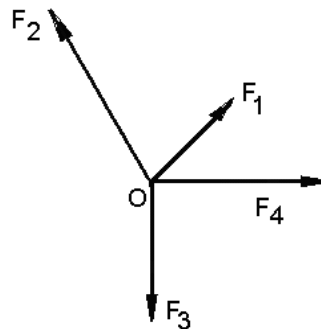
$$AD + 2 AD = 60$$

$3AD = 60$  maka

$AD = 60:3 = 20$  cm dan  $DB = 60-20 = 40$  cm .

#### g. Mengurai Dan Menjumlah Gaya

Mengurai gaya bertujuan untuk menentukan arah dan besarnya resultan dari komponen-komponen gaya yang mempunyai sejumlah gaya dengan titik tangkap sama dan arah berlainan . Sebuah gaya yang mempunyai arah tertentu diuraikan terhadap sumbu X dan sumbu Y , Jika komponen gaya tersebut mempunyai lebih dari satu gaya , maka gaya-gaya lainnya dapat diuraikan juga , sehingga resultan pada sumbu X ( $R_x$ ) maupun resultan pada sumbu Y ( $R_y$ ) dapat ditentukan dengan mudah . Dengan  $R_x$  dan  $R_y$  yang tertentu maka Resultannya (  $R$  ) dapat ditentukan baik besarnya maupun arahnya . Lihat gambar berikut !



Gambar 2.30 Komponen gaya

Untuk menentukan resultan dari komponen-komponen gaya diatas dapat dilaksanakan dengan empat tahap yaitu :

- Tahap pertama dengan menguraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y;
- Tahap kedua menjumlah uraian gaya pada sumbu X dan Sumbu Y , yang menghasilkan  $R_x$  dan  $R_y$ ;
- Tahap ke tiga menghitung besarnya Resultan dengan menggunakan rumus pythagoras , dengan ketentuan besar gaya dalam tanda mutlak .

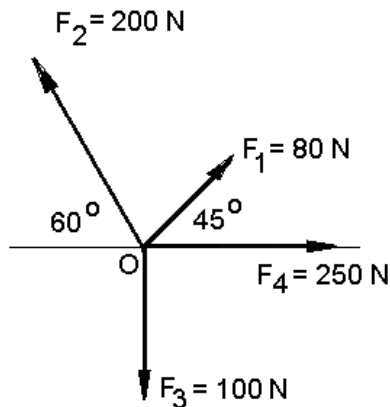
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

- Tahap ke empat menentukan arah Resultan dengan persamaan

$$\text{tg } \alpha = \frac{R_y}{R_x}$$

Contoh soal 2.6:

Empat buah gaya masing masing  $F_1 = 80 \text{ N}$  ,  $F_2 = 200 \text{ N}$  ,  $F_3 = 100 \text{ N}$  dan  $F_4 = 250 \text{ N}$  , mempunyai titik tangkap sama yaitu di titik O dengan arah berlainan seperti pada gambar halaman berikut berikut .

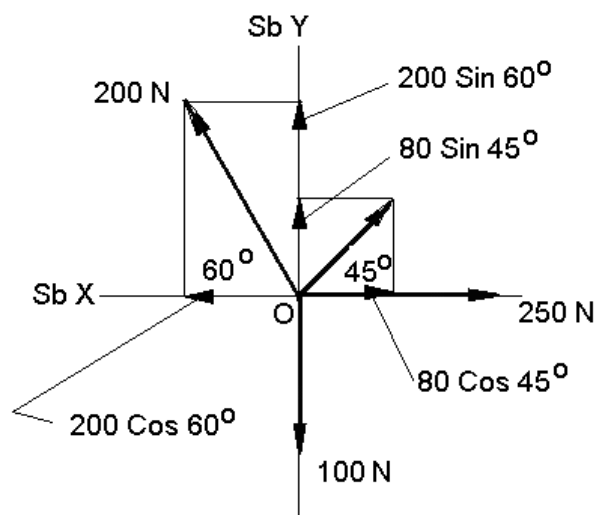


Gambar 2.31 Resultan gaya

- Uraikan gaya gaya tersebut pada sumbu X dan sumbu Y
- Tentukan jumlah gaya pada sumbu X dan sumbu Y ;
- Tentukan resultannya ;
- Tentukan arah resultannya

Penyelesaian :

a. Uraian gaya pada sumbu X dan Y



Gambar 2.32 Uraian gaya pada sumbu X dan sumbu Y

b. Jumlah gaya pada sumbu X dan sumbu Y

$$R_x = 250 + 80 \cos 45^\circ - 200 \cos 60^\circ .$$

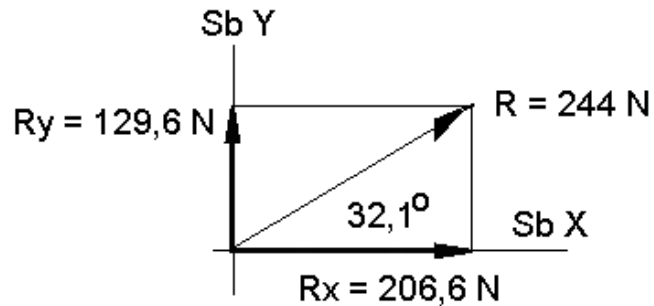
$$R_x = 250 + 56,6 - 100$$

$$R_x = 206,6 \text{ N}$$

$$R_y = 200 \sin 60^\circ + 80 \sin 45^\circ - 100$$

$$R_y = 173 + 56,6 - 100$$

$$R_y = 129,6 \text{ N}$$



Gambar 2.33 Gaya pada sumbu x dan sumbu y

c. Menentukan resultan

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

$$R = \sqrt{206,6^2 + 129,6^2}$$

$$R = 244 \text{ N}$$

d. Menentukan arah resultan

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_y}{R_x}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{129,6}{206,6} = 0,627$$

$$\alpha = 32,1^\circ .$$

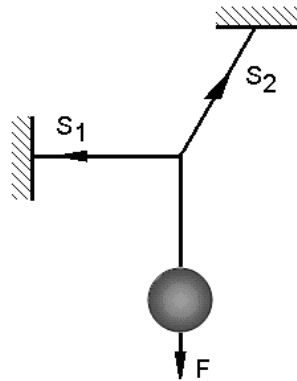
## h. Keseimbangan Gaya

### 1. Syarat syarat keseimbangan

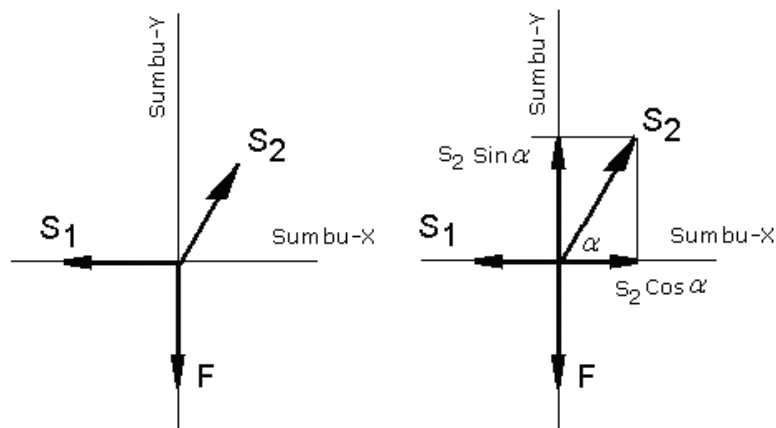
Untuk komponen gaya yang mempunyai titik tangkap sama dengan arah berlainan , misalnya pada pembebanan yang terdapat pada simpul tali atau

simpul sambungan rangka , gaya gaya dikatakan seimbang atau benda dalam keadaan diam / statis jika :

- Jumlah gaya pada sumbu X = nol ( $\Sigma X = 0$ );
- Jumlah gaya pada sumbu Y = nol. ( $\Sigma Y = 0$ ).



Gambar 2. 34 Keseimbangan gaya



Gambar 2.35 Uraian gaya pada tali

Gaya gaya pada tali dalam keadaan seimbang jika :

- Jumlah gaya pada sumbu X = nol ( $\Sigma X = 0$ ); yaitu :  

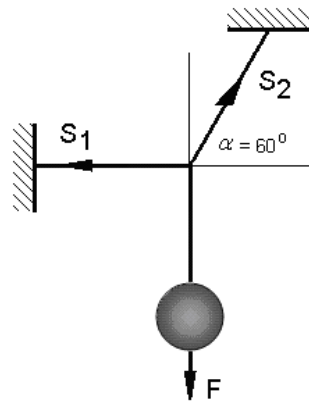
$$S_2 \cdot \cos \alpha - S_1 = 0$$
- Jumlah gaya pada sumbu Y = nol. ( $\Sigma Y = 0$ ).  

$$S_2 \cdot \sin \alpha - F = 0$$

Contoh 2.7:

Diketahui pembebanan pada tali dengan gaya gaya dalam keadaan seimbang , jika  $\alpha = 60^\circ$ . dan  $F = 100 \text{ N}$ .

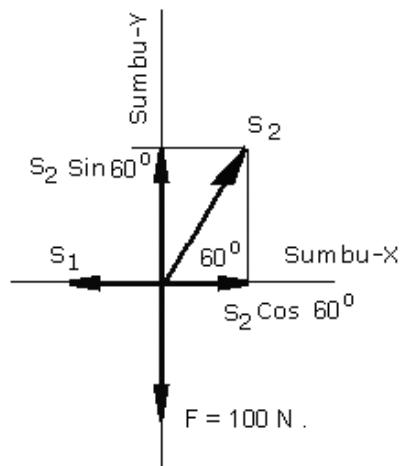
- Uraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y
- Hitung gaya yang terjadi pada tali 1 ( $S_1$ ) dan tali ke 2 ( $S_2$ )



Gambar 2.36 Keseimbangan gaya

Penyelesaian

Uraian komponen gaya terhadap sumbu X dan Y



Gambar 2.37 Uraian keseimbangan gaya

Gaya yang terjadi pada tali 1 ( $S_1$ ) dan tali ke 2 ( $S_2$ )

Gaya gaya pada tali dalam keadaan seimbang jika :

- Jumlah gaya pada sumbu X = nol ( $\Sigma X = 0$ ); yaitu :

$$S_2 \cdot \cos 60^\circ - S_1 = 0$$

$$\text{atau} \quad S_1 = S_2 \cdot \cos 60^\circ .$$

$$S_1 = 0,5 S_2.$$

- Jumlah gaya pada sumbu Y = nol. ( $\Sigma Y = 0$ ).

$$S_2 \cdot \sin 60^\circ - F = 0$$

$$S_2 \cdot 0,86 - 100 = 0$$

$$S_2 \cdot 0,86 = 100$$

$$S_2 = \frac{100}{0,86} = 116,27 \text{ N}$$

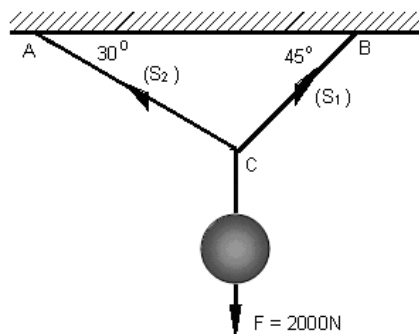
Dari persamaan  $S_1 = 0,5 S_2$ . maka:

$$S_1 = 0,5 \frac{100}{0,86} = \frac{50}{0,86} = 58,14 \text{ N}$$

Contoh 2.8:

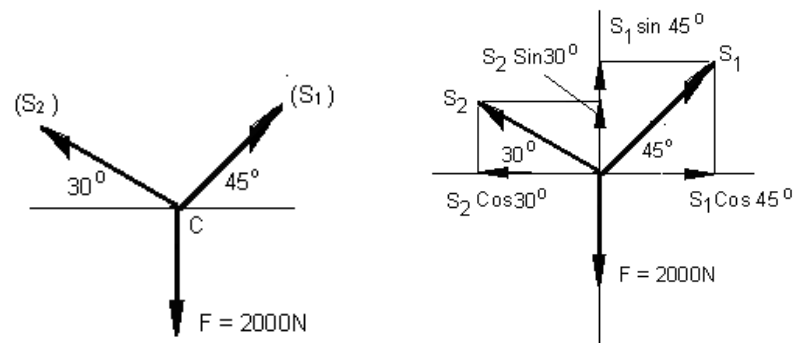
Diketahui pembebanan pada tali dengan gaya gaya dalam keadaan seimbang, jika  $\alpha_1 = 30^\circ$ ;  $\alpha_2 = 45^\circ$  dan  $F = 2000 \text{ N}$ .

- Uraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y
- Hitung gaya yang terjadi pada tali 1 ( $S_1$ ) dan tali ke 2 ( $S_2$ )
- 



Gambar 2.38 Keseimbangan gaya

Uraian gaya gaya pada sumbu X dan Y



Gambar 2.39 Uraian gaya pada sumbu x dan sumbu y



Gaya yang terjadi pada tali 1 ( $S_1$ ) dan tali ke 2 ( $S_2$ )

Gaya gaya pada tali dalam keadaan seimbang jika :

- Jumlah gaya pada sumbu X = nol ( $\Sigma X = 0$ ); yaitu :

$$S_1 \cdot \cos 45^\circ - S_2 \cdot \cos 30^\circ = 0$$

$$\text{atau } S_1 = \frac{S_2 \cdot \cos 30^\circ}{\cos 45^\circ} \dots\dots\dots (1)$$

- Jumlah gaya pada sumbu Y = nol. ( $\Sigma Y = 0$ ).

$$S_1 \cdot \sin 45^\circ + S_2 \cdot \sin 30^\circ - F = 0$$

$$S_1 \cdot \sin 45^\circ + S_2 \cdot \sin 30^\circ = 2000 \dots\dots\dots (2)$$

Substitusikan persamaan (1) pada persamaan (2)

$$\frac{S_2 \cdot \cos 30^\circ}{\cos 45^\circ} \cdot \sin 45^\circ + S_2 \cdot \sin 30^\circ = 2000$$

$$S_2 \left( \frac{\cos 30^\circ \cdot \sin 45^\circ}{\cos 45^\circ} + \sin 30^\circ \right) = 2000$$

$$S_2 = \frac{2000}{\left( \frac{\cos 30^\circ \cdot \sin 45^\circ}{\cos 45^\circ} + \sin 30^\circ \right)} = \frac{2000}{\frac{0,866 \times 0,707}{0,707} + 0,5}$$

$$S_2 = 1464,13 \text{ N}$$

Lihat persamaan (1)

$$S_1 = \frac{S_2 \cdot \cos 30^\circ}{\cos 45^\circ}$$

Maka

$$S_2 = \frac{1464,13 \times 0,866}{0,707} = 1793,40 \text{ N}$$

### 3. Rangkuman

- Gaya adalah segala sesuatu sebab yang menyebabkan benda diam, bergerak , berubahnya posisi benda dari keadaan diam menjadi bergerak atau sebaliknya dari keadaan bergerak menjadi diam.
- Ditinjau dari bergerak suatu benda , gaya terdiri atas :
  - Gaya tarik bumi ;
  - Gaya alam ;
  - Gaya otot;
  - Gaya kerana pembakaran bahan bakar pada motor;
  - Gaya pegas
  - Gaya centrifugal.
- Sistim satuan yang berlaku umum terdiri atas :
  - Sistim satuan MKS , gaya mempunyai satuan kgf
  - Sistim satuan Britis , gaya mempunyai satuan lbf
  - Sistim satuan SI , gaya mempunyai satuan N (Newthon) .
- Gaya adalah abstrak , tidak dapat dilihat , oleh kerana itu untuk melukis / menggambarkan suatu gaya harus ada persyaratannya yaitu : gaya dapat digambar jika :
  - ada titik-tangkap gaya ;
  - ada besar gaya ;
  - ada arah gaya ;
  - ada skala gaya dan skala panjang .

- Menjumlah gaya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :
  - dengan cara lukisan
  - Dengan cara hitungan / analisa
- Jika ada dua buah gaya yang mempunyai titik tangkap berlainan dan terletak pada bidang datar maka untuk menentukan titik tangkap gaya tersebut dapat dilaksanakan dengan dua cara yaitu :
  - dengan cara lukisan .
  - dengan cara analisa/hitungan
- Mengurai gaya bertujuan untuk menentukan arah dan besarnya resultan dari komponen-komponen gaya yang mempunyai sejumlah gaya dengan titik tangkap sama dan arah berlainan.
  
- Untuk menentukan resultan dari komponen komponen gaya diatas dapat dilaksanakan dengan empat tahap yaitu :
  - Tahap pertama dengan menguraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y;
  - Tahap kedua menjumlah uraian gaya pada sumbu X dan Sumbu Y , yang menghasilkan Rx dan Ry;
  - Tahap ke tiga menghitung besarnya Resultan dengan menggunakan rumus phytagoras , dengan ketentuan besar gaya dalam tanda mutlak.
 
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$
  - Tahap ke empat menentukan arah Resultan dengan persamaan
 
$$\text{tg } \alpha = \frac{R_y}{R_x}$$
- Untuk komponen gaya yang mempunyai titik tangkap sama dengan arah berlainan , misalnya pada pembebanan yang terdapat pada simpul tali atau simpul sambungan rangka , gaya gaya dikatakan seimbang atau benda dalam keadaan diam / statis jika :
  - Jumlah gaya pada sumbu X = nol ( $\Sigma X = 0$ );
  - Jumlah gaya pada sumbu Y = nol. ( $\Sigma Y = 0$ ).

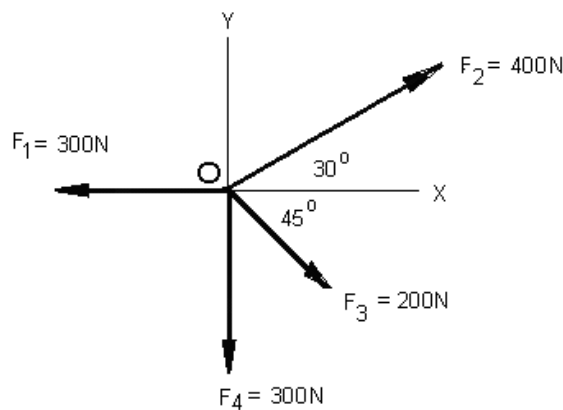
#### 4. Tugas

Diskusikan dalam kelompok mengenai prinsip-prinsip penggunaan gaya dalam kehidupan sehari-hari.

### 5. Tes Formatif

1. Empat buah gaya dengan arah berlainan mempunyai titik tangkap sama yaitu di titik O masing masing  $F_1 = 300\text{ N}$  dengan arah mendatar kekiri ,  $F_2 = 400\text{ N}$  dengan arah kekanan atas membentuk sudut  $30^\circ$  terhadap sumbu X,  $F_3 = 200\text{ N}$  dengan arah kekanan bawah membentuk sudut  $45^\circ$  terhadap sumbu X dan  $F_4 = 300\text{ N}$  dengan arah tegak kebawah , seperti pada gambar berikut .

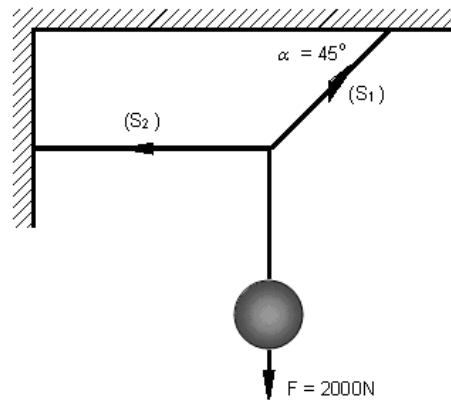
- Uraikan gaya gaya tersebut pada sumbu X dan sumbu Y
- Tentukan jumlah gaya pada sumbu X dan sumbu Y ;
- Tentukan arah dan besar gaya resultannya !



Gambar 2.40 Uraian gaya

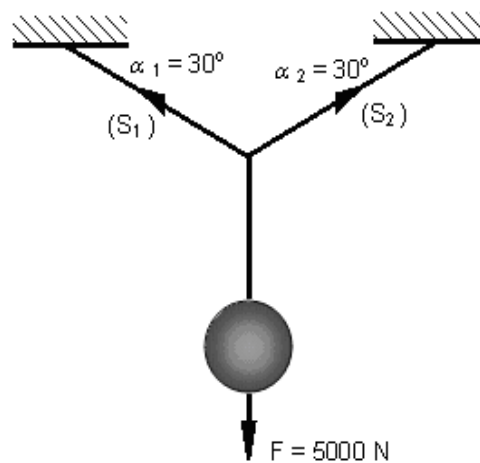
2. Diketahui pembebanan pada tali dengan gaya gaya dalam keadaan seimbang , jika  $\alpha = 45^\circ$  . dan  $F = 2000\text{ N}$  .

- Uraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y
- Hitung gaya yang terjadi pada tali 1 (S1 ) dan tali ke 2 (S2 )



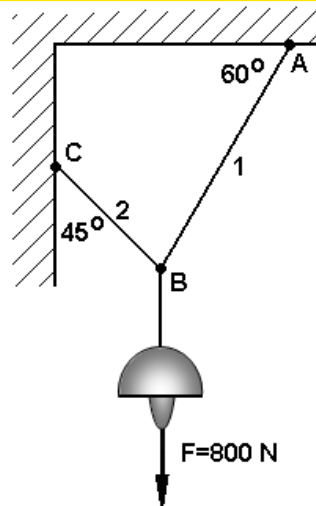
Gambar 2.41 Keseimbangan gaya

3. Diketahui pembebanan pada tali dengan gaya gaya dalam keadaan seimbang , jika  $\alpha_1 = 30^\circ$  ;  $\alpha_2 = 30^\circ$  dan  $F = 5000 \text{ N}$  .
  - o Uraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y
  - o Hitung gaya yang terjadi pada tali 1 ( $S_1$ ) dan tali ke 2 ( $S_2$ )



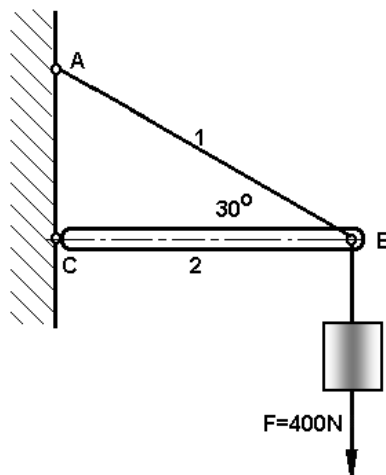
Gambar 2.42 Keseimbangan gaya

4. Diketahui pembebanan pada tali dengan gaya gaya dalam keadaan seimbang , jika  $\alpha_1 = 60^\circ$  ;  $\alpha_2 = 45^\circ$  dan  $F = 800 \text{ N}$  . lihat gambar !
  - o Uraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y
  - o Hitung gaya yang terjadi pada tali 1 ( $S_1$ ) dan tali ke 2 ( $S_2$ )



Gambar 2.43 Keseimbangan gaya

5. Diketahui Batang BC mendatar ditarik dengan tali AB dengan sudut  $\alpha = 30^\circ$  , jika pada ujung batang BC yaitu pada titik B dibebani oleh gaya F yang besarnya = 400 N . Dan gaya gaya dalam keadaan seimbang lihat gambar !
- Uraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y
  - Hitung gaya yang terjadi pada tali 1 AB (S1 )
  - Hitung gaya reaksi pada titik C atau batang BC .



Gambar 2.44 Keseimbangan gaya

#### **D. Kegiatan Belajar 3 : MOMEN DAN KESEIMBANGAN**

##### **1. Tujuan Pembelajaran**

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menyebutkan dan menjelaskan momen dan keseimbangan
- b. Menyebutkan dan menjelaskan kopel.
- c. Menyebutkan dan menjelaskan titik tangkap resultan gaya

##### **2. Uraian Materi**

Silahkan mengamati aktifitas yang ada pada gambar berikut atau obyek dan aktifitas disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan mengenai momen yang terjadi dari apa yang telah anda amati.



Gambar 3.1 Contoh momen

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan momen dan kopel yang ada, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait momen dan kopel yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya kelompokan/kategorikan masing-masing obyek tadi berdasarkan momen dan kopel yang terjadi.. Apabila anda telah melakukan pengelompokan, selanjutnya jelaskan bagaimana kegunaan alat tersebut.

Presentasikan hasil pengumpulan data-data anda, terkait dengan momen dan keseimbangan yang telah anda temukan dan jelaskan kegunaannya dalam kehidupan sehari hari

#### a. Momen

Dalam keteknikan banyak alat alat yang dapat digunakan untuk meringankan atau membantu pekerjaan , misalnya membuka mur atau baut, untuk membuka mur atau baut yaitu dengan cara memutarannya dan bagai mana jika memutarakan mur atau baut dilakukan dengan tangan kosong ? Berat bukan ! Supaya mudah untuk membuka mur atau baut tersebut maka digunakan kunci. Gaya yang diberikan pada kunci dengan tangkai pendek dan tangkai panjang saat membuka baut yang sama akan terasa berbeda. Ringan dan beratnya saat membuka mur dan baut tersebut tergantung pada panjang dan pendeknya tangkai kunci , semakin panjang tangkai kunci yang digunakan maka membuka baut akan terasa semakin ringan, hal tersebut dikerenakan momen.

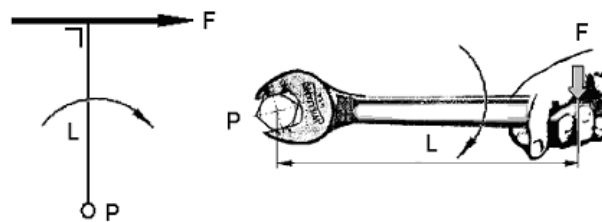
Kasus lain: sebuah batang bambu panjangnya 4 m dengan berat 10 kg , coba angkat dengan posisi ditengah tengah ! dapat terangkat kan !



Sekarang coba lakukan dengan mengangkat pada posisi diujungnya ! bagaimana ? tidak terangkat kan! padahal berat bambunya sama 10 kg . Tidak terangkatnya bambu tersebut dikarenakan momen.

Alat alat keteknikan yang memanfaatkan momen antara lain: tuas , batang pemutar, engkol, dongkrak, puli / katrol, pedal rem dan alat alat lainnya.

Momen ialah hasil kali gaya dengan jarak dari gaya terhadap titik tersebut. Jika Gaya diberi simbol  $F$  dan jarak dari gaya terhadap titik adalah  $L$  , maka momen dapat ditulis :  $M = F \times L$  ..... (1)



Gambar 3.2 Prinsip momen

Untuk membedakan arah momen, macam macam momen terdiri atas:

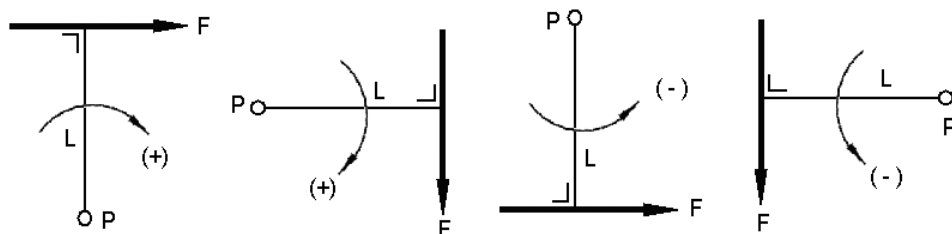
1) Momen positif

Momen positif yaitu momen yang mempunyai arah kekanan atau searah dengan arah jarum jam .

2) Momen negatif

Momen negatif yaitu momen yang mempunyai arah berlawanan dengan arah jarum jam .

Perhatikan gambar berikut:

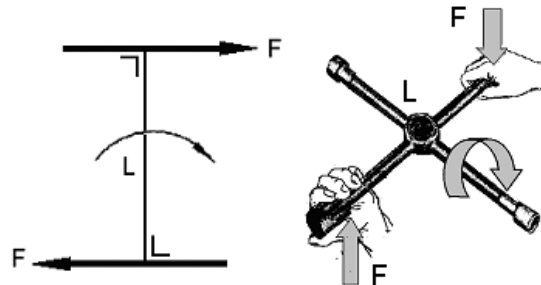


Gambar 3.3 Macam macam arah momen

**b. Kopel**

Kopel yaitu dua buah gaya yang sama besar, sejajar dan berlawanan arah dengan titik tangkap yang berlainan. Jika kedua gaya masing masing adalah  $F$  dengan jarak  $L$  , maka besarnya kopel yaitu:

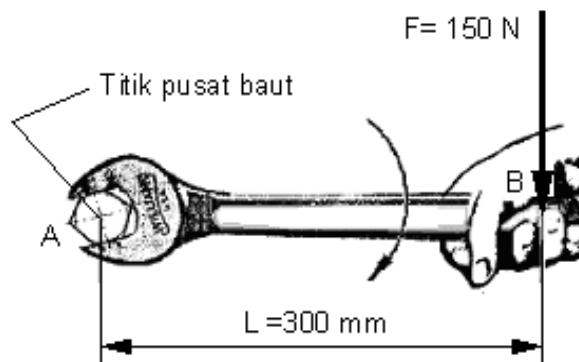
$$K = F \times L \dots\dots\dots (2)$$



Gambar 3.4 Prinsip kopel

Contoh 3.1:

Suatu kunci-pas digunakan untuk memutar dan mengikat baut dengan gaya  $150 \text{ N}$  , berapa  $\text{Nm}$  momen yang terjadi pada pusat baut ? jika panjang kunci =  $300 \text{ mm}$  . Lihat gambar berikut !



Gambar 3.5 Perhitungan momen

Diketahui:

Panjang kunci  $L = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$

Gaya  $F = 150 \text{ N}$  .

Ditanyakan :

Momen pada titik pusat baut ( $M_A$ )

Jawaban :

$$M_A = F \times L$$

$$M_A = 150 \times 0,3 = 45 \text{ Nm} .$$

### c. Momen Dan Keseimbangan

Di atas telah dijelaskan bahwa syarat syarat keseimbangan untuk komponen gaya yang mempunyai titik tangkap sama dengan arah berlainan, adalah

- o Jumlah gaya pada sumbu X = nol ( $\Sigma X = 0$ );
- o Jumlah gaya pada sumbu Y = nol. ( $\Sigma Y = 0$ ).

Sedangkan untuk gaya gaya yang mempunyai titik tangkap berlainan , dimana titik tangkap gaya satu dengan titik tangkap lainnya mempunyai jarak tertentu , sehingga menimbulkan momen , oleh kerena itu untuk komponen gaya yang mempunyai titik tangkap berlainan selain  $\Sigma X = 0$ ;  $\Sigma Y = 0$ . juga jumlah momen pada suatu titik sama dengan nol atau dapat di tulis  $\Sigma M = 0$ . Juga jumlah gaya aksi sama dengan jumlah gaya reaksi .

Keterangan :

- o Gaya reaksi adalah gaya yang berlawanan dengan gaya aksi ,
- o Jumlah gaya aksi sama dengan jumlah gaya reaksi
- o Jumlah gaya aksi dengan gaya reaksi sama dengan nol ,

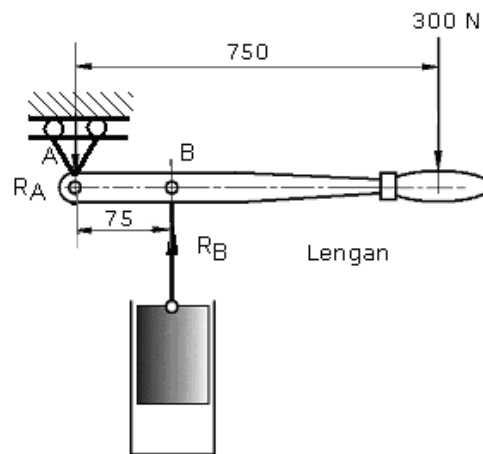
Lihat gambar halaman berikut



Gambar 3.6 Gaya aksi dan reaksi

Contoh 3.2:

Suatu tuas dari pompa digunakan untuk menekan torak , jika gaya pada 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 3.7 Contoh aplikasi momen dan keseimbangan

Jika dalam keadaan seimbang maka jumlah momen di titik A = 0 ( $\sum M_A=0$ ) yaitu :

$$\sum M_A = 0$$

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

$$225000 - 75R_B = 0$$

$$R_B = \frac{225000}{75} = 3000 \text{ N}$$

Dalam keadaan seimbang  $\sum Y = 0$ .

$$R_B - 300 - R_A = 0$$

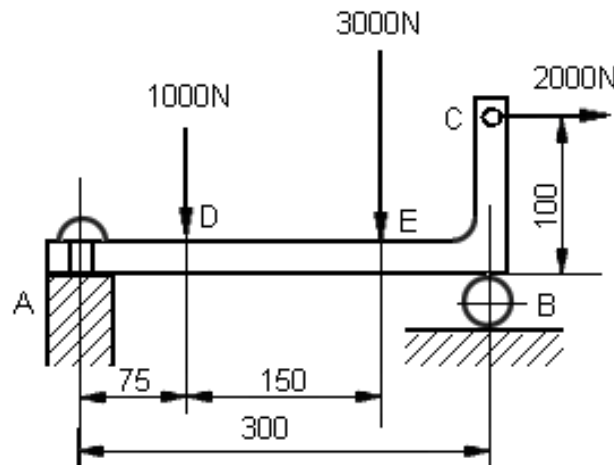
$$3000 - 300 - R_A = 0$$

$$R_A = 2700 \text{ N}$$

Contoh 3.3 :

Suatu batang berbentuk siku seperti terlihat pada gambar . Pada tumpuan A di jepit dan pada tumpuan B adalah tumpuan roll . Batang tersebut di bebani pada titik D sebesar dengan arah kebawah 1000 N pada titik E = 3000 N dan pada titik C dengan arah mendatar kekanan sebesar 2000 N . Jarak A-D = 75 mm ; D-E = 75 mm A-B = 300 mm dan B-C = 100 mm . Pembebanan dalam keadaan seimbang .

Hitung gaya reaksi pada tumpuan B dan A ( $R_B$  ,  $R_{AV}$  dan  $R_{AH}$ )



Gambar 3.8 Momen pada batang siku

Pentyelesaian

Jika dalam keadaan seimbang, maka:

$$\sum M_A = 0$$

$$2000 \times 100 - R_B \times 300 + 3000 \times 225 + 1000 \times 75 = 0$$

$$200.000 - 300 R_B + 675.000 + 75.000 = 0$$

$$950.000 - 300 R_B = 0;$$

$$\text{jadi } R_B = \frac{950.000}{300}$$

$$= 3167 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$2000 \times 100 - 3000 \times 75 - 1000 \times 225 - R_{AV} \cdot 300 = 0$$

$$200.000 - 225.000 - 225.000 - 300 \cdot R_{AV} = 0$$

$$- 250.000 - 300 R_{AV} = 0$$

$$- R_{AV} = \frac{250.000}{300} = 833 \text{ N}$$

atau  $R_{AV} = - 833 \text{ N}$  (arahnya ke atas)

$$\sum H = 0$$

$$200 + R_{AH} = 0$$

$$R_{AH} = - 200 \text{ N (kekiri)}$$

$$\sum V = 0$$

$$1000 + 3000 - 833 - 3167 = 0 \text{ (sesuai)}$$

#### d. Menentukan Titik Tangkap Resultan Dengan Momen

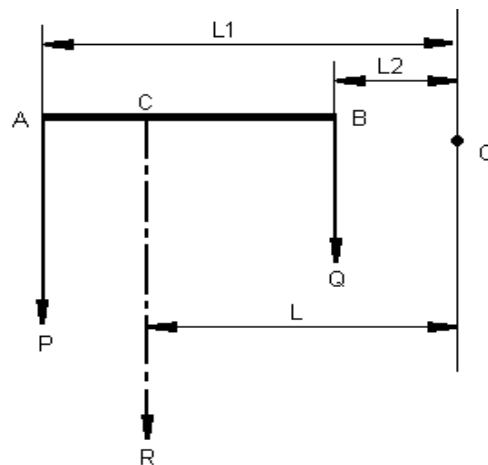
Untuk menentukan titik tangkap dan besarnya resultane dari gaya gaya yang mempunyai arah sama dengan titik tangkap berlainan dapat dilakukan dengan cara analisa dan cara lukisan .

##### Cara analisa

Untuk menentukan R yaitu :

$$R = P + Q$$

Sedangkan untuk menentukan titik tangkap resultan, yaitu jarak dari satu titik ke titik tangkap gaya/resultan yaitu dengan menggunakan persamaan momen yaitu Jumlah momen gaya terhadap suatu titik sama dengan aya resultan X jarak terhadap titik tersebut, lihat gambar berikut :

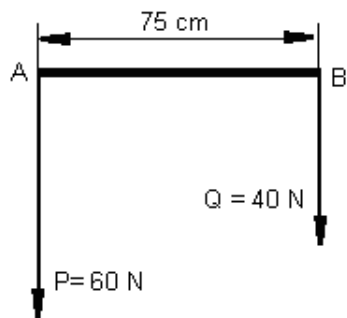


Gambar 3.9 Resultan dua gaya dengan arah yang sama

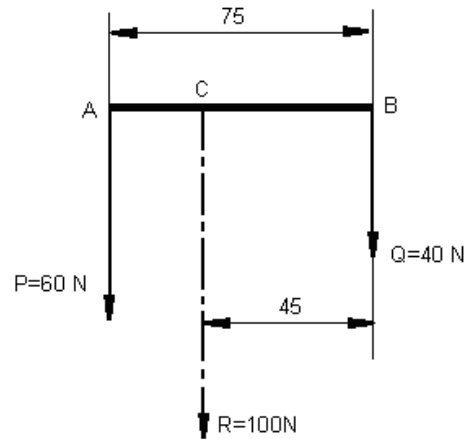
$$R.L = P.L_1 + Q.L_2 \text{ atau } L = \frac{P.L_1 + Q.L_2}{R}$$

Contoh 3.4:

Tentukan besar resultan dan titik tangkap resultan dari komponen gaya berikut:  $P= 60 \text{ N}$   $Q = 40 \text{ N}$  ;  $AB 75 \text{ cm}$



Gambar 3.10 Komponen gaya



Gambar 3.11 Titik tangkap resultan

Besarnya resultan yaitu :

$$R = P + Q = 60 + 40 = 100 \text{ N}$$

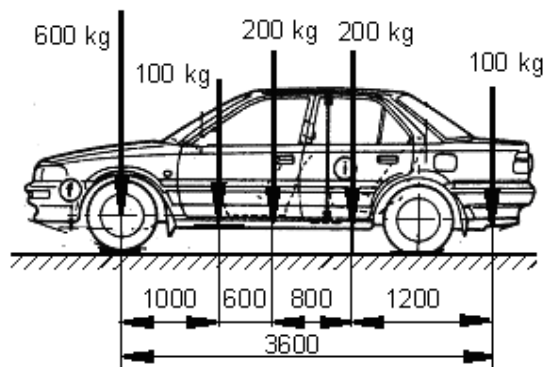
Titik tangkap resultan : Jika titik O terletak di titik B maka  $L_1 = 75$  dan  $L_2 = 0$

$$R \cdot L = (60 \times 75) + (40 \times 0) = 4500 \text{ N.cm}$$

dan jarak titik tangkap  $L = \frac{4500}{100} = 45 \text{ cm}$  dari titik B .

Contoh 3.5:

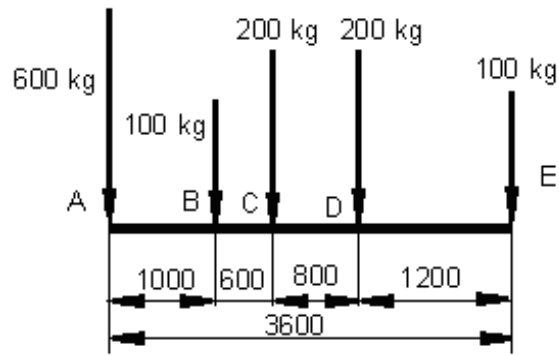
Hitung resultan dan tentukan titik tangkap resultan dari komponen komponen gaya berikut , lihat gambar !



Gambar 3.12 Komponen pada kendaraan

Penyelesaian :

Diketahui komponen gaya , lihat gambar !



Gambar 3.13 Komponen gaya

Ditanyakan :

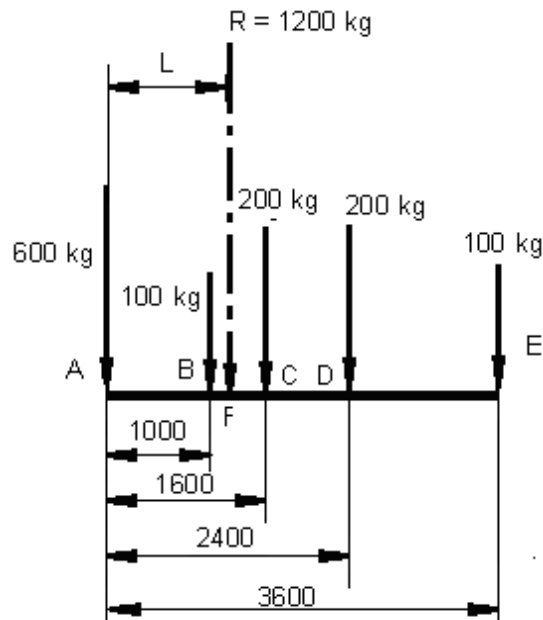
- Resultan
- Letak titik tangkap resultan

Jawaban

Besarnya resultan yaitu ;

$$R = 600 + 100 + 200 + 200 + 100 = 1200 \text{ Kg}$$

Letak titik tangkap gaya R yaitu di titik F dengan jarak L , untuk sementara jarak L belum diketahui , lihat gambar berikut !



Gambar 3.14 Titik tangkap resultan

Menentukan jarak L yaitu sebagai berikut :

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

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

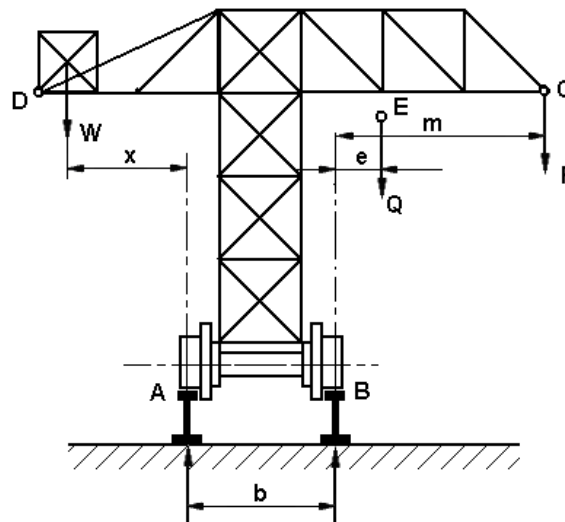


$$1260.000 = 1200 \times L$$

$$L = 1260.000/1200 = 1050 \text{ mm}$$

Contoh 3.6:

Suatu gantri crane mempunyai pembebanan dan ukuran seperti terlihat pada gambar , titik E adalah titik berat gantry terhadap tumpuan /roda B = e dengan berat gantry Q , jarak antara roda = b , Bobot W . Gantry mendapatkan muatan P . Hitunglah jarak A-D atau x , bila semua beban gantri dan muatannya ditumpu oleh tumpuan B , dengan besarnya reaksi di A (RA=0)



Gambar 3.15 Komponen gaya pada gantry crane

Dengan menggunakan hukum keseimbangan :

Jumlah momen di titik B = 0 ( $\sum M_B=0$ ) maka di dapat

$$\sum M_B = P.m + Q.e - W(x+b) = 0$$

$$W(x+b) = P.m + Q.e$$

$$(x+b) = \frac{P.m + Q.e}{W}$$

$$x = \frac{P.m + Q.e}{W} - b$$

Jika gantry tidak bermuatan ( $P=0$ ), hitunglah jarak A-D atau x , bila semua beban gantry ditumpu oleh tumpuan A , dengan besarnya reaksi di B (RB=0)

Dengan menggunakan hukum keseimbangan :

Jumlah momen di titik A = 0 (  $\Sigma M_A=0$ ) maka di dapat

$$\Sigma M_A= Q(e+b) - Wx = 0$$

$$Wx = Q(e+b)$$

atau

$$x = \frac{Q(e+b)}{W}$$

### 3. Rangkuman

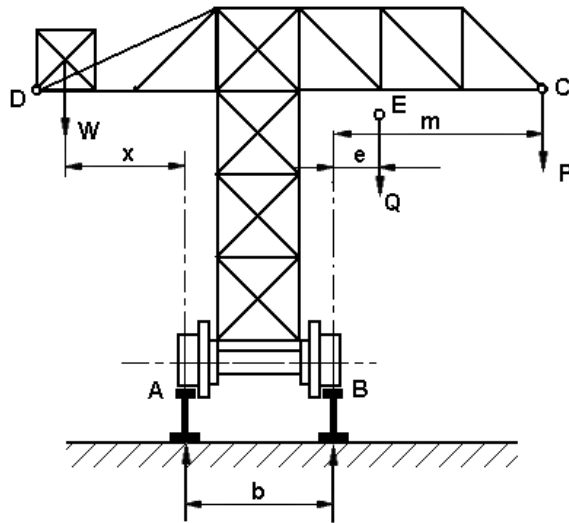
- Momen ialah hasil kali gaya dengan jarak dari gaya terhadap titik tersebut. Jika Gaya diberi simbol F dan jarak dari gaya terhadap titik adalah L, maka momen dapat ditulis :  $M = F \times L$ .
- Untuk membedakan arah momen, macam macam momen terdiri atas :
  - Momen positif  
Momen positif yaitu momen yang mempunyai arah kekanan atau searah dengan arah jarum jam.

- Momen negatif  
Momen negatif yaitu momen yang mempunyai arah berlawanan dengan arah jarum jam .
- Kopel yaitu dua buah gaya yang sama besar, sejajar dan berlawanan arah dengan titik tangkap yang berlainan. Jika kedua gaya masing masing adalah  $F$  dengan jarak  $L$  , maka besarnya kopel yaitu :  
 $K = F \times L$ .
- Syarat syarat keseimbangan untuk komponen gaya yang mempunyai titik tangkap sama dengan arah berlainan , adalah
  - Jumlah gaya pada sumbu  $X = nol$  ( $\Sigma X = 0$ );
  - Jumlah gaya pada sumbu  $Y = nol$ . ( $\Sigma Y = 0$ ).
- Syarat syarat keseimbangan untuk komponen gaya yang mempunyai titik tangkap dan arah berlainan , adalah
  - Jumlah gaya pada sumbu  $X = nol$  ( $\Sigma X = 0$ );
  - Jumlah gaya pada sumbu  $Y = nol$ . ( $\Sigma Y = 0$ ).
  - Jumlah momen =0 ( $\Sigma M = 0$ )

#### 4. Tugas

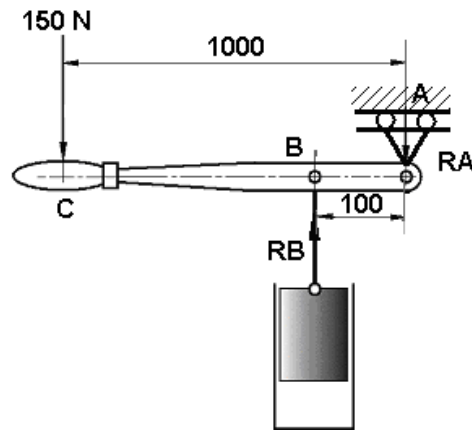
- a. Diskusikan dalam kelompok mengenai peristiwa yang ada disekitar anda dan relevansinya dengan prinsip-prinsip momen.
- b. Suatu crane mempunyai pembebanan dan ukuran seperti terlihat pada gambar, titik E adalah titik berat crane terhadap tumpuan roda B = e dengan berat gantry  $Q$  , jarak antara roda =  $b$  , Bobot  $W$  . crane mendapatkan muatan  $P$  . Hitunglah jarak A-D atau  $x$  , bila semua

beban crane dan muatannya ditumpu oleh tumpuan B , dengan besarnya reaksi di A ( $R_A=0$ )



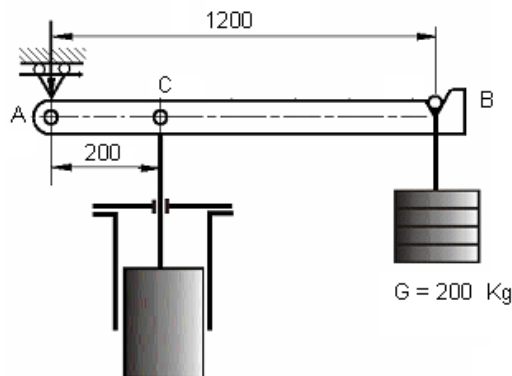
## 5. Tes Formatif

1. Suatu tuas dari alat pres digunakan untuk menekan torak , jika pada pada titik C bekerja gaya sebesar 150 N , panjang lengan A-C = 1000 mm , jarak antara engsel dengan batang torak A-B = 100 mm , hitunglah gaya yang bekerja pada batang torak ( $R_B$ ) dan gaya reaksi pada tumpuan A ( $R_A$ ) .



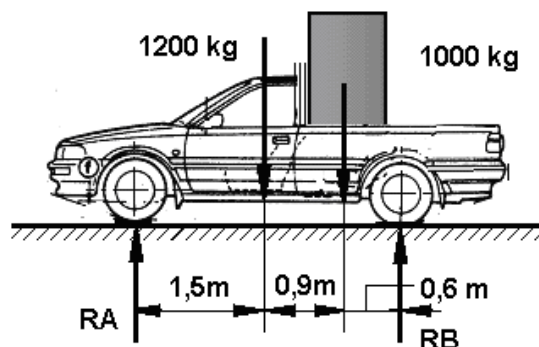
Gambar 3.16 Momen pada tuas

2. Suatu konstruksi dari alat pengaman uap seperti terlihat pada gambar berikut , berapa gaya yang bekerja pada batang torak dan reaksi pada titik tumpuan A . jika panjang lengan A-B = 1200 mm , dan jarak dari batang torak ke tumpuan A-C= 200 mm dan beban  $G = 200 \text{ kg}$



Gambar 3.17 Gaya pada batang torak

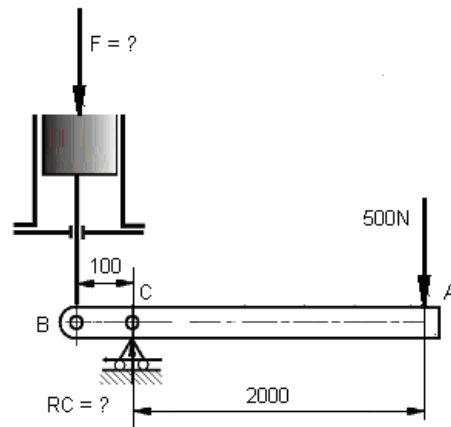
3. Suatu kendaraan bak terbuka , lihat gambar berikut :
  - Kendaraan mempunyai berat 1200 kg dengan muatan 1000 kg
  - Posisi titik berat dan muatan pada kendaraan lihat gambar berikut



Gambar 3.18 Komponen gaya pada kendaraan

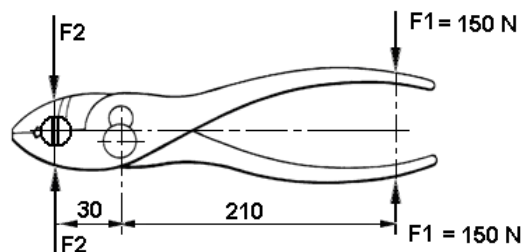
Hitung gaya yang bekerja pada ban depan dan belakang, jika pembebanan pada roda kiri dan kanan dianggap simetris .

4. Suatu konstruksi dari alat pengangkat seperti terlihat pada gambar berikut, berapa gaya angkat  $F$  yang bekerja pada tumpuan B dan reaksi pada titik tumpu C . jika panjang lengan A-C = 2000 mm , dan jarak dari titik B ke tumpuan C ( B-C= 100 mm dan gaya tekan = 500 N



Gambar 3.19 Komponen gaya alat pengangkat

5. Suatu tang mempunyai ukuran seperti pada gambar , berapa gaya jepit  $F_2$  jika gaya  $F_1 = 150$  N .



Gambar 3.20 Komponen gaya pada tang

#### E. Kegiatan Belajar 4 : TITIK BERAT DAN MOMEN STATIS

##### 1. Tujuan Pembelajaran

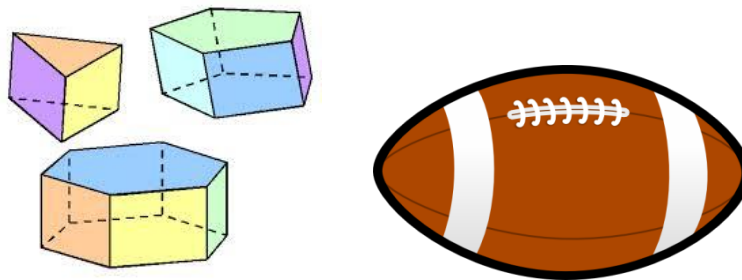
Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan titik berat.
- b. Menentukan titik berat bidang beraturan
- c. Menjelaskan momen statis

d. Menentukan letak titik berat bidang bersusun

## 2. Uraian Materi

Silahkan mengamati beberapa gambar berikut atau obyek disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan mengenai titik berat dari gambar dan obyek tersebut serta momen statisnya, dari apa yang telah anda amati.



Gambar 4.1 Menentukan titik berat

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan titik berat dan momen statisnya, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait titik berat dan momen statisnya yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya tentukan titik berat dan momen statisnya dari data tersebut. Apabila anda telah melakukan perhitungan, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitungnya.

Presentasikan hasil pengumpulan data-data anda, terkait dengan titik berat dan momen statis yang telah anda temukan dan jelaskan kegunaannya dalam kehidupan sehari-hari.

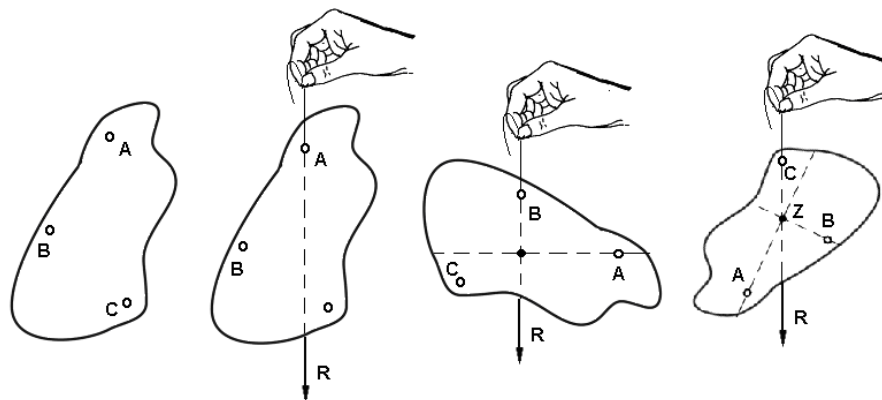
### a. Titik Berat

Berat suatu benda merupakan gaya yang dipengaruhi oleh gravitasi dengan arah vertical kebawah , Jika benda mempunyai struktur yang berbeda baik bentuk maupun massa jenisnya , maka besar gaya yang terjadi pada struktur yang berbeda tersebut mempunyai gaya yang berbeda pula tetapi arahnya tetap dipengaruhi oleh gravitasi yaitu arah gayanya sama kebawah yang disebut dengan gaya berat .

Untuk benda yang mempunyai bentuk heterogen dan struktur yang berbeda selain besar gayanya yang berbeda juga letak titik tangkap gaya masing masing komponen berbeda pula tetapi letak titik tangkap gaya resultannya sama pada satu titik . Titik tangkap gaya berat itulah yang disebut dengan titik berat . “*Dapat disimpulkan bahwa titik berat adalah titik tangkap gaya resultan*” .

Secara klasik untuk menentukan letak titik berat suatu benda dapat dilakukan sebagai berikut :

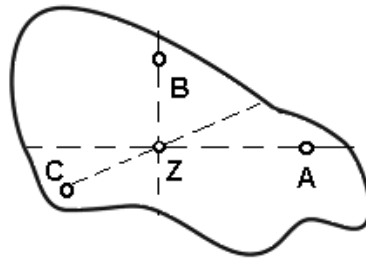
- Siapkan benda dengan titik untuk gantungan , misalnya titik A,B,C .
- Gantungkan benda tersebut dengan tali di titik A dan goreslah dari titik gantungan vertical kebawah , garis tersebut merupakan garis kerja gaya resultan R.
- Putarkan benda dan gantungkan pada posisi lainnya (B) dan gores kembali dari titik B ke bawah .
- Lakukan hal yang sama untuk posisi gantungan yang ketiga yaitu di titik C , maka goresan goresan goresan yang merupakan garis kerja gaya resultan akan bertemu pada satu titik dan titik pertemuan tersebut merupakan titik tangkap gaya resultan yang disebut dengan titik berat .  
Lihat gambar berikut



Gambar 4.2 Percobaan mencari titik berat

Perpotongan garis kerja gaya resultan merupakan titik berat , titik z adalah titik tangkap gaya resultan atau titik beratnya lihat gambar berikut .





Gambar 4.3 Menentukan titik berat benda

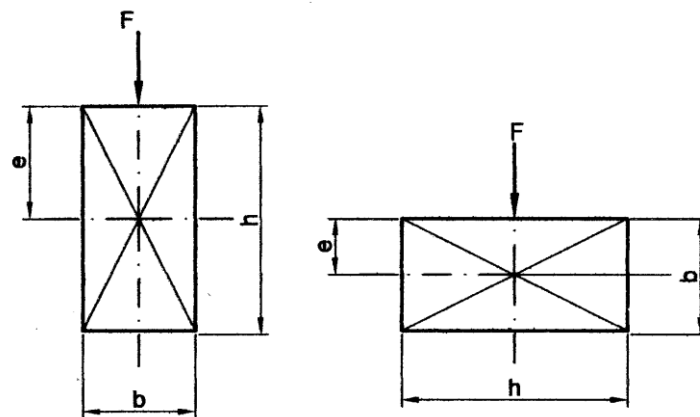
### b. Titik Berat Bidang Beraturan

Titik berat suatu bidang datar beraturan dapat dilihat pada gambar berikut :

#### 1. Penampang segi empat .

Untuk penampang segi empat yang mempunyai ukuran panjang  $h$  mm dan lebar  $b$  mm , letak titik beratnya adalah titik perpotongan diagonalnya atau  $e = \frac{1}{2} h$  mm untuk penampang yang tegak dan ukuran  $e = \frac{1}{2} b$  mm untuk penampang yang mendatar .

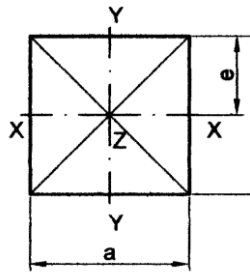
Lihat gambar berikut .



Gambar 4.4 Titik berat penampang segi empat

#### 2. Penampang bujur sangkar

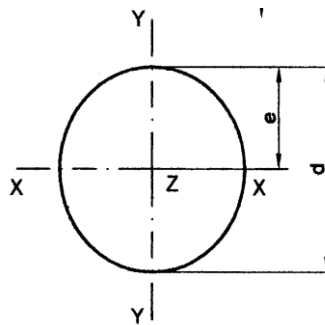
Letak titik berat untuk bidang yang membentuk bujur sangkar yang mempunyai ukuran sisi  $a$  mm maka ukuran  $e = \frac{1}{2} a$  (mm) , lihat gambar berikut



Gambar 4.5 Titik berat penampang bujur sangkar

### 3. Penampang lingkaran

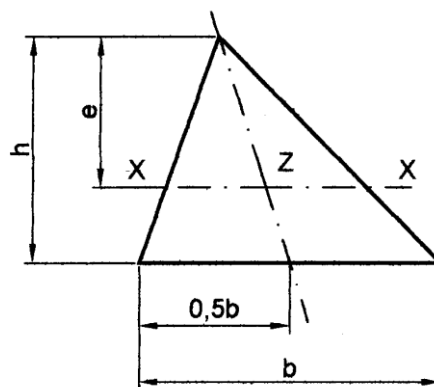
Letak titik berat untuk bidang yang mempunyai bentuk lingkaran dengan diameter  $d$  mm adalah pada titik pusatnya, yaitu  $e = \frac{1}{2} d$  (mm) atau lihat gambar berikut.



Gambar 4.6 Titik berat untuk penampang lingkaran

### 4. Penampang segitiga

Letak titik berat untuk bidang yang membentuk segitiga yang mempunyai ukuran sisi alas  $b$  (mm) dan tingginya  $h$  (mm), maka posisi titik beratnya adalah pada titik  $Z$  dan ukuran :  $e = \frac{2}{3} h$  (mm), lihat gambar berikut

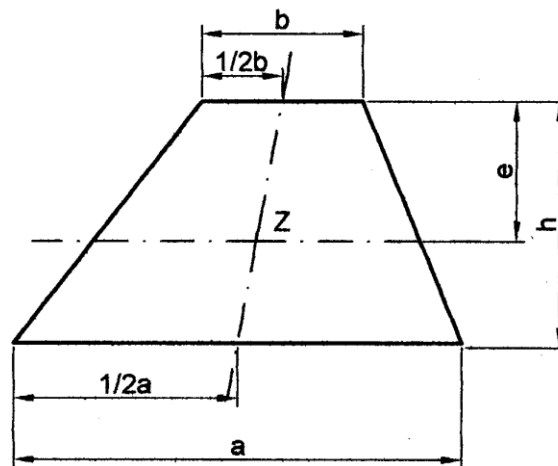


Gambar 4.7 Titik berat untuk penampang segitiga

### 5. Penampang trapezium

Letak titik berat untuk bidang yang membentuk trapezium yang mempunyai ukuran sisi alas  $a$  ( mm ) , sisi atas  $b$  (mm) dan tingginya  $h$  (mm) , maka posisi titik beratnya adalah pada titik  $Z$  lihat gambar dan ukuran :  $e$  dihitung dengan persamaan berikut :

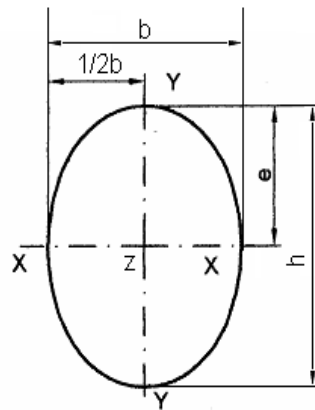
$$e = \frac{2a + b}{3(a + b)} \cdot h$$



Gambar 4.8 Titik berat untuk penampang trapezium

### 6. Penampang ellipse

Letak titik berat untuk bidang yang membentuk ellipse yang mempunyai ukuran sumbu mayor  $h$  ( mm ) , dan sumbu minor  $b$  (mm) dengan posisi tegak , maka posisi titik beratnya adalah pada titik  $Z$  dengan ukuran  $e = \frac{1}{2} h$  , lihat gambar .



Gambar 4. 9 Titik berat untuk penampang ellipse

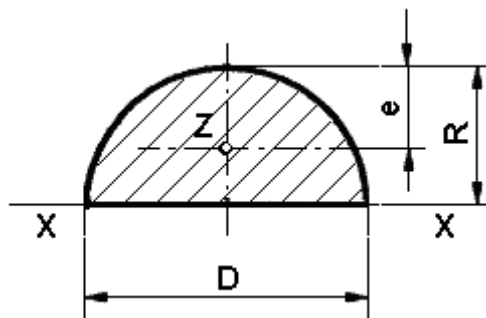
7. Penampang setengah lingkaran

Letak titik berat untuk bidang yang membentuk setengah lingkaran yang mempunyai ukuran jari jari R ( mm) dan diameter D (mm) lihat gambar, maka posisi titik beratnya adalah pada titik Z dengan ukuran :

$$e = R - \frac{4R}{3\pi}$$

Atau

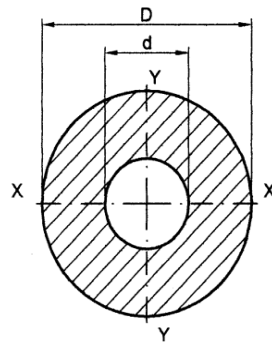
$$e = 0,5756 R$$



Gambar 4.10 Titik berat untuk penampang setengah lingkaran

8. Penampang bentuk cincin

Letak titik berat untuk bidang berbentuk cincin yang mempunyai ukuran diameter dalam d ( mm) dan diameter luar D (mm) , maka posisi titik beratnya adalah pada titik Z yang berada pada titik pusat lingkaran tersebut . lihat gambar .

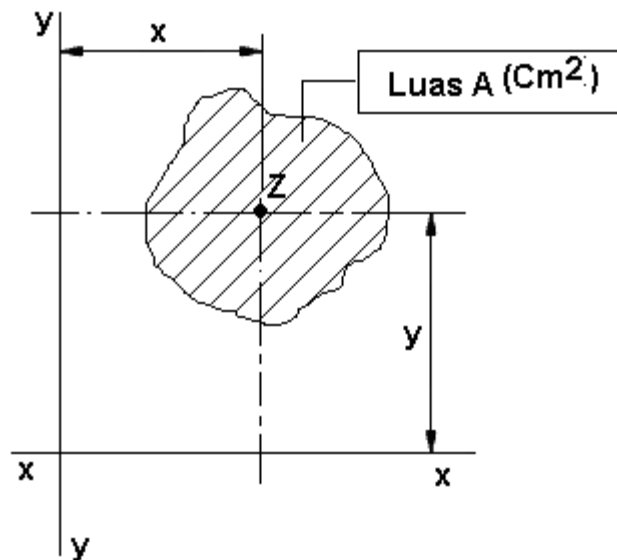


Gambar 4.11 Titik berat penampang berbentuk cincin

**c. Momen Statis**

Jika suatu penampang mempunyai luas  $A \text{ cm}^2$  dengan jaraknya dari titik berat  $Z$  ke garis sumbu  $x-x$  dan berukuran  $y$  dan terhadap sumbu  $y-y$  berukuran  $x$  maka momen statis terhadap sumbu  $x-x$  dan sumbu  $y-y$  adalah:

$M_x = A \cdot y \text{ (cm}^3\text{)}$  , dan momen statis terhadap sumbu  $y-y$  adalah  $M_y = A \cdot x \text{ (cm}^3\text{)}$  .Lihat gambar!



Gambar 4.12 Momen statis penampang terhadap sumbu  $x$  dan  $y$

Jika bentuk bidang terdiri dari bermacam macam bentuk secara kombinasi maka untuk menentukan titik berat  $Z$  dapat dilakukan dengan cara menghitung jumlah momen statis dari bidang bidang terhadap sumbu  $x-x$  maupun sumbu  $y-y$  yang selanjutnya dibagi dengan jumlah luas bidang

maka akan didapat jarak garis berat , baik jarak garis berat terhadap sumbu x maupun terhadap sumbu y . Dan perpotongan garis berat yang berukuran y terhadap garis x-x dan berukuran x terhadap sumbu y-y merupakan titik berat Z yang dicari. Untuk menghitung jarak X dan Y dapat di hitung dengan persamaanan :

$$X = \frac{\sum M_y}{\sum A} \text{ atau } X = \frac{\sum A \cdot x}{\sum A}$$

$$\text{Dan } Y = \frac{\sum M_x}{\sum A} \text{ atau } Y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

Keterangan :

$\sum M_x$  = jumlah momen statis terhadap garis sumbu x-x

$\sum M_y$  = jumlah momen statis terhadap garis sumbu y-y

$x_{123}$  = jarak dari titik-titik berat penampang terhadap sumbu y

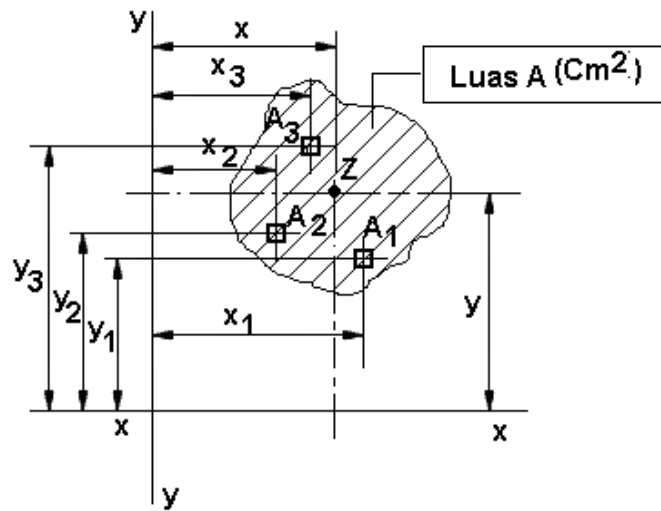
$y_{123}$  = jarak dari titik-titik berat penampang terhadap sumbu x

$A_{123}$  = Luas penampang 1, 2, 3 dst

$$\sum M_x = \sum A \cdot y = A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 \dots \dots \text{dst}$$

$$\sum M_y = \sum A \cdot x = A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2 + A_3 \cdot x_3 \dots \dots \text{dst}$$

$$\sum A = A_1 + A_2 + A_3 \dots \dots \text{dst}$$



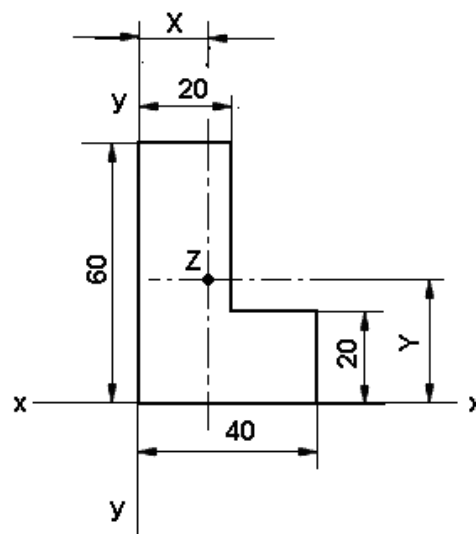
Gambar 4.13 Jarak-jarak penampang terhadap sumbu x dan y

**d. Menentukan Letak Titik Berat Bidang Bersusun**

Momen statis diatas adalah untuk menentukan jarak titik berat suatu bidang terhadap suatu garis x dan y .

Contoh 4.1:

Suatu bidang mempunyai bentuk kombinasi dari dua buah segi panjang dengan ukurannya tercantum pada gambar berikut , Tentukan jarak titik berat Z terhadap garis mendatar x-x dan garis tegak y-y (hitung ukuran jarak X dan Y) .

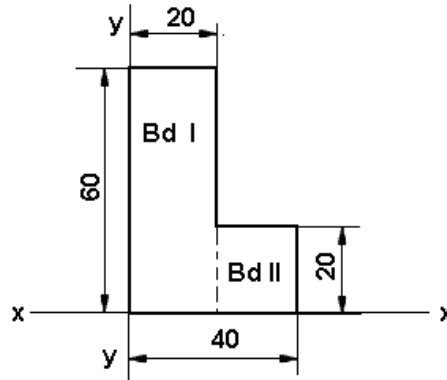


Gambar 4.14 Mencari titik berat suatu bidang

Untuk menyelesaikan soal seperti di atas dapat dilakukan langkah langkah berikut :

Langkah pertama :

Bidangnya dibagi menjadi dua bagian , yang terdiri dari bagian I dan bagian II yang terdiri atas dua segi panjang seperti gambar berikut .



Gambar 4.15 Membagi bidang menjadii dua bidang

Langkah kedua:

Menghitung luas masing masing bidang dan menjumlahkan yaitu :

Luas bidang I :  $A_1 = 20 \times 60 = 1200 \text{ mm}^2$ .

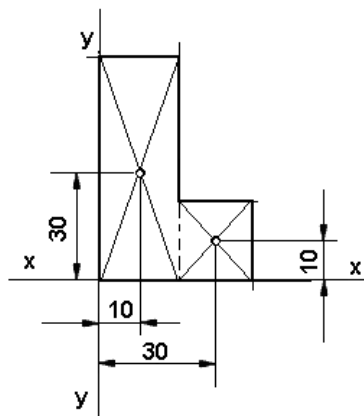
Luas bidang II :  $A_2 = 20 \times 20 = 400 \text{ mm}^2$ .

Jumlah luas

$$\sum A = A_1 + A_2 = 1200 + 400 = 1600 \text{ mm}^2.$$

Langkah ketiga :

Menentukan titik berat masing masing bidang terhadap garis x-x dan garis y-y , lihat gambar berikut .



Gambar 4.16 Titik berat masing masing bidang



Langkah ke empat :

Menghitung jarak  $X$  dan  $Y$  dengan menggunakan persamaan :

$$X = \frac{\sum A.x}{\sum A} \text{ dan } Y = \frac{\sum A.y}{\sum A} \text{ yaitu :}$$

$$X = \frac{\sum A.x}{\sum A} = \frac{1200 \times 10 + 400 \times 30}{1600} = \frac{12000 + 12000}{1600} = \frac{24000}{1600} = \frac{240}{16} = 15 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{\sum A.y}{\sum A} = \frac{1200 \times 30 + 400 \times 10}{1600} = \frac{36000 + 4000}{1600} = \frac{40000}{1600} = 25 \text{ mm}$$

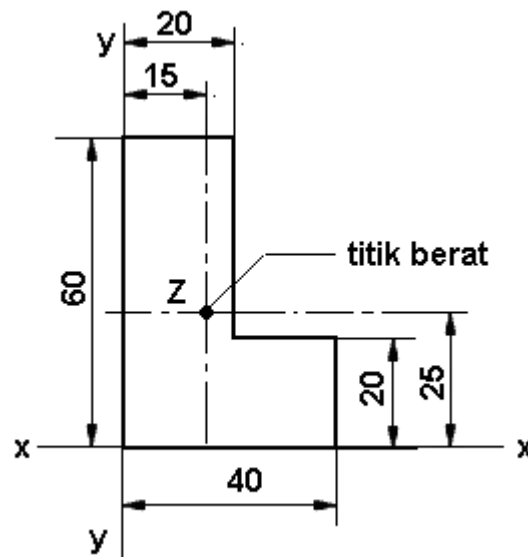
Jadi posisi titik berat  $z$  adalah

$$Y = 25 \text{ mm}$$

$$X = 15 \text{ mm}$$

Langkah ke lima :

Membuat garis yang sejajar dengan sumbu  $x-x$  dengan jarak  $y=25 \text{ mm}$  , dan membuat garis sejajar sumbu  $y-y$  dengan jarak  $x=15 \text{ mm}$ , perpotongan dari kedua garis tersebut merupakan titik berat dari bidang tersebut . Lihat gambar berikut.



Gambar 4.17 Posisi titik berat bidang

### 3. Rangkuman

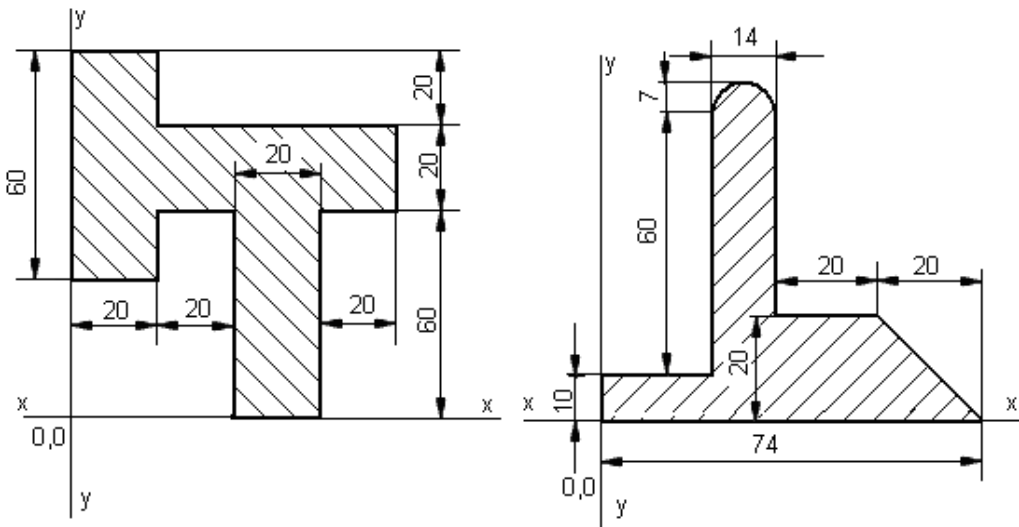
- Titik berat suatu bidang adalah titik tangkap gaya resultan pada bidang tersebut.
- Titik berat suatu bidang datar beraturan :
  - Penampang segi empat dengan tinggi  $h$  mm dan lebar  $b$  mm, letak titik beratnya adalah titik perpotongan diagonalnya atau  $e = \frac{1}{2} h$  mm.
  - Penampang bujur sangkar yang mempunyai ukuran sisi  $a$  mm maka ukuran  $e = \frac{1}{2} a$  (mm)
  - Penampang lingkaran dengan diameter  $d$  mm adalah pada titik pusatnya, yaitu  $e = \frac{1}{2} d$  (mm)
  - Penampang segitiga yang mempunyai ukuran sisi alas  $b$  (mm) dan tingginya  $h$  (mm), maka posisi titik beratnya adalah ukuran :  $e = \frac{2}{3} h$  (mm),
  - Penampang trapezium yang mempunyai ukuran sisi alas  $a$  (mm), sisi atas  $b$  (mm) dan tingginya  $h$  (mm), maka posisi titik beratnya adalah :
$$e = \frac{2a + b}{3(a + b)} \cdot h$$
  - Penampang ellipse yang mempunyai ukuran sumbu mayor  $h$  (mm), dan sumbu minor  $b$  (mm) dengan posisi tegak, maka posisi titik beratnya adalah  $e = \frac{1}{2} h$ .
  - Penampang setengah lingkaran yang mempunyai ukuran jari-jari  $R$  (mm) dan diameter  $D$  (mm) lihat gambar, maka posisi titik beratnya:
$$e = R - \frac{4R}{3\pi}$$
  - Penampang bentuk cincin yang mempunyai ukuran diameter dalam  $d$  (mm) dan diameter luar  $D$  (mm), maka posisi titik beratnya berada pada titik pusat
- Jika suatu penampang mempunyai luas  $A$  cm<sup>2</sup> dengan jaraknya dari titik berat ke garis sumbu  $x-x$  dan berukuran  $y$  dan terhadap sumbu  $y-y$  berukuran  $x$  maka momen statis terhadap sumbu  $x-x$  dan sumbu  $y-y$  adalah :  $M_x = A \cdot y$  (cm<sup>3</sup>) dan momen statis terhadap sumbu  $y-y$  adalah  $M_y = A \cdot x$  (cm<sup>3</sup>)

#### 4. Tugas

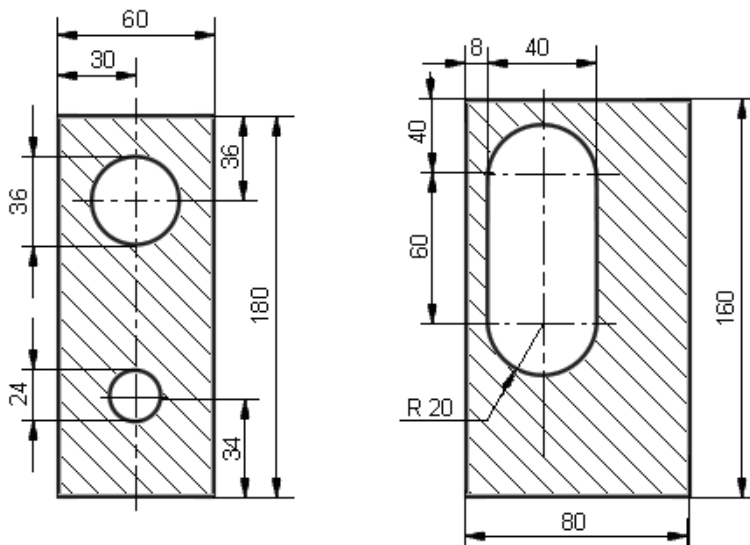
Diskusikan dalam kelompok bagaimana cara menghitung titik berat dari benda benda disekitar anda.

#### 5. Tes Formatif

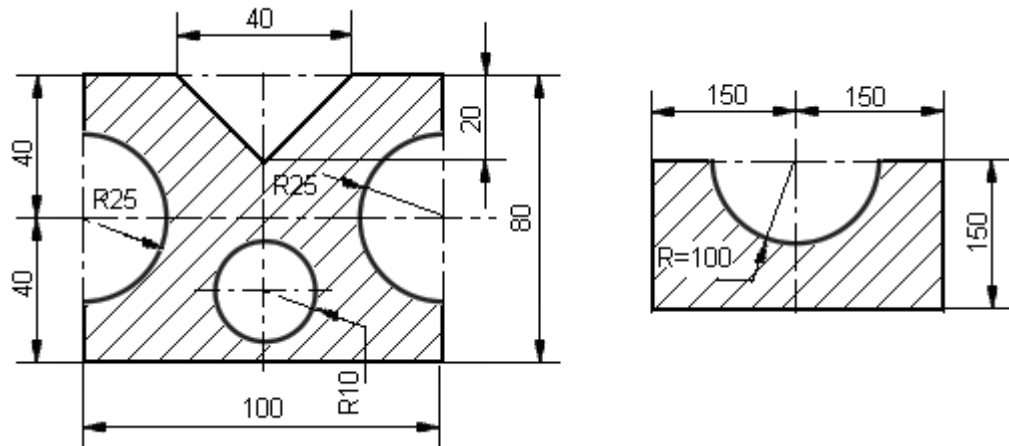
2. Tentukan jarak titik berat Z terhadap garis mendatar x-x dan garis tegak y-y (hitung ukuran jarak X dan Y) gambar berikut.



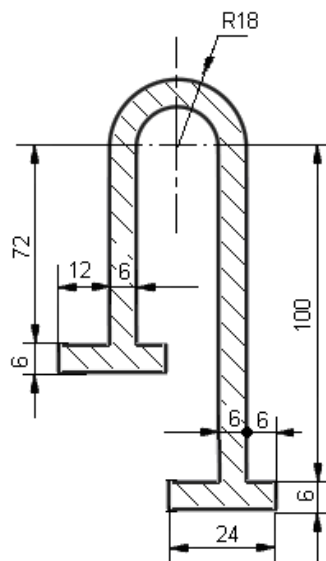
3. Tentukan jarak titik berat Z terhadap garis mendatar x-x dan garis tegak y-y (hitung ukuran jarak X dan Y) gambar berikut.



4. Tentukan jarak titik berat Z terhadap garis mendatar x-x dan garis tegak y-y (hitung ukuran jarak X dan Y) gambar berikut



5. Tentukan jarak titik berat Z terhadap garis mendatar x-x dan garis tegak y-y (hitung ukuran jarak X dan Y) gambar berikut



## F. Kegiatan Belajar 5 : MOMEN INERSIA

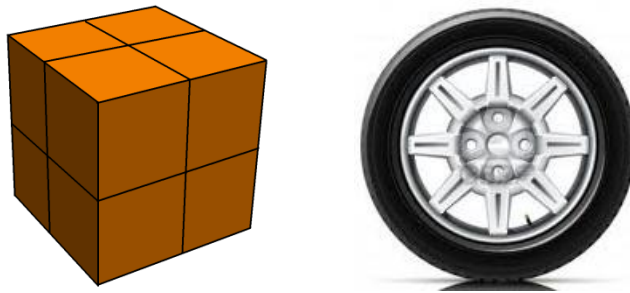
### 1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- Menjelaskan momen inersia terhadap garis pada sumbu x
- Menjelaskan momen inersia terhadap garis pada sumbu y
- Menjelaskan momen inersia polar
- Menjelaskan momen inersia terhadap garis yang melalui titik beratnya
- Menjelaskan momen inersia dari penampang yang bersusun

### 2. Uraian Materi

Silahkan mengamati beberapa gambar berikut atau obyek disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan mengenai momen inersia dan momen inersia polar dari apa yang telah anda amati.



Gambar 5. 1 Momen inersia benda

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan momen inersia dan momen inersia polar yang ada, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait momen inersia dan momen inersia polar yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya tentukan momen inersia dan momen inersia polar dari masing-masing obyek tadi. Apabila anda telah melakukan pengelompokan, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitungnya.

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan momen inersia dan momen inersia polar yang telah anda dapatkan dan jelaskan relevansinya dalam dunia teknik .

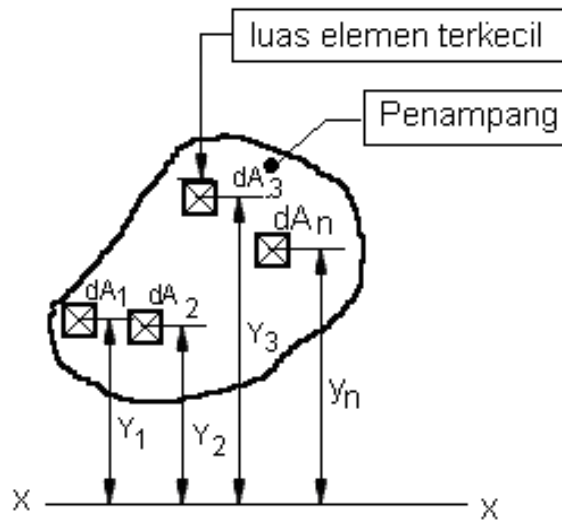
**a. Momen Inersia Terhadap Sumbu Mendatar (X-X)**

Momen inersia penampang terhadap suatu garis yaitu jumlah luas penampang (elemen) terkecil dikalikan dengan kwadrat jarak normal terhadap titik beratnya, atau luas penampang dikalikan kwadrat jaraknya .Jika luas penampang elemen-elemen terkecil adalah  $d_{A1}$  ,  $d_{A2}$  ,  $d_{A3}$  .....  $d_{An}$  dan jarak dari penampang ke garis X-X adalah  $y_1$  ,  $y_2$  ,  $y_3$  .....  $y_n$  , maka momen inersia penampang terhadap garis X-X dapat ditulis dengan persamaan berikut :

$$\sum I_x = (dA_1 \cdot Y_1^2) + (dA_2 \cdot Y_2^2) + (dA_3 \cdot Y_3^2) + \dots + (dA_n \cdot Y_n^2)$$

Atau

$I_x = A \cdot Y^2$ . Lihat gambar berikut



Gambar 5.2 Momen inersia terhadap sumbu x

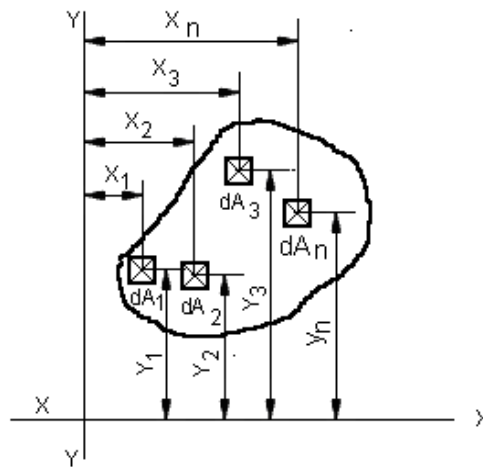
**b. Momen Inersia Terhadap Garis Sumbu Vertikal (Y-Y)**

Jika luas penampang elemen-elemen terkecil adalah  $d_{A1}$  ,  $d_{A2}$  ,  $d_{A3}$  .....  $d_{An}$  dan jarak dari penampang ke garis Y-Y adalah  $X_1$  ,  $X_2$  ,  $X_3$  .....  $X_n$  , maka momen inersia penampang terhadap garis Y-Y dapat ditulis dengan persamaan berikut :

$$I_y = \sum I_y = (dA_1 \cdot X_1^2) + (dA_2 \cdot X_2^2) + (dA_3 \cdot X_3^2) + \dots + (dA_n \cdot X_n^2)$$

$I_y = A \cdot X^2$ .

Lihat gambar halaman berikut



Gambar 5.3 Momen inersia terhadap sumbu y

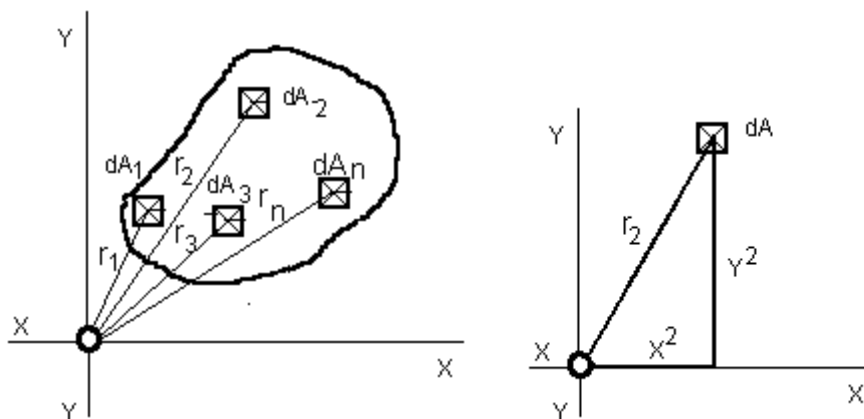
**c. Momen Inersia Polar**

Momen inersia polar yaitu momen inersia penampang terhadap suatu titik atau perpotongan garis sumbu X-X dan sumbu Y-Y, besarnya dihitung berdasarkan jumlah luas penampang-terkecil dikalikan dengan kwadrat jari jari atau jarak normal terhadap titik beratnya. Jika luas penampang elemenelemen terkecil adalah  $dA_1$  ,  $dA_2$  ,  $dA_3$  .....  $dA_n$  dan jarak dari penampang ke titik potong sumbu X,Y adalah  $r_1$  ,  $r_2$  ,  $r_3$  .....  $r_n$  , maka momen inersia polarnya dapat ditulis dengan persamaan berikut :

$$I_p = \sum I_p = (dA_1 \cdot r_1^2) + (dA_2 \cdot r_2^2) + (dA_3 \cdot r_3^2) + \dots + (dA_n \cdot r_n^2)$$

Atau

$$I_p = A \cdot r^2, \text{ lihat gambar halaman berikut .}$$



Gambar 5.4 Momen inersia polar

Menurut Phitagoras :

$$r^2 = x^2 + y^2$$

Dengan memasukan persamaan  $r^2 = x^2 + y^2$  pada  $\sum I_x$  dan  $\sum I_y$  maka didapat persamaan berikut :

$$I_p = \sum I_p = \{[dA_1 (x_1^2 + y_1^2)] + [dA_2 (x_2^2 + y_2^2)] + [dA_3 (x_3^2 + y_3^2)] + \dots + [dA_n (x_n^2 + y_n^2)]\}$$

Dengan menguraikan persamaan diatas maka didapat

$$I_p = \sum I_p = \{(dA_1 \cdot Y_1^2) + (dA_2 \cdot Y_2^2) + (dA_3 \cdot Y_3^2) + \dots + (dA_n \cdot Y_n^2)\} + \{(dA_1 \cdot X_1^2) + (dA_2 \cdot X_2^2) + (dA_3 \cdot X_3^2) + \dots + (dA_n \cdot X_n^2)\}$$

Atau

$$\sum I_p = \sum I_x + \sum I_y$$

Sehingga didapat:

$$I_p = I_x + I_y$$

Keterangan

dA = luas elemen terkecil

A = Luas penampang dalam satuan  $\text{cm}^2$ .

x = jarak dari titik berat elemener terhadap sumbu Y

y = jarak dari titik berat elemener terhadap sumbu X

r = jari jari atau jarak dari titik berat elemener terhadap suatu titik atau perpotongan garis sumbu X-Y

Ix = Momen nersia terhadap suatu garis x-x dalam satuan  $\text{cm}^4$ .

Iy = Momen nersia terhadap suatu garis y-y dalam satuan  $\text{cm}^4$ .

Ip = Momen nersia polar dalam satuan  $\text{cm}^4$ .

Iy = Momen nersia terhadap sumbu x-x yang melalui titik beratnya dalam satuan  $\text{cm}^4$ .

Momen inersia penampang terhadap suatu garis X-X dengan jarak a terhadap titik beratnya adalah :

$$I_x = \sum d_A \cdot Y^2 + \sum d_A \cdot a^2.$$

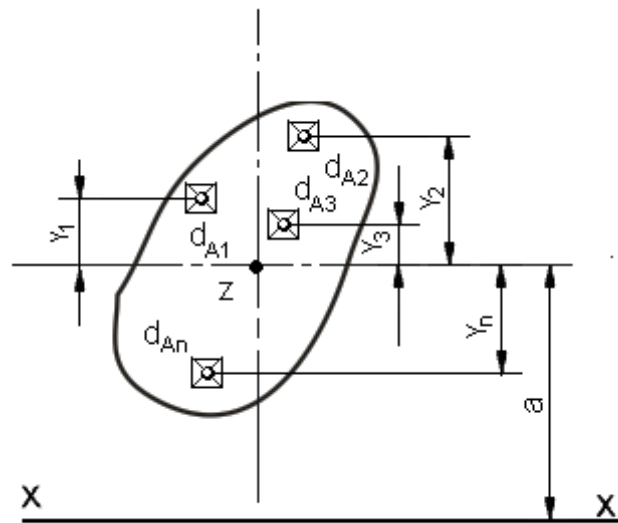
$$I_x = (dA_1 \cdot Y_1^2) + (dA_2 \cdot Y_2^2) + (dA_3 \cdot Y_3^2) + \dots + (dA_n \cdot Y_n^2) + A \cdot a^2.$$

$$I_z = (dA_1 \cdot Y_1^2) + (dA_2 \cdot Y_2^2) + (dA_3 \cdot Y_3^2) + \dots + (dA_n \cdot Y_n^2)$$



Maka

$$I_x = I_z + A \cdot a^2.$$



Gambar 5.5 Momen inersia suatu penampang

Keterangan :

$I_z$  = Momen inersia penampang sendiri melalui titik beratnya

$I_x$  = Momen inersia terhadap suatu garis x-x dalam satuan  $\text{cm}^4$ .

**d. Momen Inersia Penampang Terhadap Garis Sumbu Yang Melalui Titik Beratnya.**

Untuk penampang yang mempunyai bentuk beraturan, misalnya bentuk segi empat, jajaran genjang, trapesium, lingkaran dan bentuk beraturan lainnya, maka momen inersia penampang terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya dihitung dengan persamaan yang telah diuraikan seperti persamaan-persamaan berikut.

**1. Bentuk segi empat**

Untuk penampang segi empat yang mempunyai ukuran tinggi  $h$  dan lebar  $b$  satuan panjang, maka momen inersia terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya adalah:

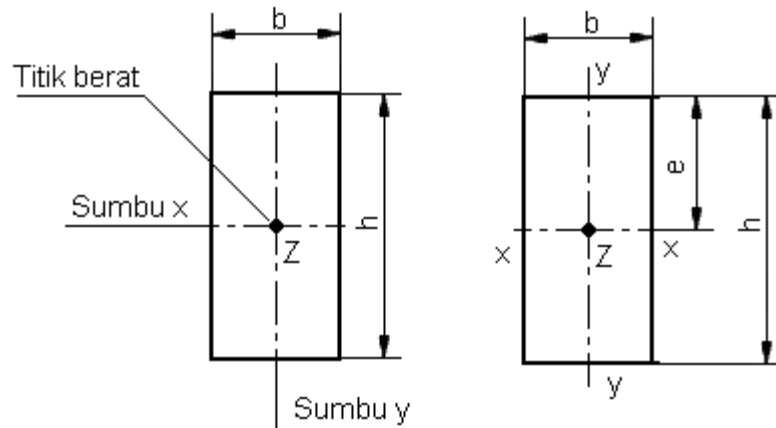
$$I_x = \frac{1}{12}bh^3 \quad I_y = \frac{1}{12}b^3h$$

$$I_p = I_x + I_y$$

$$I_p = \frac{1}{12}bh^3 + \frac{1}{12}b^3h$$

$$I_p = \frac{1}{12}bh(h^2 + b^2)$$

$$I_p = \frac{1}{12}Ar^2, \quad r = \text{panjang diagonalnya .}$$



Gambar 5.6 Momen inersia polar bidang segi empat

Momen tahanan :

$$W_x = \frac{I_x}{e}$$

$$W_x = \frac{\frac{1}{12}bh^3}{\frac{h}{2}} = \frac{1}{6}bh^2$$

$$W_x = \frac{1}{6}bh^2$$

Keterangan :

- $I_x$  = Momen nersia terhadap sumbu x-x yang melalui titik beratnya dalam satuan  $\text{cm}^4$ .
- $b$  = lebar dalam satuan cm
- $h$  = tinggi dalam satuan cm
- $I_y$  = Momen nersia terhadap sumbu y-y yang melalui titik beratnya dalam satuan  $\text{cm}^4$ .

- $I_p$  = Momen Inersia polar terhadap perpotongan sumbu x,y yang melalui titik beratnya dalam satuan  $\text{cm}^4$ .
- $W_x$  = Momen tahanan terhadap sumbu x yang melalui titik beratnya .

## 2. Bujur sangkar

Untuk penampang bujur sangkar yang mempunyai ukuran sisi-sisinya a satuan panjang maka Momen inersia terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya adalah :

$$I_x = \frac{1}{12}a^4$$

$$I_y = \frac{1}{12}a^4$$

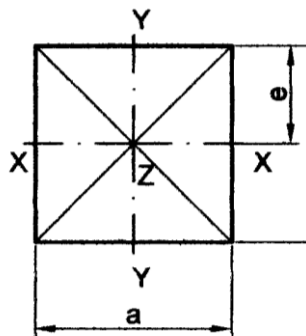
$$I_p = I_x + I_y$$

$$I_p = \frac{1}{6}a^4$$

Momen tahnannya :

$$W_x = \frac{I_x}{e}$$

$$W_x = \frac{1}{6}a^3$$



Gambar 5.7 Momen inersia polar bujur sangkar

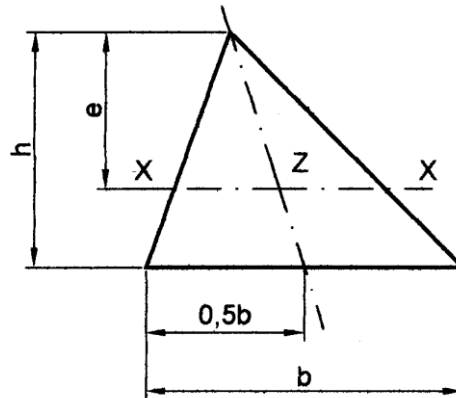
## 3. Segi tiga

Untuk penampang segi tiga yang mempunyai ukuran tinggi h dan lebar b satuan panjang maka Momen inersia terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya adalah :

$$I_x = \frac{1}{36}bh^3$$

$$W_x = \frac{I_x}{e}$$

$$e = \frac{2}{3}h$$



Gambar 5. 8 Momen inersia polar segi tiga

#### 4. Lingkaran

Untuk penampang lingkaran pejal yang mempunyai ukuran diameter  $d$  satuan panjang maka Momen inersia terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya adalah :

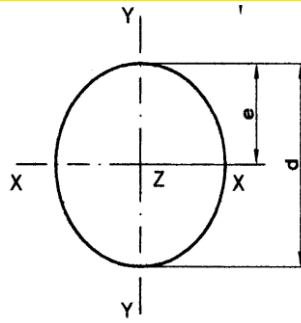
$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64}d^4$$

$$I_p = \frac{\pi}{32}d^4 \text{ dibulatkan menjadi } I_p = 0,1 d^4.$$

$$W_x = \frac{I_x}{e}$$

$$W_x = \frac{\pi}{32}d^3 \text{ dibulatkan menjadi } W_x = 0,1 d^3.$$

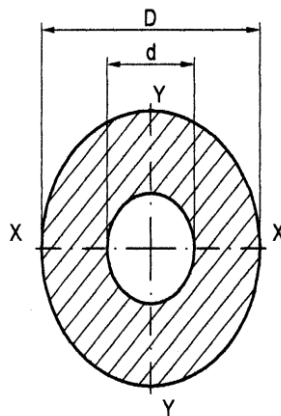
$$W_p = \frac{\pi}{16}d^3 \text{ dibulatkan menjadi } W_p = 0,2 d^3.$$



Gambar 5.9 Momen inersia polar lingkaran

### 5. Lingkaran cincin

Untuk penampang lingkaran berongga yang embentuk cincin , dengan ukuran diameter luar  $D$  satuan panjang dan diameter dalam  $d$  satuan panjang maka Momen inersia terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya adalah :



Gambar 5. 10 Momen inersia polar lingkaran cincin

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$$

$$I_p = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4) \text{ dibulatkan menjadi } I_p = 0,1 d^4.$$

$$W_x = \frac{I_x}{e}$$

Dan ukuran  $e = r$  maka

$$W_x = \frac{\pi}{32}(D^3 - d^3) \text{ dibulatkan menjadi } W_x = 0,1(D^3 - d^3).$$

$$W_p = \frac{\pi}{16}(D^3 - d^3) \text{ dibulatkan menjadi } W_x = 0,2(D^3 - d^3).$$

#### 6. Setengah lingkaran

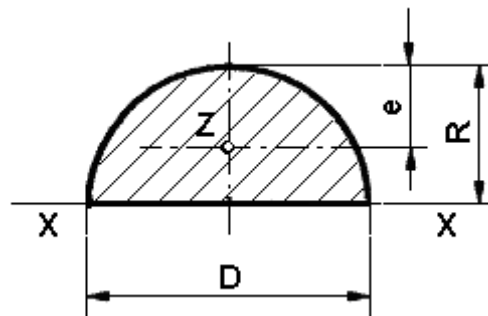
Untuk penampang setengah lingkaran yang mempunyai ukuran jari jari R satuan panjang maka Momen inersia terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya adalah :

$$I_x = \frac{\pi}{8}R^4$$

$$I_z = 0,11R^4$$

$$e = R - \frac{4R}{3\pi} \text{ Atau } e = 0,5756 R$$

$$W = \frac{I_z}{e}$$



Gambar 5.11 Momen inersia polar setengah lingkaran

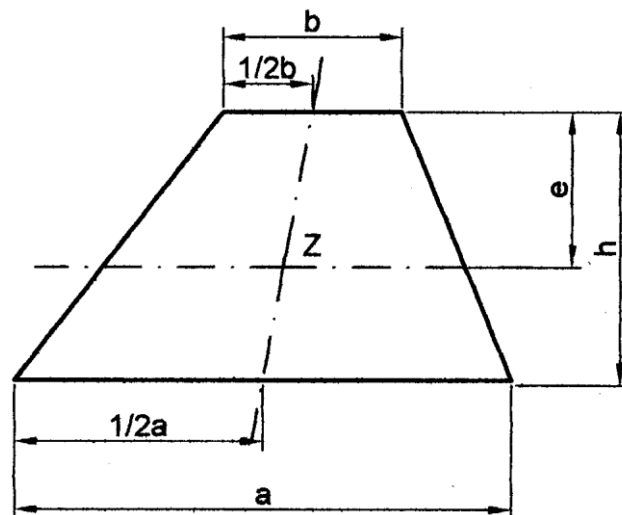
#### 7. Trapezium

Untuk penampang trapezium yang mempunyai ukuran tinggi h dan panjang sisi alas a satuan panjang dan panjang sisi atasnya b satuan panjang maka Momen inersia terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya adalah :

$$I_x = \frac{h}{36} \frac{(a+b)^2 + 2ab}{(a+b)}$$

$$W_x = \frac{I_x}{e}$$

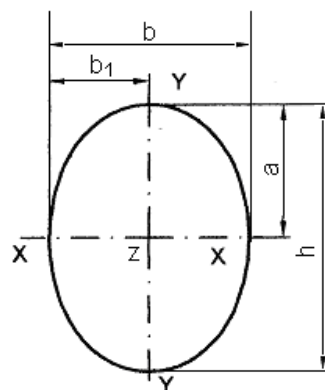
$$e = \frac{2a+b}{3(a+b)} \cdot h$$



Gambar 5. 12 Momen inersia trapesium

### 8. Ellipse

Untuk penampang ellipse yang mempunyai ukuran sumbu mayor h dan panjang sumbu minor  $b$  satuan panjang dan jarak ke titik beratnya  $a$  satuan panjang, lihat gambar berikut :



Gambar 5. 13 Momen inersia ellips

Momen inersia terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya adalah :

$$I_x = \frac{\pi}{32} b_1 h^3$$

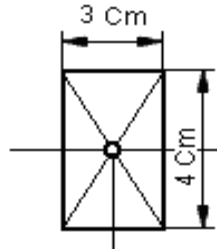
$$W_x = \frac{I_x}{e}, \text{ ukuran } e = a = \frac{1}{2} h$$

Maka beresnya momen tahanan menjadi :

$$W_x = \frac{\pi}{4} a^2 b_1$$

Contoh 5.1:

Diketahui penampang segi empat dengan ukuran  $b = 3 \text{ Cm}$  dan  $h = 4 \text{ Cm}$   
 Hitung momen inersia terhadap garis X-X ; Y-Y dan Momen inersia polarnya yang melalui titik beratnya . lihat gambar .



Gambar 5.14 Momen inersia segi empat

$$I_x = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}3 \cdot 4^3 = 163 \text{ Cm}^4.$$

$$I_y = \frac{1}{12}b^3h, \quad I_y = \frac{1}{12}3^3 \cdot 4$$

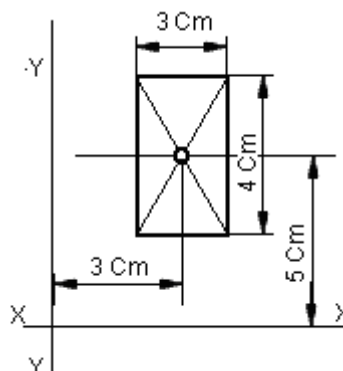
$$I_y = 9 \text{ Cm}^4.$$

$$I_p = I_x + I_y$$

$$I_p = 163 + 9 = 170 \text{ Cm}^4.$$

Contoh 5.2:

Diketahui penampang segi empat dengan ukuran  $b = 3 \text{ Cm}$  dan  $h = 4 \text{ Cm}$   
 jarak dari titik berat terhadap sumbu X ( $y = 5 \text{ Cm}$  dan jarak dari titik berat terhadap sumbu y ( $x = 3 \text{ Cm}$  . Hitung momen inersia terhadap garis X-X ; Y-Y dan Momen inersia polarnya . lihat gambar .



Gambar 5.15 Momen inersia



Momen inersia terhadap garis X-X

$$I_x = I_z + A.y^2.$$

$$I_x = \frac{1}{12}bh^3 + (4 \times 3) 5^2.$$

$$I_x = \frac{1}{12}3.4^3 + (12 \times 25)$$

$$I_x = 163 + 300 = 463 \text{ Cm}^4.$$

Momen inersia terhadap garis Y-Y

$$I_y = I_z + A.x^2.$$

$$I_y = \frac{1}{12}b^3h + A.x^2.$$

$$I_y = \frac{1}{12}3^34 + (4 \times 3) 3^2.$$

$$I_y = 9 + (12 \times 9) = 108 \text{ Cm}^4.$$

$$I_y = 117 \text{ Cm}^4.$$

Momen inersia polarnya:

$$I_p = A.r^2.$$

$$I_p = I_x + I_y$$

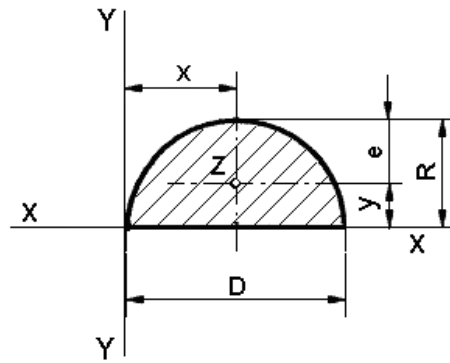
$$I_p = 463 + 117 = 580 \text{ Cm}^4.$$

Contoh 5.3:

Diketahui penampang berbentuk setengah lingkaran mempunyai ukuran R=

7 cm , Hitung luas penampangnya

Hitung momen Inersia ( $I_x$  dan  $I_z$ )



Gambar 5.16 Momen inersia setengah lingkaran

Jawaban :

$$\text{Luas penampang } A = \frac{1}{2} \left( \frac{22}{7} x 7^2 \right) = 77 \text{ cm}^2.$$

$$I_x = \frac{\pi}{8} R^4$$

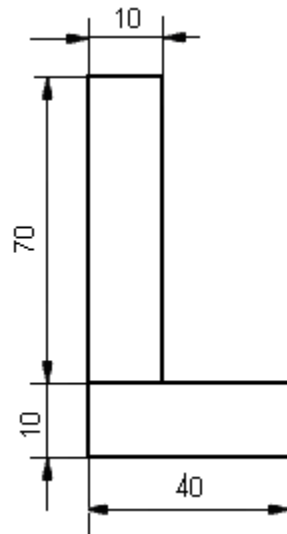
$$I_x = \frac{3,14}{8} 7^4 = 942,4 \text{ Cm}^4.$$

$$I_z = 0,11R^4 = 0,11 \times 7^4 = 264,11 \text{ Cm}^4.$$

Contoh 5.4:

Suatu bidang yang dibuat dari dua segi panjang dengan bentuk dan ukuran seperti terlihat pada gambar !

- Hitunglah letak koordinat dari titik beratnya
- Hitung Momen Inersia yang melalui titik beratnya ( $I_x$  dan  $I_y$ )
- Hitung pula besarnya momen Inersia polarnya .



Gambar 5.17 Momen inersia polar dua segi empat

Luas bidang I

$$A_1 = 10 \times 70 = 7000 \text{ mm}^2.$$

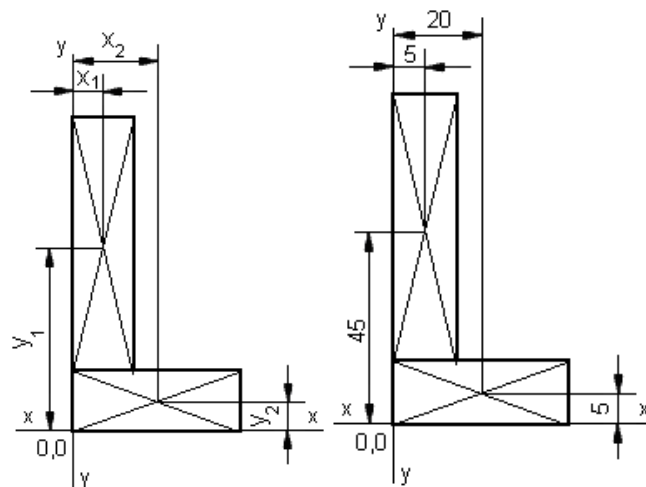
Luas bidang II

$$A_2 = 10 \times 40 = 4000 \text{ mm}^2.$$

Jumlah luas

$$\sum A = A_1 + A_2 = 7000 + 4000 = 11000 \text{ mm}^2.$$

Menentukan titik berat masing masing bidang terhadap garis x-x dan garis y-y , lihat gambar berikut .



Gambar 5.18 Menentukan titik berat

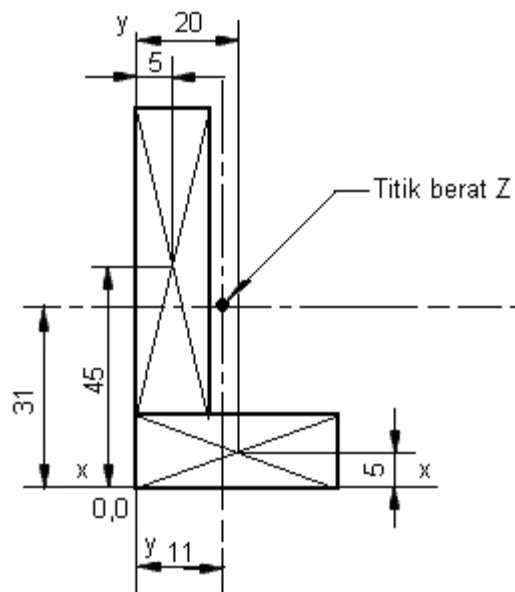
$$Y_1 = 45, Y_2 = 5$$

$$X_1 = 5, X_2 = 20$$

$$Y = \frac{700 \times 45 + 400 \times 5}{1100} = 30,45 \text{ mm dibulatkan } 31$$

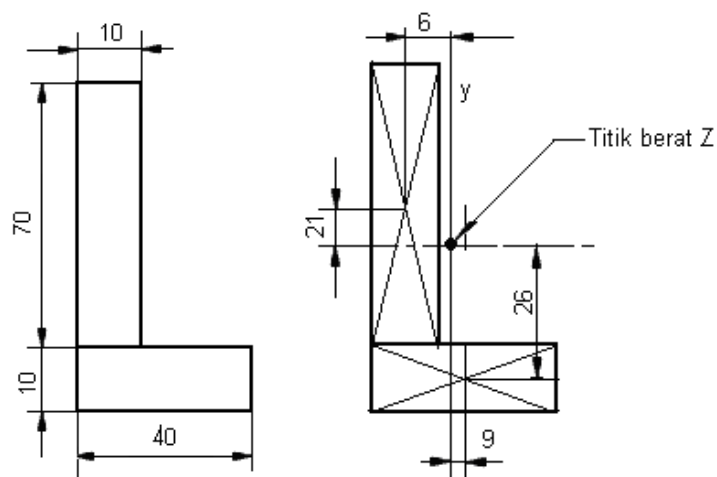
$$X = \frac{700 \times 5 + 400 \times 20}{1100} = 10,45 \text{ mm dibulatkan } 11$$

Maka koordinat titik beratnya adalah  $(X,Y) = (11,31)$



Gambar 5.19 Titik berat dua segi empat

Jarak dari titik berat Z ke titik berat masing masing bidang , dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5. 20 Jarak titik berat

Momen inersia :

$$I_x = \left( \frac{1}{12} 10 \times 70^3 + 700 \times 21^2 \right) + \left( \frac{1}{12} 40 \times 10^3 + 400 \times 26^2 \right)$$

$$I_x = 285833 + 308700 + 3333 + 270400 = 868266 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \left( \frac{1}{12} 10^3 \times 70 + 700 \times 6^2 \right) + \left( \frac{1}{12} 40^3 \times 10 + 400 \times 9^2 \right)$$

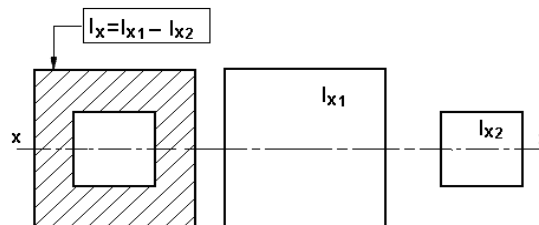
$$I_y = 5833 + 25200 + 53333 + 32400 = 94066 \text{ mm}^4.$$

$$I_p = I_x + I_y = 868266 + 94066 = 962332 \text{ mm}^4.$$

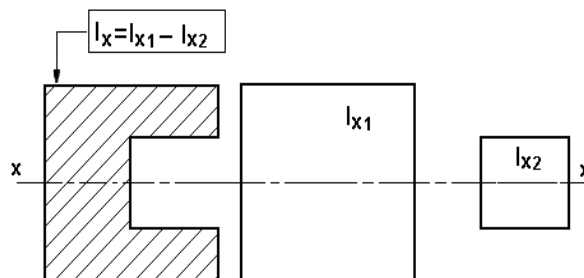
### e. Momen Inersia Dari Penampang Yang Bersusun

Jika penampang dari suatu bidang terdiri atas penampang penampang yang disusun secara simetris terhadap garis sumbu maka , maka momen inersianya merupakan jumlah atau pengurangan dari penampang penampang yang tersusun tersebut . Misalnya dua bujur sangkar membentuk penampang yang diarsir seperti terlihat pada gambar , maka momen inersianya adalah  $I_x = I_{x1} - I_{x2}$  .

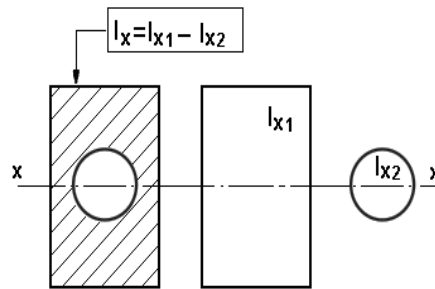
Penampang bersusun dari dua bujur sangkar dengan posisi simetris terhadap sumbu x-x .



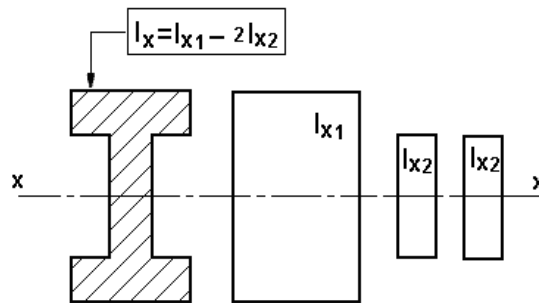
Penampang bersusun dari dua bujur sangkar dengan posisi simetris terhadap sumbu x-x dengan posisi bujur sangkar kedua terletak di sisi .



Penampang bersusun dari dua bentuk bidang segi empat dengan lingkaran , posisi kedua bidang tersebut simetris terhadap sumbu x-x .



Penampang bersusun dari tiga bentuk bidang segi empat dengan posisi ketiga bidang tersebut simetris terhadap sumbu x-x .



Gambar 5.21 Momen inersia penampang bersusun

### 3. Rangkuman

- Momen inersia penampang terhadap suatu garis yaitu jumlah luas penampang (elemen) terkecil dikalikan dengan kwadrat jarak normal terhadap titik beratnya, atau luas penampang dikalikan kwadrat jaraknya.
- Momen inersia terhadap garis sumbu yang melalui titik beratnya pada penampang yang mempunyai bentuk beraturan .

- Bentuk segi empat dengan lebar  $b$  dan tinggi  $h$  :

$$I_p = \frac{1}{12}bh^3 + \frac{1}{12}b^3h$$

- Bujur sangkar dengan sisi  $a$ :

$$I_p = \frac{1}{6}a^4$$

- Segi tiga dengan tinggi  $h$  dan lebar  $b$  :

$$I_x = \frac{1}{36}bh^3$$

- Lingkaran dengan diameter  $d$ :

$$I_p = \frac{\pi}{32}d^4 \text{ dibulatkan menjadi } I_p = 0,1 d^4.$$

- Lingkaran bentuk cincin dengan diameter luar  $D$  , diameter dalam  $d$  :

$$I_p = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4) \text{ dibulatkan menjadi } I_p = 0,1 d^4.$$

- Setengah lingkaran dengan jari jari  $R$

$$I_z = 0,11R^4$$

- Trapezium dengan tinggi  $h$  dan panjang sisi alas  $a$  satuan panjang dan panjang sisi atasnya  $b$ :

$$e = \frac{2a + b}{3(a + b)} \cdot h$$

- Ellipse dengan ukuran sumbu mayor  $h$  dan panjang sumbu minor  $b$ :

$$I_x = \frac{\pi}{32}b_1h^3$$

$$W_x = \frac{I_x}{e}, \text{ ukuran } e = a = \frac{1}{2} h$$

#### 4. Tugas

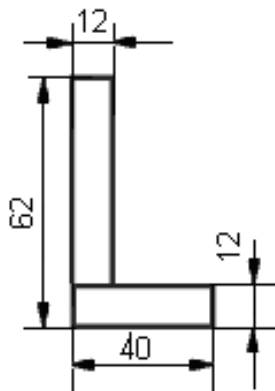
Diskusikan dengan kelompok bagaimana cara menghitung momen inersia dan momen inersia polar peralatan yang ada bengkel sekolah anda.

#### 5. Tes Formatif

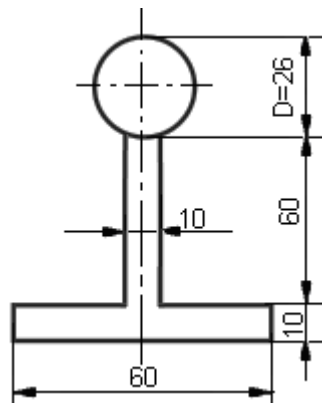
Suatu bidang yang dibuat dengan bentuk kombinasi dan ukuran seperti terlihat pada gambar !

- Hitunglah letak koordinat dari titik beratnya
- Hitung Momen Inersia yang melalui titik beratnya ( $I_x$  dan  $I_y$ )
- Hitung pula besarnya momen Inersia polarnya .

1.

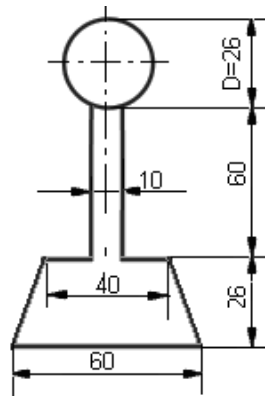


2.

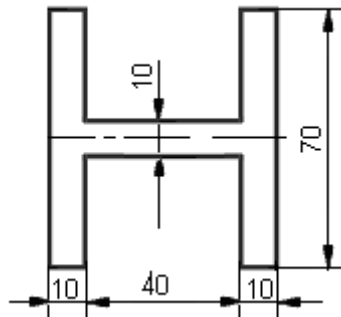




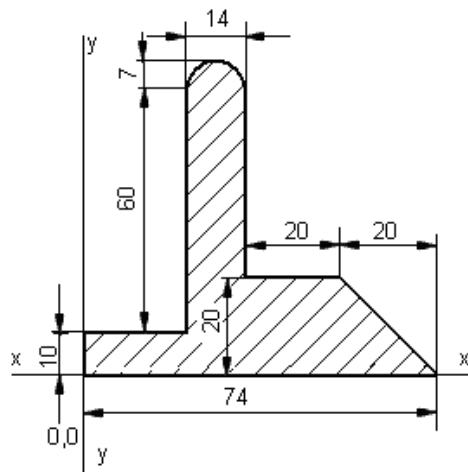
3.



4.



5.



## G. Kegiatan Belajar 6 : **DIAGRAM MOMEN DAN GAYA GESER**

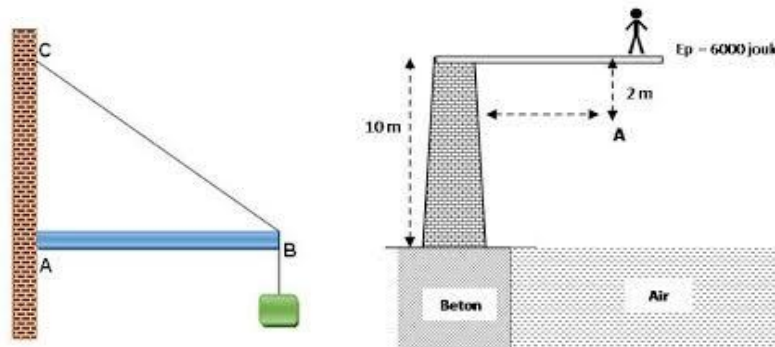
### 1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- Menjelaskan diagram momen
- Menjelaskan menjelaskan diagram gaya geser
- Menghitung reaksi tumpuan
- Menggambar diagram momen dan gaya geser

### 2. Uraian Materi

Silahkan mengamati beberapa gambar berikut atau obyek disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan mengenai rekasi tumpuan, gaya geser dan momen dari apa yang telah anda amati.



Gambar 6.1 Reaksi tumpuan dan momen

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan rekasi tumpuan, gaya geser dan mome yang ada, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesma teman atau guru yang sedang membimbing anda.

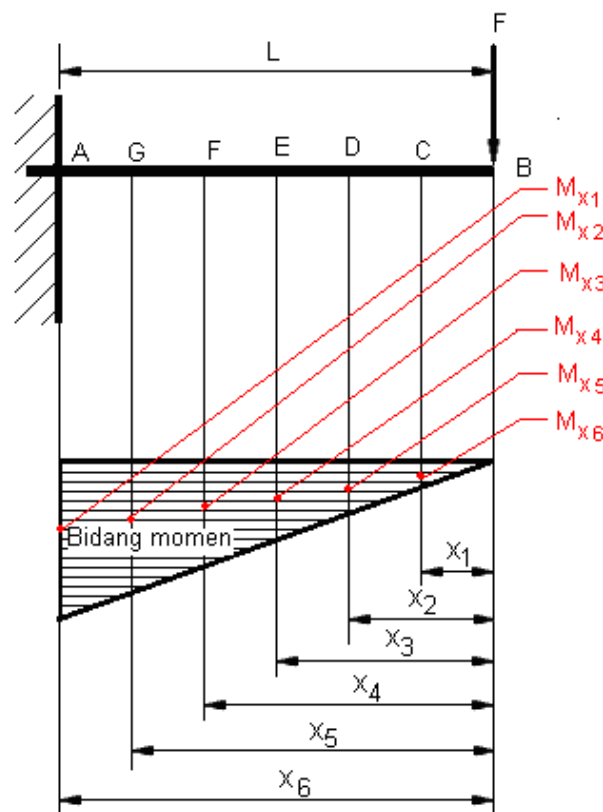
Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait rekasi tumpuan, gaya geser dan momen yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya hitung reaksi tumpuan, momen dan gaya geser yang terjadi dari masing-masing obyek tadi. Apabila anda telah melakukan pengelompokan, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitungnya.

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan reaksi tumpuan, momen dan gaya geser yang telah anda dapatkan dan jelaskan relevansinya dalam dunia teknik

**a. Diagram Momen**

Diagram momen yaitu gambar atau diagram yang menunjukkan besarnya momen di sembarang tempat dan dibuat sesuai dengan skala momen . Skala momen ini disesuaikan dengan situasi / keadaan luas kertas yang tersedia. misalnya 1cm banding 100 Nm , artinya setiap panjang 1 cm menunjukkan besarnya momen 100 Nm , Untuk membedakan arah momen maka untuk momen dengan arah yang searah dengan arah jarum jam disebut dengan momen positif dan sebaliknya momen yang arahnya berlawanan dengan arah jarum jam di sebut momen negatif . Diagram momen tersebut dapat dilihat pada gambar berikut .



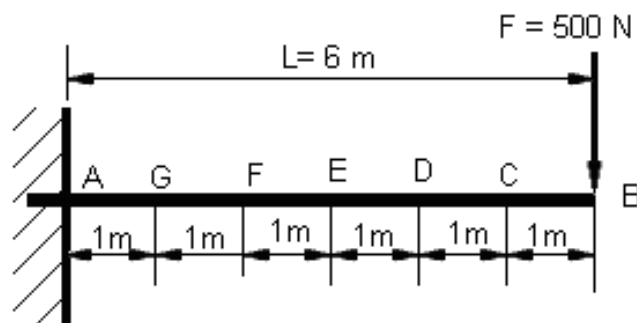
Gambar 6.2 Diagram momen pada batang

Bila batang AB dengan panjang L pada ujung A di jepit dan ujung lainnya bebas tidak di tumpu, pada ujung B diberi beban F vertikal ke bawah maka pada ujung A akan timbul gaya geser dan momen lengkung. Besarnya momen lengkung tersebut sesuai dengan besarnya beban F dan jaraknya. Dari gambar 6.2 besarnya momen lengkung pada tiap titik adalah sebagai berikut :

- Momen di titik B yaitu  $M_B = F \times 0 = 0$ .
- Momen di titik C yaitu  $M_{X_1} = F \cdot X_1$ .
- Momen di titik D yaitu  $M_{X_2} = F \cdot X_2$ .
- Momen di titik E yaitu  $M_{X_3} = F \cdot X_3$ .
- Momen di titik F yaitu  $M_{X_4} = F \cdot X_4$ .
- Momen di titik G yaitu  $M_{X_5} = F \cdot X_5$ .
- Momen di titik A yaitu  $M_{X_6} = F \cdot X_6 = F \times L$ .

Contoh 6.1:

Bila batang AB dengan panjang  $L = 6 \text{ m}$  Pada ujung A di jepit dan ujung lainnya bebas tidak di tumpu . Pada ujung B diberi beban  $F = 500 \text{ N}$  vertical ke bawah , tentukan besar momen pada titik titik A , B , C ,D ,E ,F ,G . dan gambarkan diagramnya .



Gambar 6.3 Distribusi momen pada batang AB

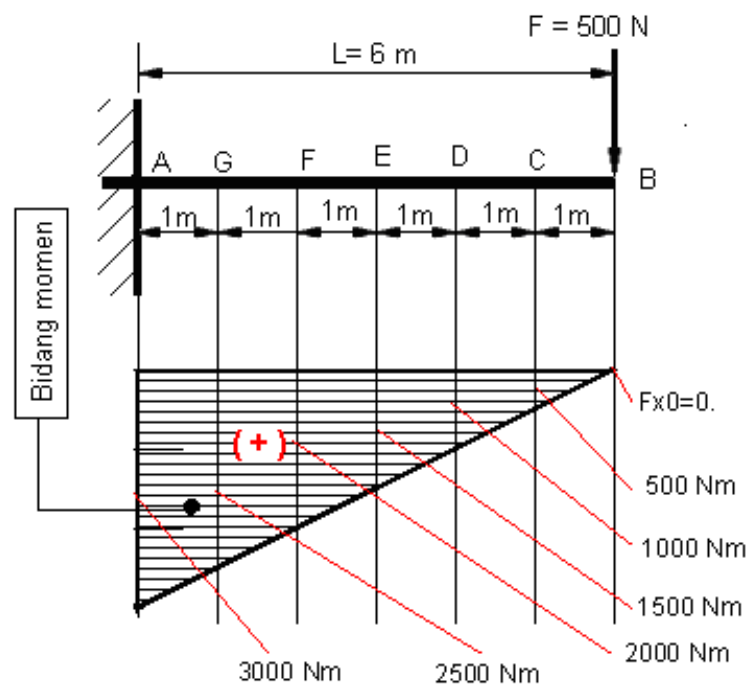
Penyelesaian :

- Momen di titik B yaitu  $M_B = F \times 0 = 0$ .
- Momen di titik C yaitu  $M_{X_1} = F \cdot X_1 = 500 \times 1 = 500 \text{ Nm}$
- Momen di titik D yaitu  $M_{X_2} = F \cdot X_2 = 500 \times 2 = 1000 \text{ Nm}$
- Momen di titik E yaitu  $M_{X_3} = F \cdot X_3 = 500 \times 3 = 1500 \text{ Nm}$

- o Momen di titik F yaitu  $M_X4 = F.X4. = 500 \times 4 = 2000 \text{ Nm}$
- o Momen di titik G yaitu  $M_X5 = F.X5. = 500 \times 5 = 2500 \text{ Nm}$
- o Momen di titik A yaitu  $M_X6 = F.X6. = F \times L . = 500 \times 6 = 3000 \text{ Nm}$

Tabel 6.1 Momen Dan Gaya Geser Batang AB

Daerah	x	$M_x = F.x$	$D_x$
A - B atau ( $0 < x < 6$ )	0	$500 \times 0 = 0 \text{ Nm}$	500 N
	1	$500 \times 1 = 500 \text{ Nm}$	500 N
	2	$500 \times 2 = 1000 \text{ Nm}$	500 N
	3	$500 \times 3 = 1500 \text{ Nm}$	500 N
	4	$500 \times 4 = 2000 \text{ Nm}$	500 N
	5	$500 \times 5 = 2500 \text{ Nm}$	500 N
	6	$500 \times 6 = 3000 \text{ Nm}$	500 N



Gambar 6.4 Diagram momen batang AB

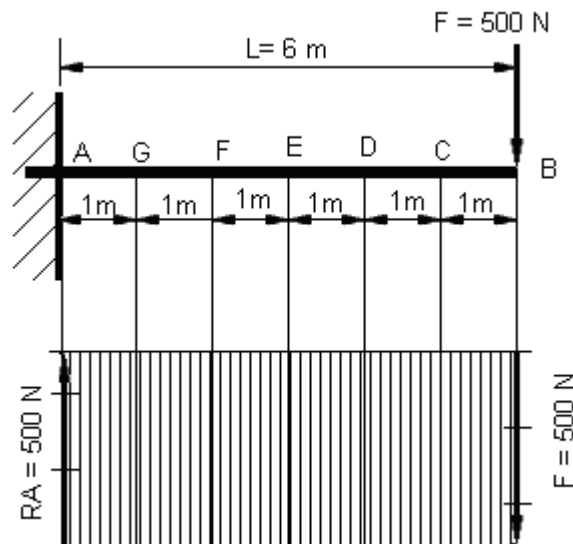
#### b. Diagram Gaya Geser

Diagram gaya geser disebut juga dengan bidang gaya lintang yaitu gambar yang menunjukkan besarnya gaya geser yang bekerja di sembarang tempat di sepanjang batang yang mendapatkan beban geser . Gaya geser di

beri simbol  $D_x$  . Bila gaya geser arahnya keatas bertanda positif dan jika arah gaya geser kebawah bertanda negatif .

Lihat gambar halaman berikut ,

Pada pembebanan di atas batang A-B ,mendapatkan beban geser sebesar 500 N Untuk daerah A-B atau  $0 < x < 6$   $D_x = 500$  N.



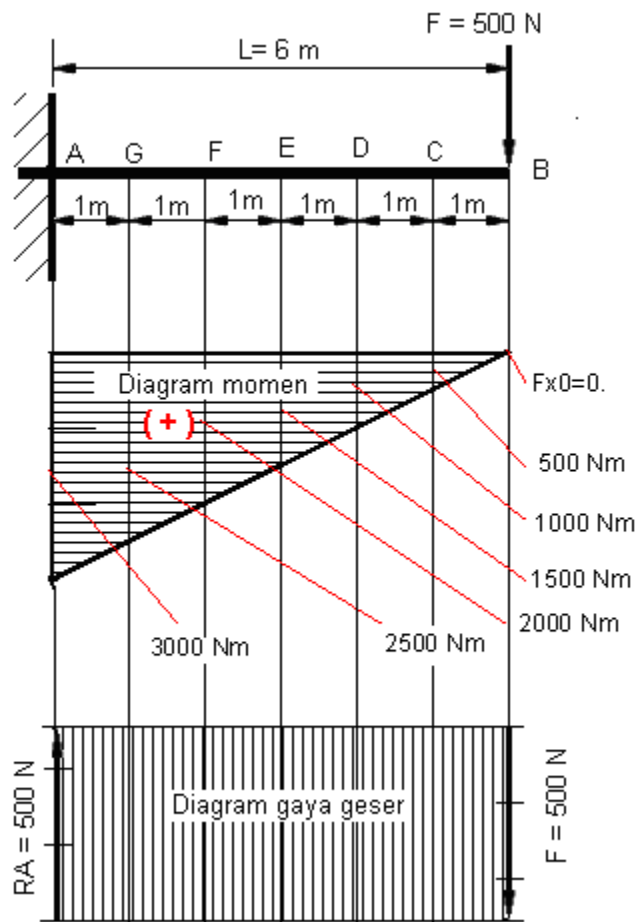
Gambar 6.5 Diagram gaya geser

**c. Gabungan Diagram Momen Dan Gaya Geser**

Diagram momen dan diagram gaya geser biasanya digambar dalam satu gambar atau digabungkan , dan untuk mempermudah perhitungan biasanya digunakan tabel seperti terlihat pada tabel berikut .

Tabel 6. 2 Momen dan Gaya Geser

Daerah	x	$M_x = F \cdot x$	$D_x$
A - B atau ( $0 < x < 6$ )	0	$500 \times 0 = 0$ Nm	500 N
	1	$500 \times 1 = 500$ Nm	500 N
	2	$500 \times 2 = 1000$ Nm	500 N
	3	$500 \times 3 = 1500$ Nm	500 N
	4	$500 \times 4 = 2000$ Nm	500 N
	5	$500 \times 5 = 2500$ Nm	500 N
	6	$500 \times 6 = 3000$ Nm	500 N

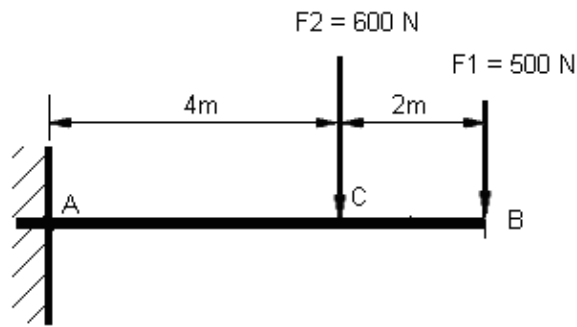


Gambar 6.6 Diagram momen dan gaya geser

Contoh 6.2:

Suatu batang AB panjang 6 m pada ujung A dijepit dan ujung lainnya diberi beban  $F_1 = 500\text{ N}$ , pada titik C yang berjarak 2 m dari titik B dibebani dengan gaya vertikal ke bawah dengan gaya  $F_2 = 600\text{ N}$ .

- Buat persamaan momen dan gaya geser untuk daerah  $0 < x < 2\text{ m}$  dan daerah  $2 < x < 6\text{ m}$
- Hitung besarnya momen untuk tiap tiap 1 m dari titik B
- Tentukan besarnya gaya geser
- Gambarkan diagram momen dan gaya gesernya



Gambar 6.7 Pembebanan pada batang AB

Penyelesaian

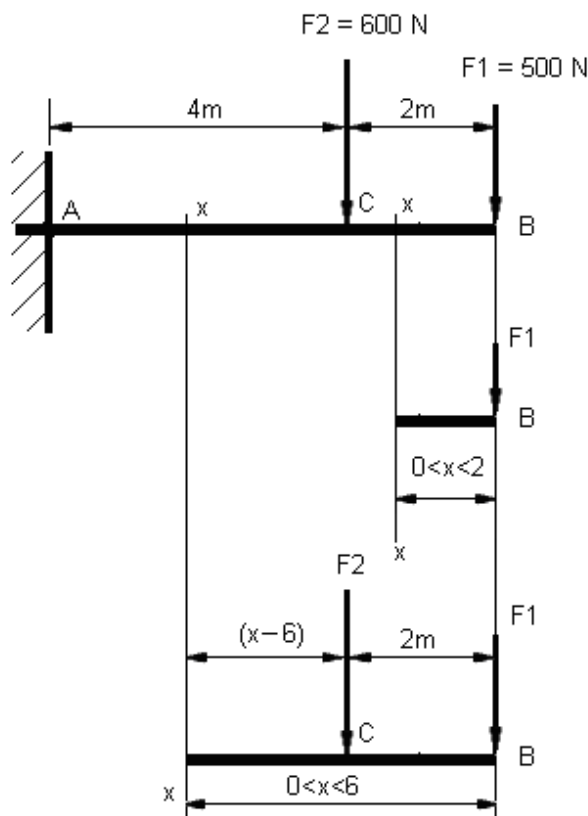
Daerah B-C dimana  $0 < x < 2$  m , persamaan momennya adalah :

$$M_x = F_1 \cdot x \text{ , gaya gesernya adalah } D_x = F_1$$

Daerah A- B dimana  $0 < x < 6$  m , persamaan momennya adalah :

$$M_x = F_1 \cdot x + F_2(x-2) \text{ , gaya gesernya adalah } D_x = F_1 + F_2$$

Lihat gambar berikut



Gambar 6.8 Uraian pembebanan



Tabel 6.3 Momen Dan Gaya Geser

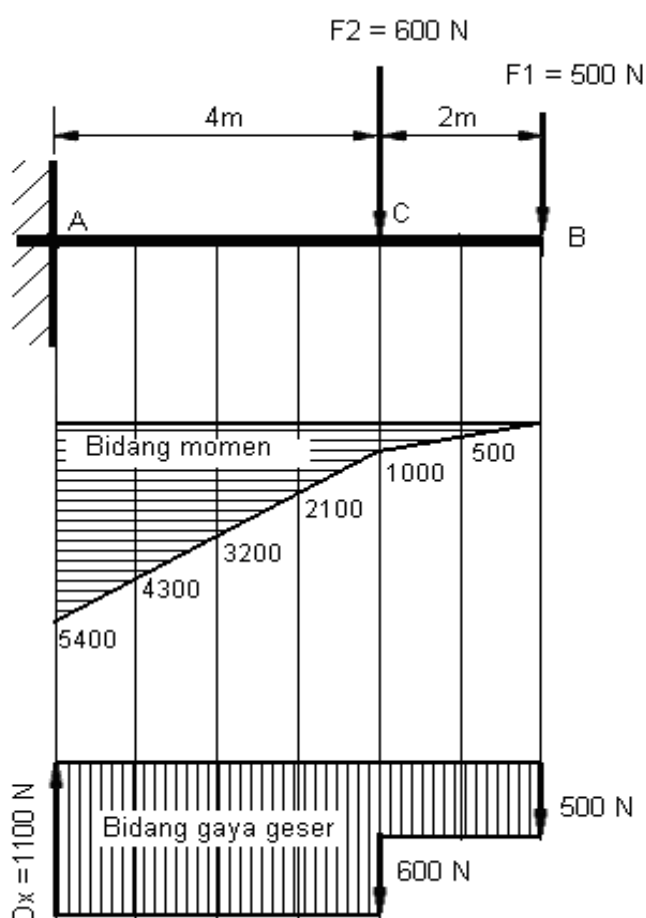
Daerah	Persamaan Mx	x	Besarnya momen	Persamaan gaya geser	Besarnya Gaya geser
0 < x < 2	Mx = F1.x	0	0 Nm	Dx = F1	500 N
		1	500 Nm	Dx = F1	500 N
		2	1000 Nm	Dx = F1	500 N
0 < x < 6	Mx = F1.x + F2(x-2)	3	2100 Nm	Dx = F1 + F2	1100 N
		4	3200 Nm	Dx = F1 + F2	1100 N
		5	4300 Nm	Dx = F1 + F2	1100 N
		6	5400 Nm	Dx = F1 + F2	1100 N

Gambar diagram momen dan gaya lintang

Skala gaya 500 N # 1 cm

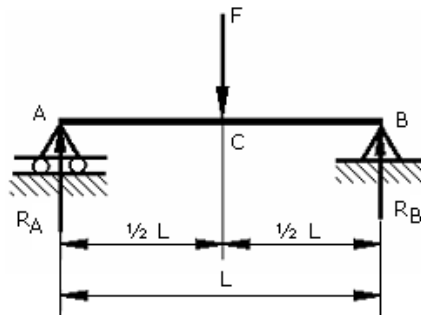
Skala momen 2000 Nm # 1 cm

Skala panjang 1 m # 1 cm



Gambar 6.9 Diagram momen dan gaya geser

d. Batang Yang Ditumpu Dengan Dua Tumpuan



Gambar 6.10 Batang yang ditumpu pada kedua ujungnya

Suatu batang yang mempunyai ukuran panjang  $L$  pada kedua ujungnya ditumpu, pada ujung A ditumpu dengan tumpuan rol dan diujung lainnya ditumpu dengan tumpuan engsel, di tengah tengah batang A-B yaitu di titik C yang berjarak  $\frac{1}{2}L$  dari titik A dibebani oleh gaya  $F$  [N], Tentukan gaya reaksi di tumpuan A dan reaksi di tumpuan B, jika batang tersebut dalam keadaan seimbang.

Penyelesaian:

$$\sum M_A = 0$$

$$R_A \cdot 0 + F \cdot \frac{1}{2}L - R_B \cdot L = 0$$

$$R_B = \frac{F \cdot \frac{1}{2}L}{L} = \frac{1}{2} \cdot F \text{ [N]}$$

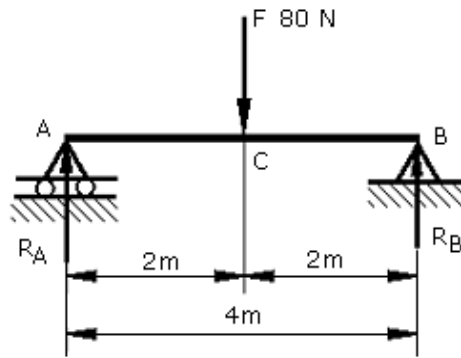
$$R_A + R_B - F = 0$$

$$R_A = F - \frac{1}{2}F$$

$$R_A = \frac{1}{2}F \text{ [N]}$$

Contoh 6.3:

Suatu batang yang mempunyai ukuran panjang  $L = 4$  meter pada kedua ujungnya ditumpu pada tumpuan A dan tumpuan B, di tengah tengah batang A-B, yaitu di titik C yang berjarak  $\frac{1}{2}L$  dari titik A dibebani oleh gaya  $F = 80$  [N], Hitung gaya reaksi di tumpuan A dan reaksi di tumpuan B, jika batang tersebut dalam keadaan seimbang. Lihat gambar halaman berikut !



Gambar 6.11 Reaksi tumpuan

Penyelesaian:

$$\Sigma M = 0$$

$$R_A \cdot 0 + 80 \cdot 2 - R_B \cdot 4 = 0$$

$$160 - 4 \cdot R_B = 0$$

$$R_B = \frac{160}{4} = 40$$

$$R_A + R_B - 80 = 0$$

$$R_A + 40 - 80 = 0$$

$$R_A = 40$$

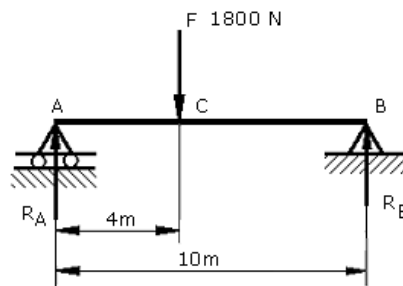
Jadi :

$$R_A = 40 \text{ [N]}$$

$$R_B = 40 \text{ [N]}$$

Contoh 6.4:

Suatu batang yang mempunyai ukuran panjang  $L = 10$  meter pada kedua ujungnya ditumpu pada tumpuan A dan tumpuan B, di titik C yang berjarak 4 meter dari titik A dibebani oleh gaya  $F = 1800$  [N], Hitung gaya reaksi di tumpuan A dan reaksi di tumpuan B, jika batang tersebut dalam keadaan seimbang. Lihat gambar berikut !



Gambar 6.12 Reaksi tumpuan

Penyelesaian :

$$\sum M_A = 0$$

$$R_A \cdot 0 + (1800 \times 4) - R_B \times 10 = 0$$

$$7200 - 10 R_B = 0$$

$$R_B = \frac{7200}{10} = 720 \text{ N}$$

$$\sum V = 0$$

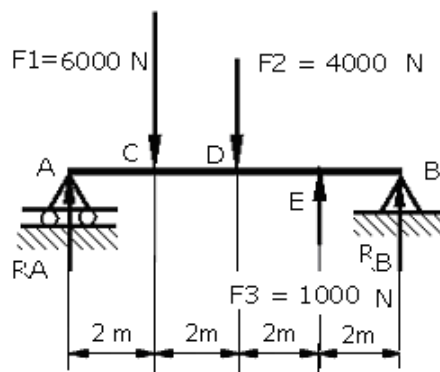
$$R_A + R_B - 1800 = 0$$

$$R_A + 720 - 1800 = 0$$

$$R_A = 1800 - 720 = 1080 \text{ N}$$

Contoh 6.5:

Suatu batang yang mempunyai ukuran panjang  $L = 8$  meter pada kedua ujungnya ditumpu pada tumpuan A dan tumpuan B, di titik C dibebani dengan gaya  $F_1 = 6000$  N, di titik D dengan gaya  $F_2 = 4000$  N dengan arah ke bawah dan di titik E dibebani dengan gaya  $F_3 = 1000$  N dengan arah ke atas. Jarak masing masing :  $AC = 2$  m,  $CD = 2$  m,  $DE = 2$  m. Hitung gaya reaksi di tumpuan A dan reaksi di tumpuan B, jika batang tersebut dalam keadaan seimbang. Lihat gambar berikut !



Gambar 6.13 Pembebanan

Penyelesaian :

$$\sum M_A = 0$$

$$R_A \cdot 0 + (6000 \times 2) + (4000 \times 4) - (1000 \times 6) - R_B \times 8 = 0$$

$$12000 + 16000 - 6000 - R_B \times 8 = 0$$

$$22000 - 8 R_B = 0$$

$$R_B = \frac{22000}{8} = 2750 \text{ (N)}$$

$$\sum V = 0$$

$$R_A + R_B - 6000 - 4000 + 1000 = 0$$

$$R_A + 2750 - 6000 - 4000 + 1000 = 0$$

$$R_A - 6250 = 0$$

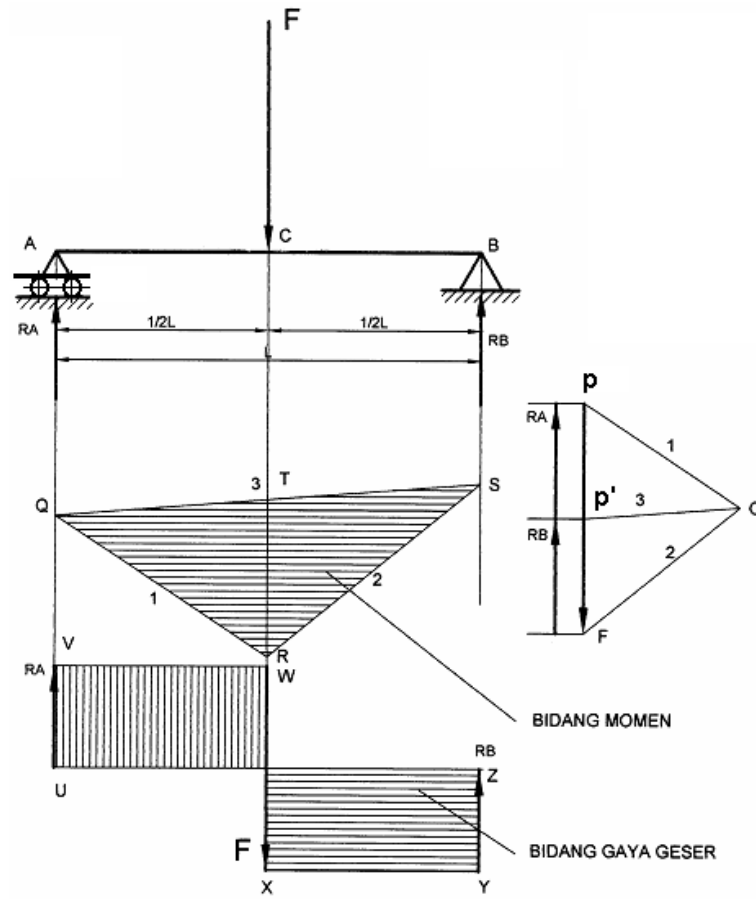
$$R_A = 6250 \text{ (N)}$$

**e. Diagram Momen Dan Gaya Geser Pada Batang Yang Ditumpu Dengan Dua Tumpuan**

Untuk menentukan reaksi pada tumpuan ,  $R_A$  dan  $R_B$  selain dengan cara hitungan seperti di atas dapat juga di tentukan dengan cara lukisan yang sekaligus dapat menentukan diagram momen dan diagram gaya geser yaitu sebagai berikut :

Caranya sebagai berikut : lihat gambar di atas .

- Tentukan skala panjang , misalnya 1 m # 1cm
- Tentukan skala gaya , misalnya 100 N # 1 cm
- Buat gambar Batang A-B yang dibebani oleh gaya F dan ditumpu pada dua tumpuan sesuai dengan skala panjang dan skala gayanya .
- Buat lukisan kutub yaitu : pindahkan gaya F pada titik P disebelah kanan gambar tumpuan .
- Tentukan titik kutub O dengan posisinya bebas / sembarang
- Tarik garis dari titik kutub O ke titik P dan ke ujung gaya F , sehingga di dapat garis (1) dan (2) .
- Perpanjang garis gaya dari tumpuan A , tumpuan B dan dari gaya F yang berada di titik C ke bawah .
- Buat garis sejajar (1) memotong garis kerja gaya  $R_A$  di titik Q dan garis kerja gaya F di titik R .
- Buat garis sejajar (2) memotong R dan garis kerja  $R_B$  di titik S.
- Buat garis sebagai penutup dari titik Q ke titik S sehingga di dapat garis (3)
- Buat bidang yang dibatasi oleh titik Q , R dan S , bidang yang diarsir di sebut dengan bidang momen atau *diagram momen* .
- Untuk menentukan besarnya  $R_A$  dan  $R_B$  , lanjutkan dengan membuat garis sejajar (3) memotong titik kutub O dan gaya F di titik P' . sehingga di dapat  $R_A$  dan  $R_B$ .



Gambar 6.14 Diagram momen dan gaya geser

- Pindahkan RA ke tumpuan A dan RB ke tumpuan B dengan menggunakan jangka.
- Kalikan panjang RA dan RB dengan skala gaya sehingga di dapat RA dalam satuan gaya .
- Untuk menentukan bidang / diagram gaya gesernya adalah sebagai berikut :
- Buat garis mendatar pada garis gaya RA di titik U dan memotong garis kerja RB di titik Z
- Pindahkan RA dengan jangka dari titik U ke atas dengan ujungnya di titik V.
- Buat garis mendatar sampai memotong garis kerja gaya F di titik W .
- Pindahkan F ke titik W dengan ujungnya di titik X.
- Buat garis mendatar dari ujung gaya F atau titik X ke kanan sampai memotong garis kerja gaya RB di titik Y .

- Pindahkan RB ke titik Y dengan ujung RB di titik Z , sehingga didapat bidang gaya geser atau diagram gaya geser.
- Buat arsir yang dibatasi oleh gaya gaya atau titik U,V,W,X,Y dan Z . Bidang tersebut adalah bidang atau diagram gaya geser.

Contoh membuat diagram momen dan diagram gaya geser , untuk gaya gaya yang bekerja pada batang dengan cara lukisan dapat dijelaskan dengan gambar berikut .

Langkah langkahnya sebagai berikut :

- Tentukan skala gaya dan skala panjang.
- Buat gambar batang A-B yang di tumpu oleh dua tumpuan dan bebannya sesuai dengan skala gaya dan skala panjang.
- Buat lukisan kutub , sehingga didapat RA dan RB .
- Buat diagram / bidang momen dengan cara mengarsir bidang yang dibatasi oleh garis garis kutub. dan garis penutup.
- Buat diagram gaya geser dengan cara memindahkan gaya gaya pada garis kerja gaya yang bersangkutan .
- Buat arsir sebagai batas bidang gaya geser seperti terlihat pada gambar berikut .

Menentukan RA dan RB dengan hitungan :

Syarat keseimbangan :

$$\Sigma X = 0; \Sigma Y = 0. \text{ dan } \Sigma M = 0.$$

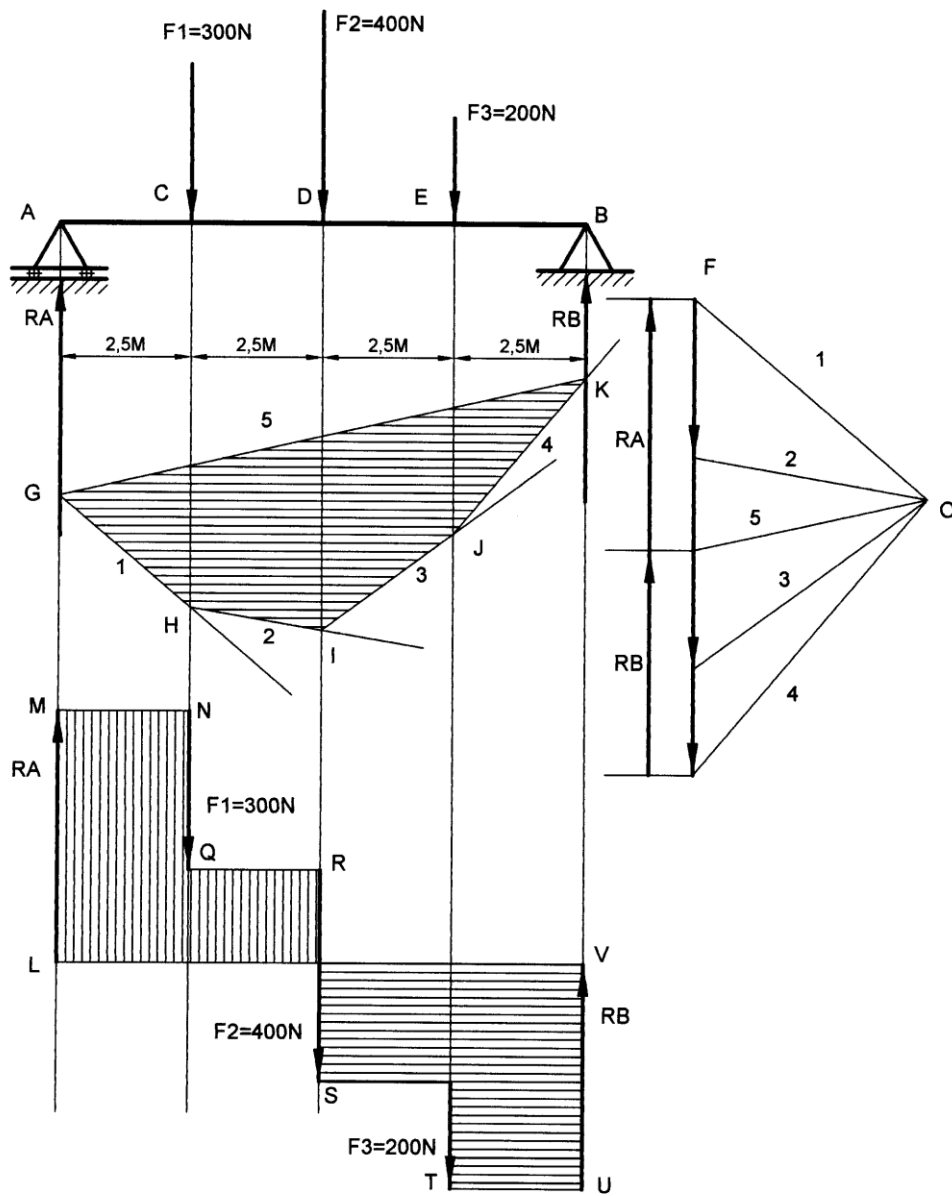
$$\Sigma MA = 0$$

$$RA.0 + (300 \times 2,5) + (400 \times 5) + (200 \times 7,5) - RB.10 = 0$$

$$0 + 750 + 2000 + 1500 - 10RB = 0$$

$$4250 - 10 RB = 0$$

$$RB = \frac{4250}{10} = 425 \text{ N}$$



Gambar 6.15 Diagram momen dan gaya geser pada batang

Selanjutnya

$$\sum V = 0 \text{ (jumlah gaya gaya yang vertical =0)}$$

$$RA - 300 - 400 - 200 + RB = 0$$

$$RA - 900 + 425 = 0$$

$$RA = 475 \text{ N}$$

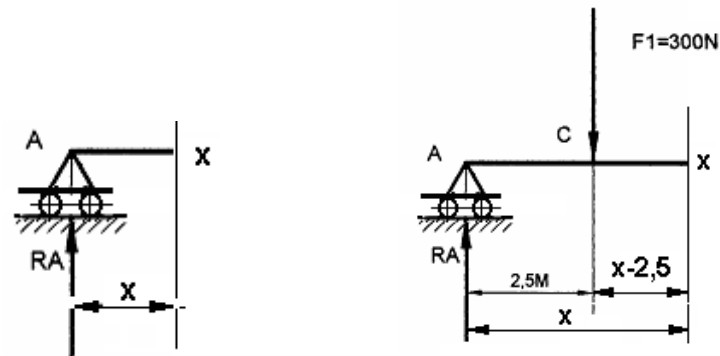


Menghitung momen

Momen di A ( $M_A=0$ )

Untuk daerah A-C dimana  $0 < x < 2,5$  m

berlaku persamaan  $M_x = R_A \cdot x$



Gambar 6.16 Momen pada tumpuan A

Untuk momen di C ( $M_c$ ) adalah :

$$M_c = R_A \cdot 2,5$$

$$M_c = 475 \times 2,5 = 1187,5 \text{ Nm}$$

Untuk daerah A-D dimana  $0 < x < 5$  m berlaku persamaan :

$$M_x = R_A \cdot x - 300(x-2,5)$$

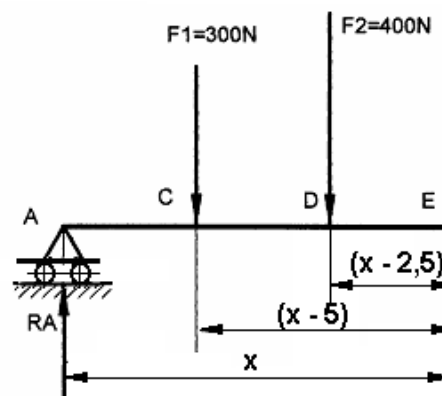
Untuk momen di D ( $M_D$ ) dimana  $x = 5$  m maka

$$M_D = R_A \times 5 - (300 \times 2,5)$$

$$M_D = 475 \times 5 - 750 = 1625 \text{ Nm}$$

Untuk daerah A-E dimana  $0 < x < 7,5$

Berlaku persamaan :  $M_x = R_A \cdot x - 300(x-2,5) - 400(x-5)$



Gambar 6.17 Momen daerah AE

Untuk momen di E dimana  $x = 7,5 \text{ m}$  , maka

$$ME = RA \times 7,5 - (300 \times 5) - (400 \times 2,5)$$

$$ME = 475 \times 7,5 - 1500 - 1000$$

$$ME = 3562,5 - 2500 = 1062,5 \text{ Nm}$$

Momen di B ( $MB = 0$ )

Untuk melukis diagram momen dan diagram gaya geser , dilanjutkan dengan skala momen yaitu  $50 \# 1\text{mm}$  , artinya setiap momen  $50 \text{ Nm}$  digambar dengan garis sepanjang  $1 \text{ mm}$ . momen di A ,  $MA = 0$  , Lihat penyelesaian di atas :

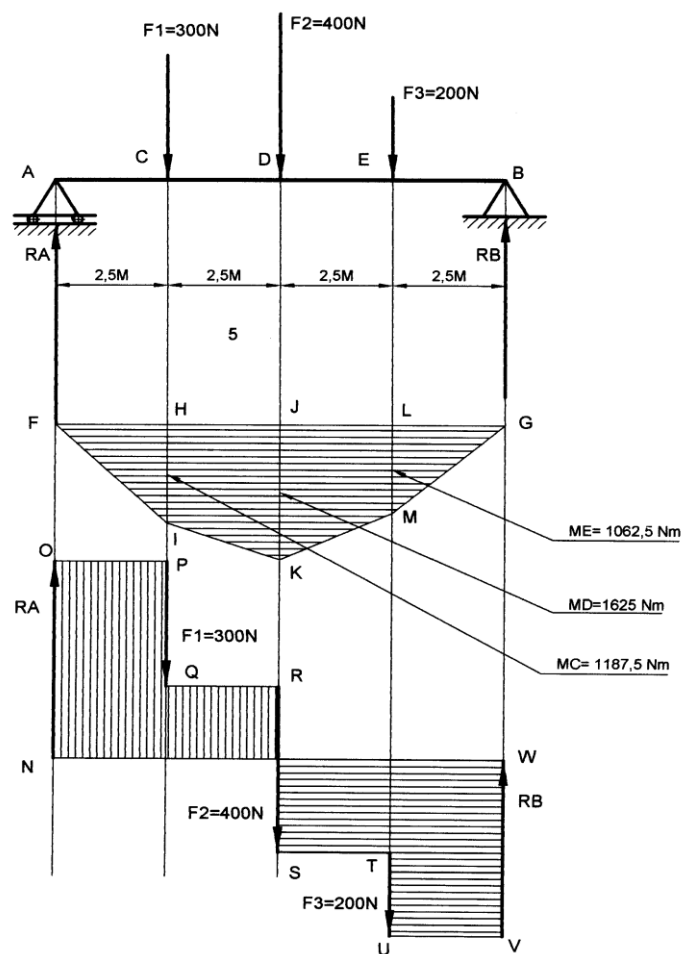
Momen di C ,  $MC = 1187,5 \text{ Nm}$  atau digambar dengan garis sepanjang  $1187,5 : 50 = 23,75 \text{ mm}$  .

Momen di D ,  $MD = 1625 \text{ Nm}$  digambar  $1625 : 50 = 32,5 \text{ mm}$

Momen di E ,  $ME = 1062,5 \text{ Nm}$  digambar  $1062,5 : 50 = 21,25 \text{ mm}$

Bidang momen dan bidang gaya gesernya dapat dilihat pada gambar berikut

:



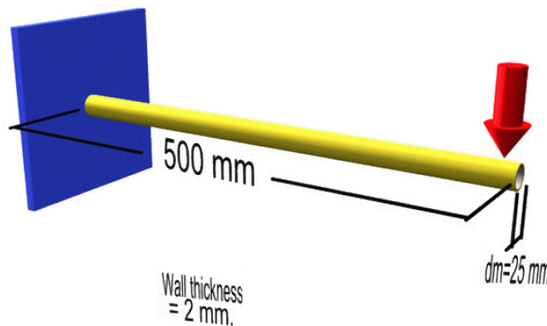
Gambar 6.18 Diagram momen dan gaya geser

### 3. Rangkuman

- Diagram momen yaitu gambar atau diagram yang menunjukkan besarnya momen di sembarang tempat dan dibuat sesuai dengan skala momen.
- Diagram gaya geser disebut juga dengan bidang gaya lintang yaitu gambar yang menunjukkan besarnya gaya geser yang bekerja di sembarang tempat di sepanjang batang yang mendapatkan beban geser .

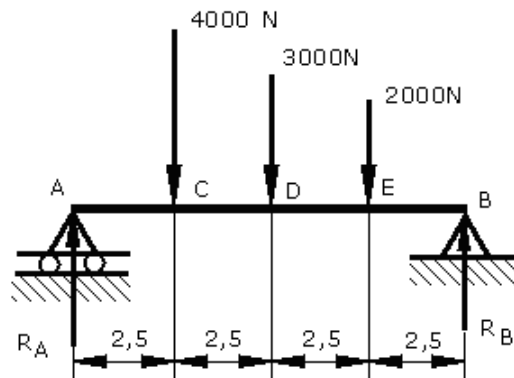
### 4. Tugas

Gambar diagram momen dan gaya geser jika beban pada batang 10 N



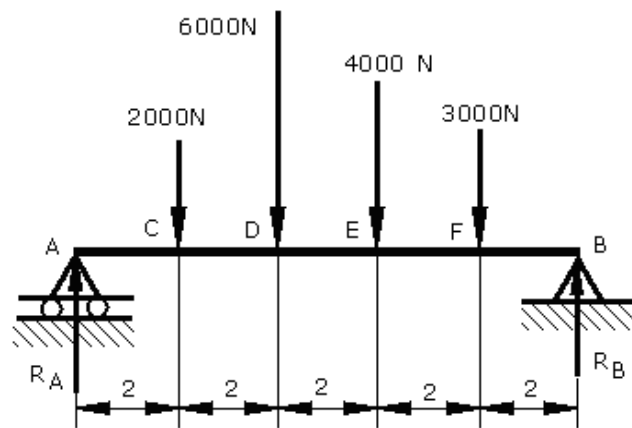
### 5. Tes Form:

1. Hitunglah reaksi pada tumpuan A dan B pada pembebanan berikut (lihat gambar) Jika pembebanan tersebut dalam keadaan seimbang.



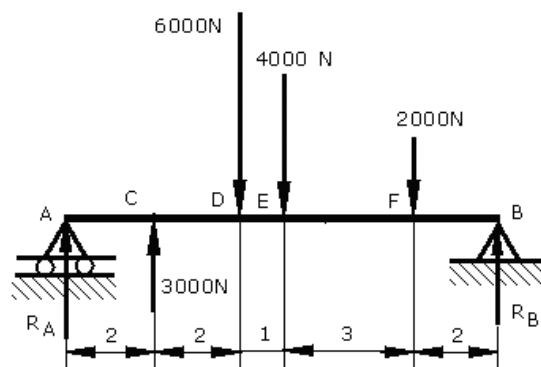
Gambar 6.19 Hitung reaksi tumpuan di A dan B

2. Hitunglah reaksi pada tumpuan A dan B pada pembebanan berikut (lihat gambar) Jika pembebanan tersebut dalam keadaan seimbang, hitung pula momen di titik C, D, dan E ( $M_C$ ,  $M_D$  dan  $M_E$ )



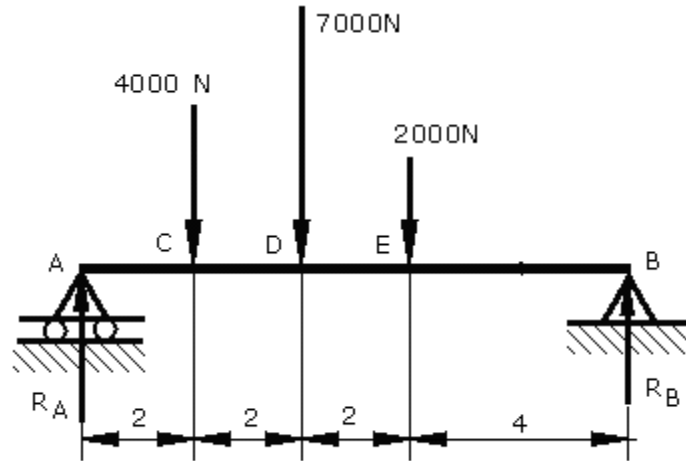
Gambar 6.20 Hitung reaksi tumpuan dan momen

- Hitunglah reaksi pada tumpuan A dan B pada pembebanan berikut (lihat gambar) Jika pembebanan tersebut dalam keadaan seimbang, hitung pula momen di titik C, D, E, dan F ( $M_C$ ,  $M_D$ ,  $M_E$  dan  $M_F$ ), gambarkan bidang momen nya.



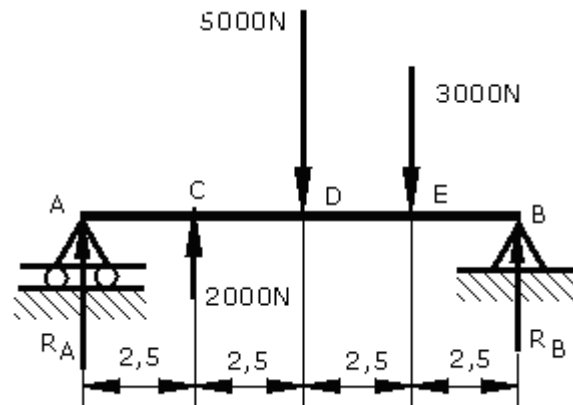
Gambar 6.21 Gambarkan bidang momen

- Hitunglah reaksi pada tumpuan A dan B pada pembebanan berikut (lihat gambar) Jika pembebanan tersebut dalam keadaan seimbang, hitung pula momen di titik C, D, dan E ( $M_C$ ,  $M_D$ , dan  $M_E$ ), gambarkan diagram / bidang momen dan gaya geser.



Gambar 6.22 Gambarkan diagram momen dan gaya geser

5. Hitunglah reaksi pada tumpuan A dan B pada pembebanan berikut (lihat gambar) Jika pembebanan tersebut dalam keadaan seimbang, hitung pula momen di titik C, D, dan E ( $M_C$ ,  $M_D$ , dan  $M_E$ ), gambarkan diagram / bidang momen dan gaya geser



Gambar 6.23 Gambarkan diagram momen dan gaya geser

## H. Kegiatan Belajar 7 : **TEGANGAN**

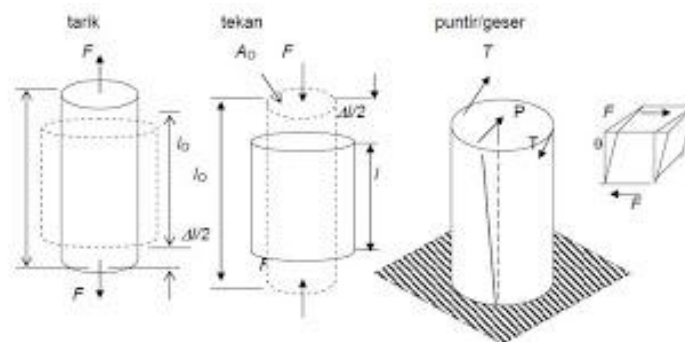
### 1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- Menjelaskan tegangan tarik
- Menjelaskan tegangan tekan
- Menjelaskan tegangan lengkung
- Menjelaskan tegangan geser
- Menjelaskan momen lengkung
- Menjelaskan pengujian tarik dan puntir

### 2. Uraian Materi

Silahkan mengamati beberapa gambar berikut atau obyek disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan mengenai tegangan yang terjadi pada gambar atau obyek yang telah anda amati.



Gambar 7.1 Tegangan

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai jenis tegangan yang ada, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis –jenis tegangan yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya tentukan jenis tegangan yang terjadi dari masing-masing obyek tadi dalam suatu kelompok yang sama. Apabila anda telah melakukan pengelompokan, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitungnya.

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis tegangan yang telah anda dapatkan dan jelaskan relevansinya dalam dunia teknik.

**a. Tegangan Tarik**

Jika suatu benda atau batang pada kedua ujungnya ditarik oleh suatu gaya maka pada batang tersebut akan terjadi tegangan tarik , untuk benda yang mempunyai sifat kenyal seperti karet maka benda tersebut akan memanjang dan jika benda tersebut tidak kuat untuk menahan beban tarik maka akan putus . Jika suatu benda atau batang yang mempunyai panjang L dengan luas penampang A [mm<sup>2</sup>] ditarik oleh gaya tarik F [N] maka pada batang tersebut akan terjadi tegangan tarik , tegangan tarik akan terjadi disepanjang L .

Besarnya tegangan tarik  $\sigma_t$  yaitu Gaya tarik tiap satuan luas penampang atau dapat ditulis dengan persamaan :

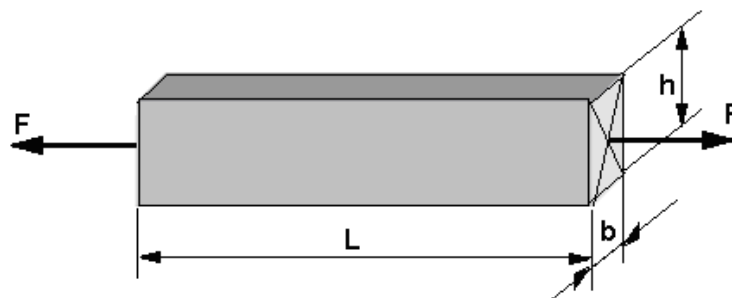
$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

- $\sigma_t$  = Tegangan tarik dalam satuan ..... [N/mm<sup>2</sup>]
- F = Gaya tarik dalam satuan ..... [ N]
- A = Luas penampang dalam satuan ..... [mm<sup>2</sup>]

Contoh 7.1:

Diketahui : batang dengan penampang segi empat ditarik oleh gaya F, lihat gambar berikut !



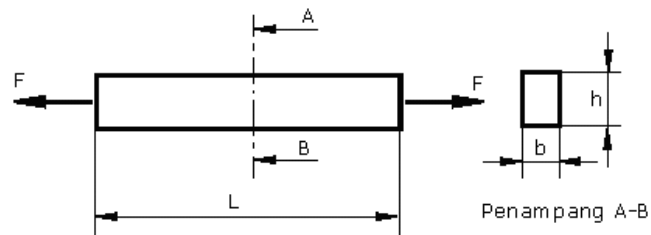
Gambar 7.2 Batang segi empat ditarik oleh gaya F

Diketahui :

- Gaya tarik  $F = 15000 \text{ N}$
- Panjang  $L = 1000 \text{ mm}$
- Lebar  $b = 20 \text{ mm}$
- Tinggi  $h = 30 \text{ mm}$

Hitunglah tegangan tarik pada penampang A-B

Jawaban:



Gambar 7.3 Tegangan tarik pada penampang AB

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

$$A = b \times h = 20 \times 30 = 600 \text{ mm}^2 .$$

maka:

$$\sigma_t = \frac{15000}{600} = 25 \text{ N/mm}^2 .$$

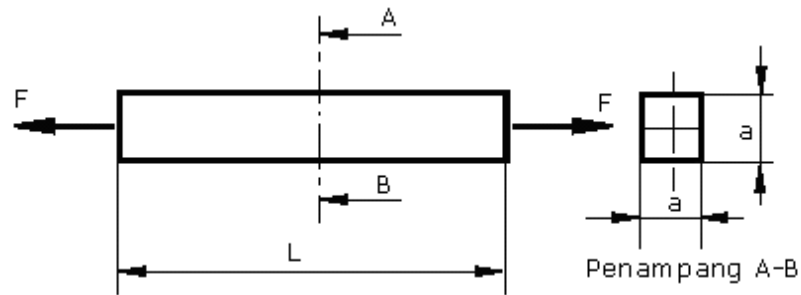
Contoh 7.2:

Diketahui : batang dengan penampang bujur sangkar ditarik oleh gaya  $F$  ,  
lihat gambar berikut !

- o Gaya tarik  $F = 10000 \text{ N}$
- o Panjang  $L = 1000 \text{ mm}$
- o Lebar  $a = 20 \text{ mm}$

Hitunglah tegangan tarik pada penampang A-B





Gambar 7.4 Batang persegi diatrik oleh gaya F

Jawaban :

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

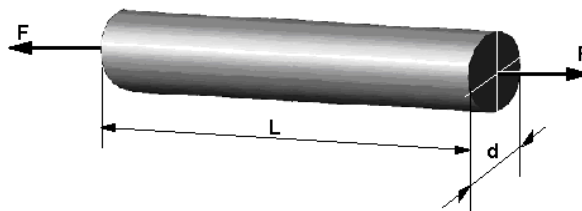
$$A = a \times a = 20 \times 20 = 400 \text{ mm}^2 .$$

maka:

$$\sigma_t = \frac{10000}{400} = 25 \text{ N/mm}^2 .$$

Contoh 7.3:

Diketahui : batang dengan penampang bulat ditarik oleh gaya F , lihat gambar berikut !

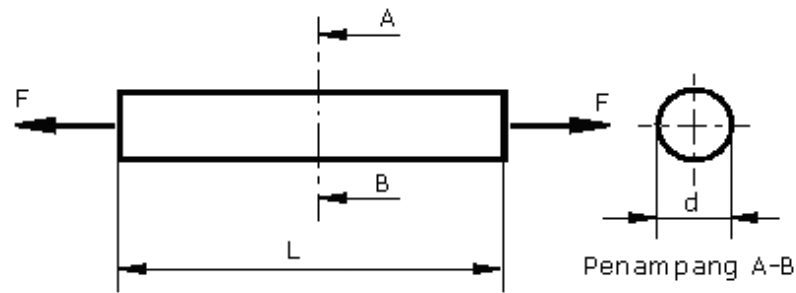


Gambar 7.5 Batang bulat ditarik oleh gaya F

- Gaya tarik F = 3140 N
- Panjang L = 1000 mm
- Diameter d = 20 mm

Hitunglah tegangan tarik yang terjadi pada penampang A-B

Jawaban



Gambar 7.6 Tegangan tarik pada batang

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

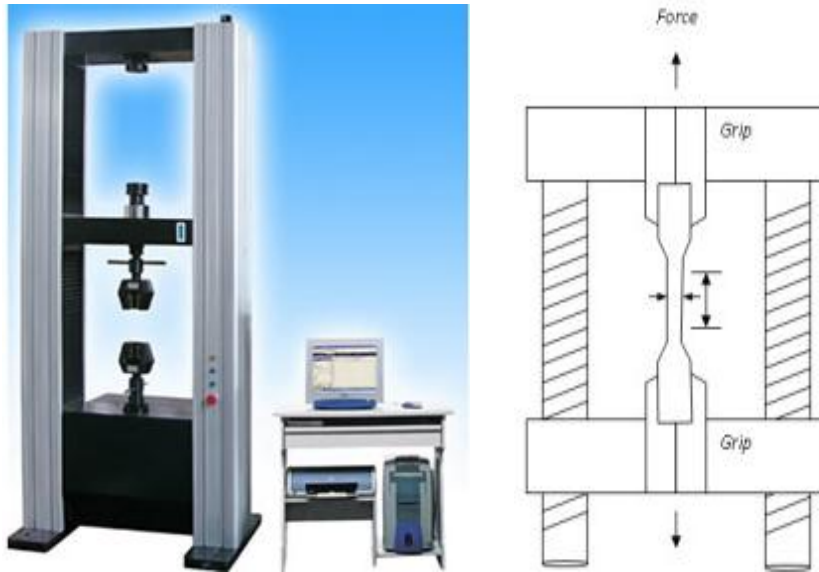
$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$\sigma_t = \frac{F}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \times 3140}{3,14 \times 20^2} = \frac{4 \times 1000}{400} = 10 \text{ N/mm}^2.$$

#### b. Percobaan Tarik

Percobaan tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik .dengan tujuan untuk mengetahui sifat sifat mekanis dari material terhadap :

- Perpanjangan
- Tegangan
- Regangan
- Kontraksi



Gambar 7.7 Mesin uji tarik

### 1. Perpanjangan ( $\delta L$ )

Jika suatu logam ditarik maka logam tersebut akan mengalami perubahan panjang dari  $L$  menjadi  $L_1$ , Jika beban tarik tersebut dihilangkan maka akan terjadi dua kemungkinan yaitu :

- Logam tersebut kembali keukuran semula , hal ini disebut dengan *deformasi elastis*. Deformasi elastis yaitu perubahan bentuk yang sifatnya sementara pada saat pembebanan berlangsung saja.
- Logam tersebut tidak kembali keukuran semula, yaitu bertambah panjang dan  $L$  menjadi  $L_1$  dan penampangnya menciut dari  $A_0$  menjadi  $A$  , pada keadaan di atas disebut dengan *deformasi plastis*, dan patah.

Pada daerah deformasi elastis inilah berlaku hukum Hooke, yang menyatakan:

- Pertambahan panjang  $\delta L$  sebanding dengan gaya  $F$
- Pertambahan panjang  $\delta L$  sebanding dengan panjang  $L$
- Pertambahan panjang  $\delta L$  berbanding terbalik dengan luas penampang ( $A$ ).
- Pertambahan pangang  $\delta L$  sebanding dengan jenis bahan ( $C$ )

Atau dapat kita tulis dengan persamaan/hukum Hooke berikut :

$$\delta L = \frac{F \cdot L}{A} \cdot C \quad \dots\dots\dots (a)$$

Konstanta bahan C dinyatakan dalam  $1/E$ , E yaitu Modulus Elastisitas dari Young atau:

$$C = 1/E \dots\dots\dots(b)$$

Jika persamaan (b) dimasukkan pada persamaan (a) maka :

$$\delta L = \frac{F.L}{A.E} \quad [mm]$$

Keterangan :

- $\delta L$  = Perpanjangan dalam satuan ..... mm
- F = Gaya tarik dalam satuan ..... N ( Newthon)
- L = Panjang bahan dalam satuan..... mm
- A = Luas penampang dalam satuan .....  $mm^2$
- E = Modulus Elastisitas bahan .....  $N/mm^2$

## 2. Regangan

Regangan adalah perbandingan perpanjangan ( $\delta L$ ) dengan panjang semula (L). Regangan ini menunjukkan kekenyalan dari suatu bahan/material. Semakin besar angka regangannya, semakin kenyal logam/material tersebut. Jika batang tarik mempunyai panjang awal L mm dan setelah ditarik panjangnya menjadi  $L_1$  maka perpanjangannya adalah :

$\delta L = (L_1 - L)$  dan regangannya adalah :

$$\xi = \frac{\delta L}{L}$$

$$\xi = (L_1 - L)/L$$

Angka regangan biasanya mempunyai satuan % dan untuk menentukan regangan kita gunakan persamaan :

$$\xi = \{(L_1 - L)/L\} \times 100 \%$$

Keterangan :

- $\xi$  = Regangan dalam satuan ..... [%]
- L = Panjang awal ..... [mm]
- $L_1$  = Panjang setelah ditarik ..... [mm]

### 3. Kontraksi

Untuk menentukan kualitas material digunakan perhitungan kontraksi yaitu perbandingan antara pengurangan luas penampang dengan luas penampang semula. Nilai kontraksi ini sebagai nilai untuk menunjukkan kualitas material . Jika penampang batang uji semula mempunyai luas penampang  $A_0$  mm<sup>2</sup> dan setelah ditarik dan putus pada luas penampang  $A$  mm<sup>2</sup> . Untuk menghitung besarnya kontraksi dapat digunakan persamaan berikut :

$$\varphi = \frac{\Delta A}{A_0}$$

$$\varphi = (A_0 - A) / A$$

atau :

$$\varphi = \{(A_0 - A) / A\} \times 100 \%$$

Keterangan :

$A_0$  = Luas penampang semula dalam satuan .....[mm<sup>2</sup>]

$A$  = Luas penampang setelah pata ..... [mm<sup>2</sup>]

$\Delta A$  = Perbedaan luas penampang ..... [mm<sup>2</sup>]

$\varphi$  = Kontraksi ..... [%]

Jika batang uji terbuat dari bahan yang mempunyai penampang bulat , dengan diameter awal  $D_0$  dan setelah ditarik putus pada ukuran  $D$  maka besarnya kontraksi dapat di hitung dengan persamaan berikut:

$$\varphi = \{[(D_0+D)(D_0-D)/D_0^2] \times 100 \%$$

Keterangan :

○  $\varphi$  = Kontraksi dalam satuan ..... [%]

○  $D_0$  = Diameter awal ..... [mm]

○  $D$  = Diameter setelah ditarik ..... [mm]

Batang uji tarik mempunyai penampang bulat atau persegi empat. Ukuran batang uji tarik dikelompokkan menjadi:

- Batang uji panjang.
- Batang uji pendek.

a. Batang uji panjang

Batang uji panjang mempunyai perbandingan Ukuran antara panjang dengan diameternya adalah  $L/d = 10$

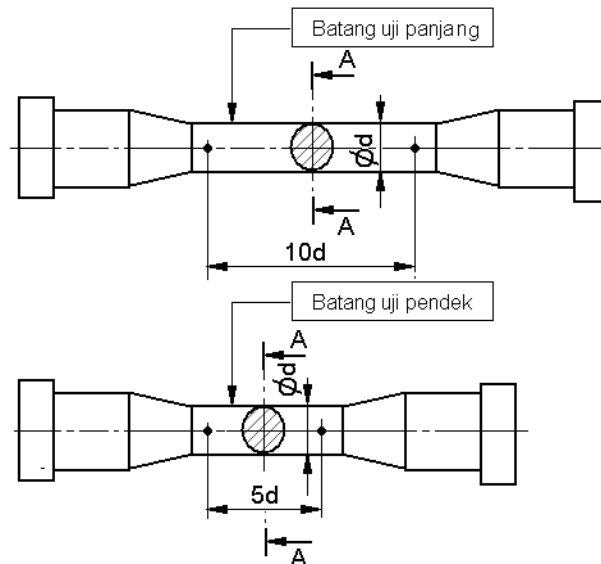
b. Batang uji pendek

Sedangkan untuk batang uji pendek perbandingan ukuran panjang dengan diameternya yaitu  $L/d = 5$ .

Contoh 7.4 :

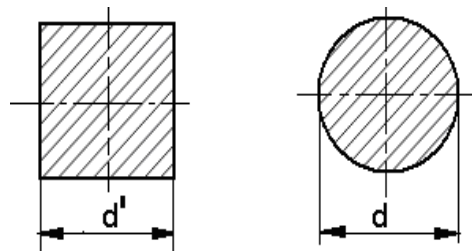
Jika diameter dari batang uji yang mempunyai ukuran diameter  $d = 20$  mm maka panjang dari batang uji tersebut adalah :

$L = 5.d = 5 \times 20 = 100$  mm , lihat gambar berikut.



Gambar 7.8 Ukuran batang uji tarik

Untuk batang uji tarik yang mempunyai bentuk segi empat perbandingan antara penampang dengan panjangnya adalah ;



Gambar 7.9 Penampang batang uji tarik

Luas penampang batang uji tarik yang berbentuk lingkaran  $A = \frac{\pi}{4} d^2$ , maka

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

Untuk batang uji tarik yang mempunyai penampang segi empat panjangnya adalah ;

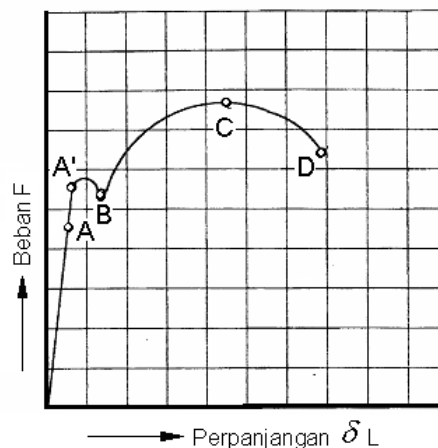
$$L = 10 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 11,3 \sqrt{A} \quad [\text{mm}] \quad \text{untuk batang uji panjang, dan}$$

$$L = 5 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 5,65 \sqrt{A} \quad [\text{mm}] \quad \text{untuk batang uji pendek}$$

Keterangan ;

- L = Panjang batang uji tarik dengan penampang segi empat ... [mm]
- A = Luas penampang batang ujitarik segi empat..... [mm<sup>2</sup>]

Data percobaan tarik yaitu berupa diagram hubungan antara gaya (F) dengan perpanjangan  $\delta L$  atau grafik F Vs  $\delta L$ , lihat grafik berikut :



Gambar 7.10 Grafik perpanjangan dan tegangan

Keterangan :

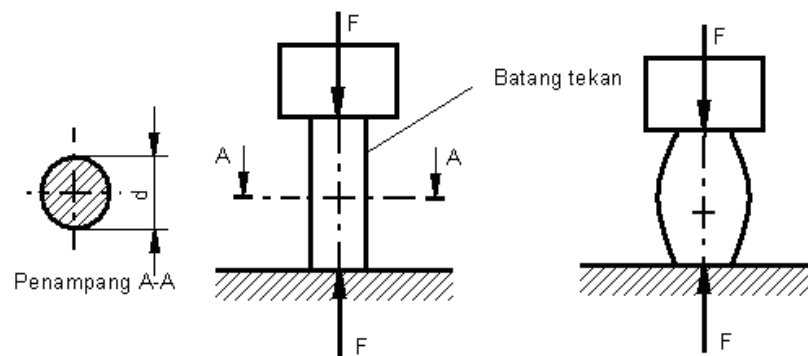
- A = batas tegangan proporsional, sampai batas tegangan proporsional ini berlakunya hukum Hooke.
- B = Batas plastis pada saat ukuran bahan tidak kembali keukuran semula.
- A' = Batas elastis yang belum memberikan regangan plastis.
- C = Tegangan tertinggi dari suatu bahan yang masih dapat ditahan.

- $D$  = Tegangan patah pada saat batang uji putus.
- Jika pada diagram tidak menunjukkan batas elastisnya , maka untuk menentukan batas regangannya dapat dilihat pada grafik berikut :

### c. Tegangan Tekan Dan Tegangan Tekuk

#### 1 . Tegangan tekan

Pada tegangan tarik, gaya bekerja dengan arah berlawanan dan mengarah keluar. Sebaliknya jika gaya yang bekerja pada satu garis gaya atau satu sumbu dengan arah yang berlawanan kedalam maka pada benda tersebut akan terjadi tegangan tekan . lihat gambar berikut .



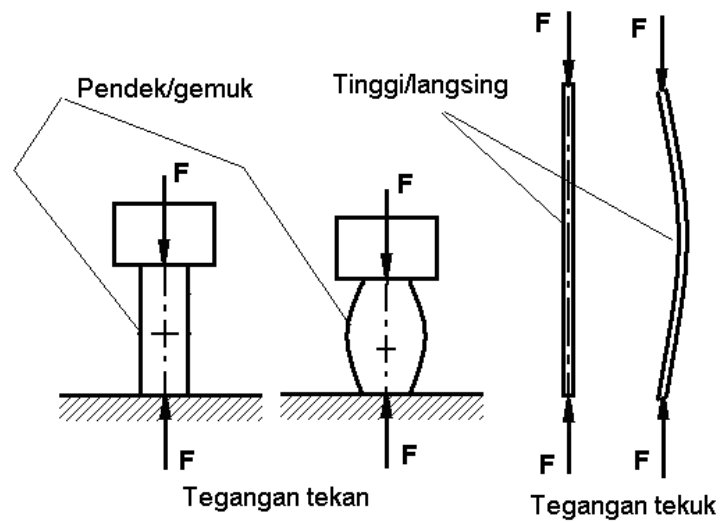
Gambar 7.11 Tegangan tekan

#### 2. Tegangan tekuk

##### a. Pengertian tekukan

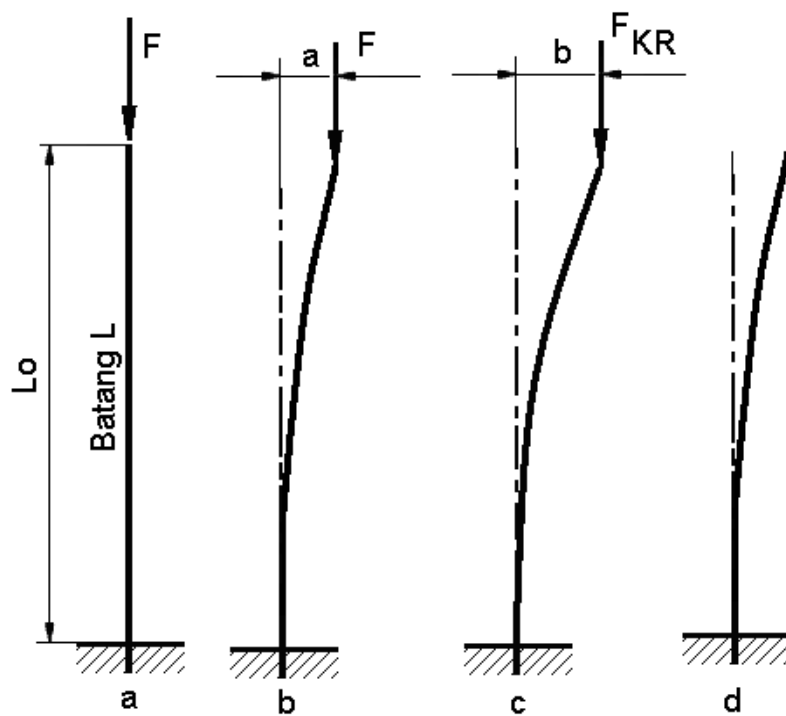
Tegangan tekuk sama halnya dengan tegangan tekan , yaitu benda yang mengalami gaya dengan arah berlawanan , perbedaan antara tegangan tekan dan tegangan tekuk yaitu pada bentuk bendanya , tegangan tekan terjadi pada benda benda dengan bentuk pendek / gemuk , jika ditekan akan mengembang di tengah , sedangkan tegangan tekuk terjadi pada benda benda dengan bentuk langsing , jika benda yang panjang atau langsing pada kedua ujungnya dibebani gaya sampai mencapai maka pada benda tersebut akan mengalami perubahan bentuk menjadi bengkok atau menekuk dan terjadi tegangan tekuk . Untuk membedakan terjadinya tegangan tekan dan tegangan tekuk dapat dijelaskan dengan gambar berikut .





Gambar 7.12 Tegangan tekan dan tekuk

Pada kasus tekukan terjadi perubahan perubahan bentuk sebagai berikut :  
Lihat gambar.



Gambar 7.13 Tegangan tekuk

Gaya  $F$  yang bekerja pada batang dengan arah gaya searah dengan sumbu batang  $L$ , Batang  $L$  tidak mengalami perubahan bentuk lihat gambar (a). Jika gaya  $F$  di atas diperbesar, batang  $L$  kembali mengalami perubahan bentuk dengan posisi  $F$  bergeser ke arah samping sejauh  $a$

[mm], tetapi jika beban  $F$  hilang maka bentuk batang  $L$  kembali ke posisi semula. Pada kasus pertama dan kedua batang  $L$  masih dalam keadaan stabil, lihat gambar (b).

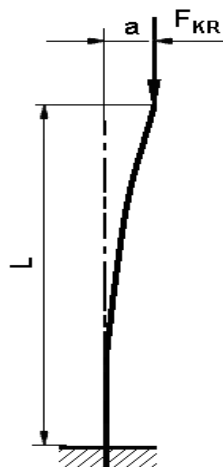
Jika gaya  $F$  di atas diperbesar lagi sampai mencapai harga tertentu yaitu  $F_{KR}$ , maka batang  $L$  mengalami perubahan bentuk dengan posisi  $F_{KR}$  bergeser ke arah samping, dan jika beban  $F_{KR}$  dihilangkan maka bentuk batang  $L$  tidak kembali ke posisi semula. Pada kasus ini batang  $L$  tidak stabil dan mengalami beban kritis. Ketidakstabilan batang tersebut disebut dengan tekukan (buckling) dan harga  $F_{KR}$  terendah disebut dengan beban kritis, lihat gambar c dan d.

### b. Macam macam tekukan

Batang batang yang mengalami tekukan dilihat dari tumpuannya terdiri atas:

- Salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya bebas.
  - Kedua ujungnya diengsel
  - Kedua ujungnya dijepit
  - Salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya engsel
- 1) Salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya bebas.

Jika ujung batang (bawah) dijepit dan ujung lainnya bebas, dan pada ujung sebelah atas di bebani gaya  $F_{KR}$ , seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 7.14 Batang dengan ujung dijepit

Maka besarnya beban kritis untuk kasus di atas adalah :

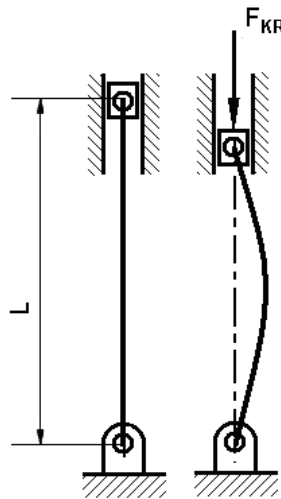
$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L^2} \dots\dots\dots [\text{N}]$$

Keterangan :

- $F_{KR}$  = Beban kritis dalam satuan [N]
- $E$  = Modulus elastisitas bahan [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]
- $L$  = Panjang batang dalam satuan [mm]

2) Kedua ujungnya di engsel

Jika batang  $L$  pada ujung bawah ditumpu dengan tumpuan engsel dan ujung bagian atas juga di engsel kemudian di bebani dengan gaya , seperti terlihat pada gambar berikut .



Gambar 7.15 Batang dengan kedua ujung di engsel

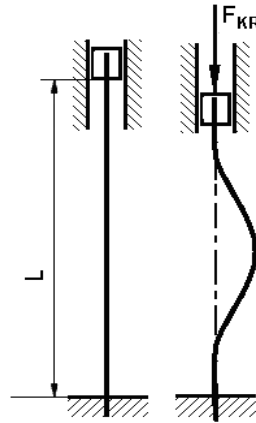
Maka besarnya beban kritis untuk kasus di atas adalah :

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \dots\dots\dots [\text{N}]$$

Keterangan :

- $F_{KR}$  = Beban kritis dalam satuan [N]
- $E$  = Modulus elastisitas bahan [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]
- $L$  = Panjang batang dalam satuan [mm]

3) Kedua ujungnya dijepit



Gambar 7.16 Batang dengan kedua ujung dijepit

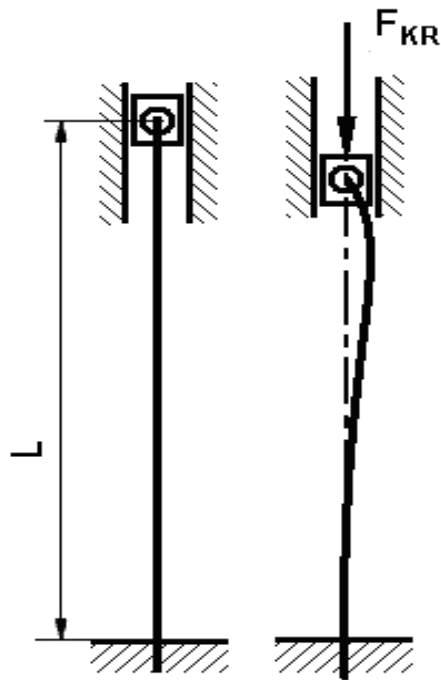
Jika batang L pada ujung bawah ditumpu dengan tumpuan cara dijepit dan ujung bagian atas juga dijepit kemudian salah satu ujungnya di bebani dengan gaya yang searah dengan sumbu batang, seperti terlihat pada gambar di atas. Maka besarnya beban kritis untuk kasus di atas adalah :

$$F_{KR} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \dots\dots\dots [\text{N}]$$

Keterangan :

- F<sub>KR</sub> = Beban kritis dalam satuan [N]
- E = Modulus elastisitas bahan [N/mm<sup>2</sup>]
- L = Panjang batang dalam satuan [mm]

4) Salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya engsel



Gambar 7.17 Batang dengan ujung di jepit dan di engsel

Jika batang L pada ujung bawah bawah ditumpu dengan cara dijepit dan ujung atas ditumpu dengan cara diengsel kemudian pada salah satu ujungnya di bebani dengan gaya yang searah sengan sumbu batang , seperti terlihat pada gambar di atas .

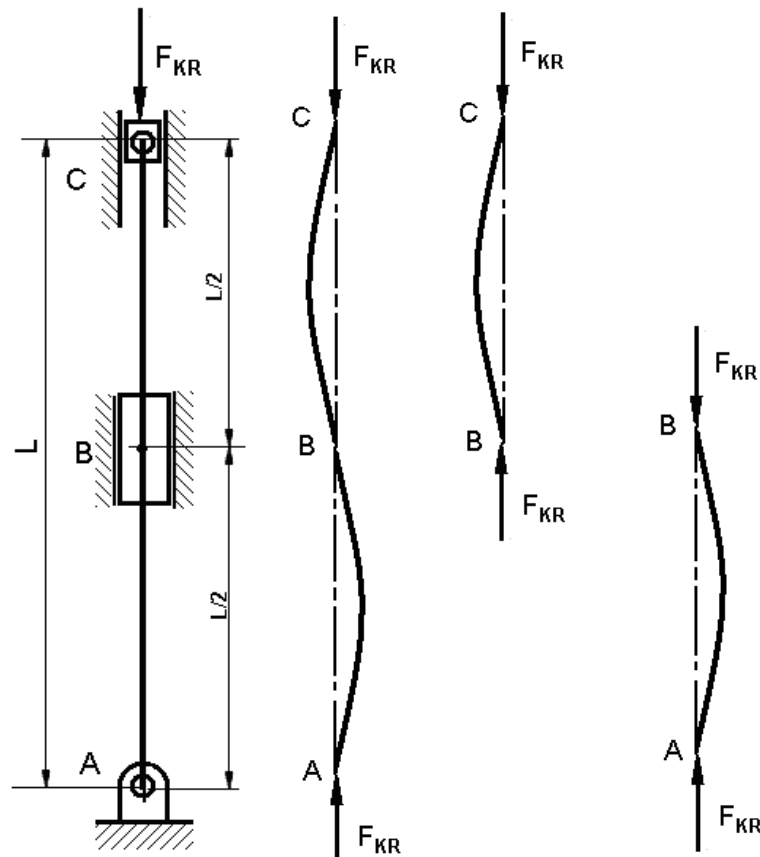
Maka besarnya beban kritis untuk kasus di atas adalah :

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(0,7 \cdot L)^2} \dots\dots\dots [N]$$

Keterangan :

- F<sub>KR</sub> = Beban kritis dalam satuan [N]
- E = Modulus elastisitas bahan [N/mm<sup>2</sup>]
- L = Panjang batang dalam satuan [mm]

Contoh 7.5:



Gambar 7.18 Batang yang mengalami tekukan

Untuk batang dengan kedua ujungnya di engsel dan pada bagian tengahnya terdapat peluncur seperti gambar di atas, kita anggap bahwa tekukan terjadi pada batang AB dan BC yaitu :

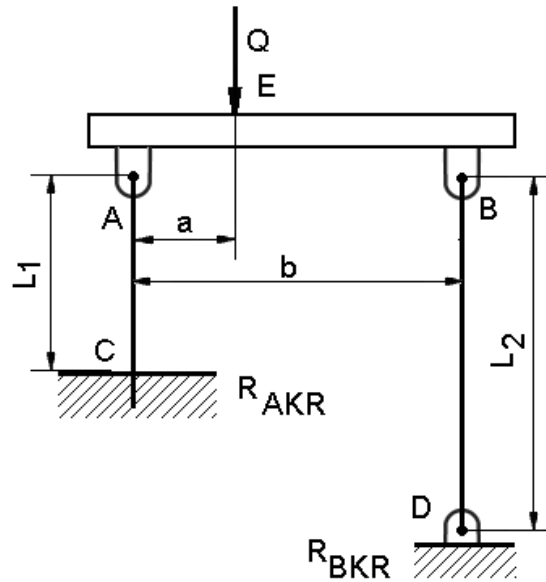
$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{\frac{L^2}{4}}$$

$$F_{KR} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \quad [\text{N}]$$

Contoh 7.6:

Batang A-B yang mempunyai panjang  $b$  [mm], ujung A ditumpu pada batang A-C yang panjangnya  $L_1$ , pada ujung bawah dijepit dan ujung atas tumpuan engsel, sedangkan pada ujung B ditumpu pada batang B-D dengan panjang  $L_2$ , pada ujung atas dengan tumpuan engsel dan tumpuan bawah juga

engsel. Pada titik E yang berjarak A-E = a [mm] dari titik A dibebani dengan gaya Q [N] . Lihat gambar !  
 Hitunglah gaya reaksi yang bekerja pada batang A-C dan B-D  
 Tentukan besarnya beban maksimum ( Q max)



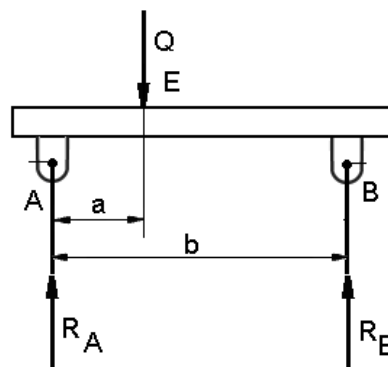
Gambar 7.19 Batang dengan pembebanan

Jawaban

Menentukan  $R_A$  dan  $R_B$  .

Jika dalam keadaan seimbang maka

Jumlah momen di titik B = 0 ( $\sum M_B=0$ )



Gambar 7.20 Uraian gaya pada batang

$$R_A \cdot b - Q(b-a) = 0$$

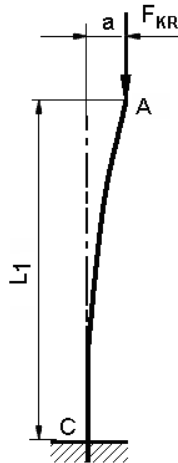
$$R_A = \frac{Q(b-a)}{b}$$

Jumlah momen di titik A = 0 ( $\Sigma M_A=0$ )

$$Q \cdot a - R_B \cdot b = 0$$

$$R_B = \frac{Q \cdot a}{b}$$

Batang A-C akan mengalami tekukan seperti halnya batang dengan ujung bawah di jepit dan ujung atas bebas, dengan demikian berlaku persamaan :



Gambar 7.21 Tekukan pada batang AC

$$R_A = F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L_1^2} \dots\dots\dots [N]$$

Dengan memasukkan  $R_a = \frac{Q(b-a)}{b}$

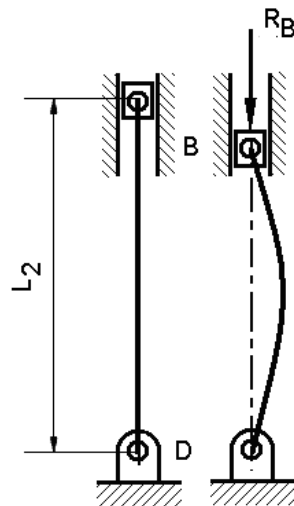
$$\frac{Q(b-a)}{b} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L_1^2} \text{ maka besarnya } Q_{\max} .$$

Menjadi :

$$Q_{\max} = \frac{b}{(b-a)} \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L_1^2}$$

Sedangkan untuk batang B-D kita anggap bahwa kedua ujungnya di engsel seperti gambar berikut





Gambar 7.22 Tekukan pada batang BD

Dengan demikian berlaku persamaan :

Maka besarnya beban kritis untuk kasus di atas adalah :

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \quad \text{dengan memasukkan } R_B = \frac{Q \cdot a}{b}$$

$$\frac{Q \cdot a}{b} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

$$Q_{\max} = \frac{b}{a} \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Dari  $Q_{\max}$  yang dihitung berdasarkan batang sebelah kiri dan kanan , maka yang diambil adalah  $Q_{\max}$  terendah

Contoh 7.7:

Dari konstruksi di atas di ketahui :

- Modulus elastisitas bahan  $E = 21 \cdot 10^5$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Kedua batang mempunyai penampang bulat dengan diameter 2 cm .
- Panjang  $L_1 = 75$  cm
- Panjang  $L_2 = 100$  cm
- Jarak  $a = 10$  cm
- Jarak  $b = 30$  cm

Hitung :

- Momen inersia  $I$

- o Pada Beban berapa batang mulai kritis.

Jawaban :

Momen inersia untuk penampang pejal:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 2^4}{64} = \frac{\pi}{4} \text{ [cm}^4\text{]}$$

Beban maksimum

Menurut persamaan:

$$Q_{\max} = \frac{b}{(b-a)} \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L_1^2}$$

$$Q_{\max} = \frac{30}{(30-10)} \times \frac{\pi^2 \times 21 \cdot 10^5 \times \frac{\pi}{4}}{4 \times 75^2} = 1084 \text{ kg}$$

sedangkan pada batang B-D

$$Q_{\max} = \frac{b}{a} \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_2^2}$$

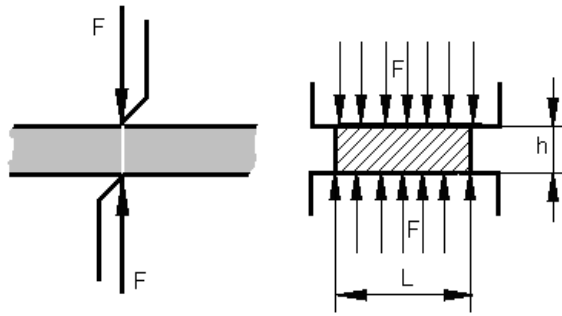
$$Q_{\max} = \frac{30}{10} \frac{\pi^2 \cdot 21 \times 10^5 \times \frac{\pi}{4}}{100^2} = 4885 \text{ kg}$$

Pada beban

$Q_{\max} = 1084 \text{ kg}$  batang sudah tidak aman (mulai kritis)

#### d. Tegangan Geser

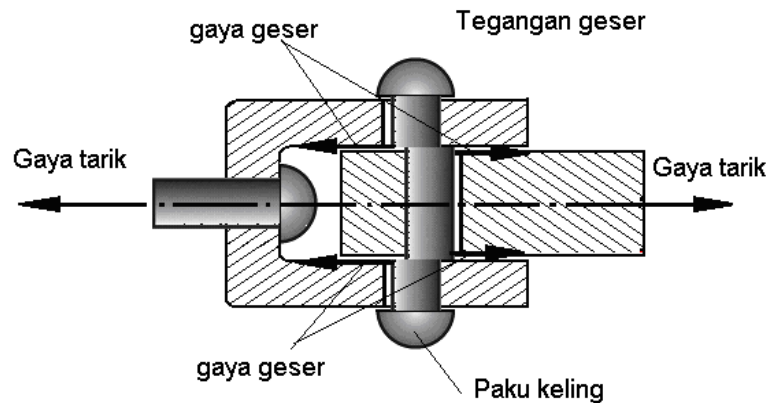
Dua buah gaya yang berlawanan bekerja pada suatu benda dengan posisi memotong seperti gunting, maka pada benda tersebut akan terjadi tegangan geser, lihat gambar berikut :



Gambar 7.23 Tegangan geser pada benda

Contoh 7.8:

Terjadinya tegangan geser misalnya pada saat menggantung pelat , mengepons atau melubangi dengan pons dan tegangan geser pada sambungan paku keling .



Gambar 7.24 Tegangan geser pada paku keling

Menghitung tegangan geser

Tegangan geser dapat dihitung dengan persamaan :

$$\tau_g = \frac{F}{A} \text{ dalam satuan [N/mm}^2 \text{]}$$

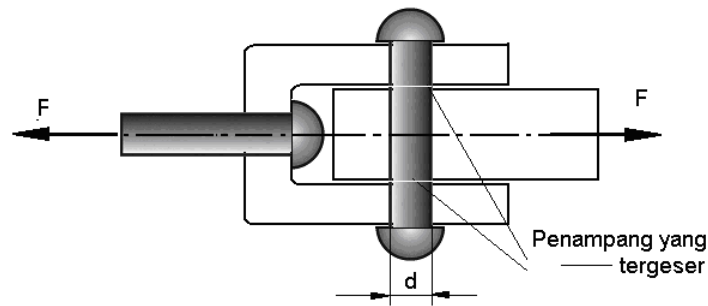
Keterangan :

$\tau_g$  = Tegangan geser dalam satuan [N/mm<sup>2</sup>]

A = Luas penampang dalam satuan [mm<sup>2</sup>]

F = Gaya geser dalam satuan [ N ]

Contoh 7.9:



Gambar 7.25 Sambungan keling

Suatu konstruksi sambungan keling seperti terlihat pada gambar di atas , diketahui :

Diameter paku keling  $d = 20$  [mm]

Gaya  $F = 4000$  N

Hitung tegangan geser yang terjadi pada paku keling 1.

Jawaban :

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

Luas paku keling yang tergeser adalah

$$A = 2 \times \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A = 2 \times 0,785 \times 20^2 .$$

$$A = 628 \text{ [mm}^2 \text{ ]}$$

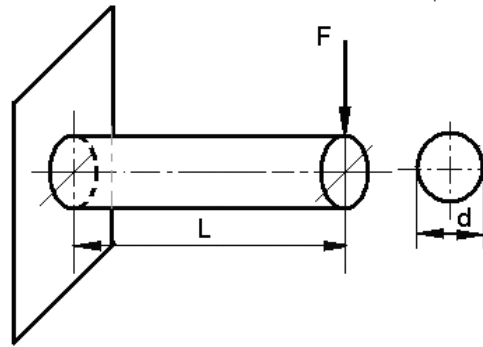
jadi :

$$\tau_g = \frac{4000}{628} = 6,4 \text{ [N/mm}^2 \text{ ]}$$

## e. Momen Lengkung Dan Tegangan Lengkung

### 1. Momen lengkung

Jika pada suatu batang yang mempunyai panjang  $L$  [mm], pada salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya dibebani dengan gaya  $F$  [N], maka pada batang tersebut akan mengalami momen lengkung.



Gambar 7.26 Momen lengkung

Menghitung momen lengkung

Momen lengkung dihitung dengan persamaan :

$$M_l = F \times L \quad [\text{Nmm}]$$

Besarnya momen lengkung sebanding dengan tegangan lengkung  $\sigma_l$  dan momen tahanannya yaitu :

$$M_l = \sigma_l \cdot W_l$$

## 2. Tegangan lengkung

Dari persamaan  $M_l = \sigma_l \cdot W_l$  . besarnya tegangan lengkung dapat diturunkan yaitu :

$$\sigma_l = \frac{M_l}{W_l}$$

Keterangan :

$M_l$  = Momen lengkung dalam satuan [Nm]

$\sigma_l$  = Tegangan lengkung dalam satuan [N/mm<sup>2</sup>]

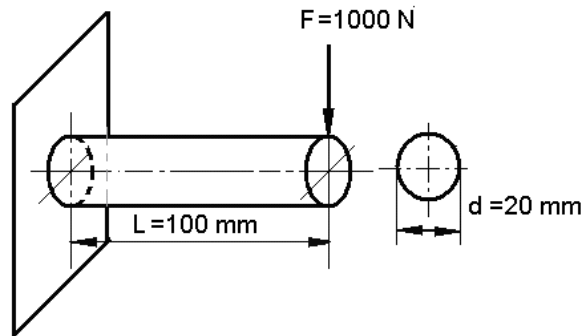
$W_l$  = Momen tahanan lengkung dalam satuan [mm<sup>3</sup>]

Untuk penampang bulat dan pejal besarnya momen tahanan lengkung adalah:

$$W_l = 0,1 d^3$$

Contoh 7.10:

Suatu poros dengan panjang  $L=100$  mm pada ujung sebelah kiri dilas dan ujung lainnya dibebani dengan gaya  $F= 1000$  N , hitunglah tegangan lengkung pada poros tersebut jika diameter poros adalah  $d = 20$  mm . lihat gambar berikut !



Gambar 7.27 Pembebanan lengkung pada poros

Penyelesaian :

Diketahui pembebanan lengkung

- o Gaya lengkung  $F = 1000$  N
- o Panjang batang / poros  $L = 100$  mm
- o Diameter batang  $d = 20$  mm

Ditanyakan : tegangan lengkung yang terjadi .

Jawaban :

Dari persamaan

$$M_l = \sigma_l \cdot W_l .$$

maka :

$$\sigma_l = \frac{M_l}{W_l}$$

$$M_l = F \times L = 1000 \times 100 = 100.000 \text{ [Nm]}$$

$$W_l = 0,1 d^3 = 0,1 \times 20^3 = 800 \text{ [mm}^3\text{]}$$

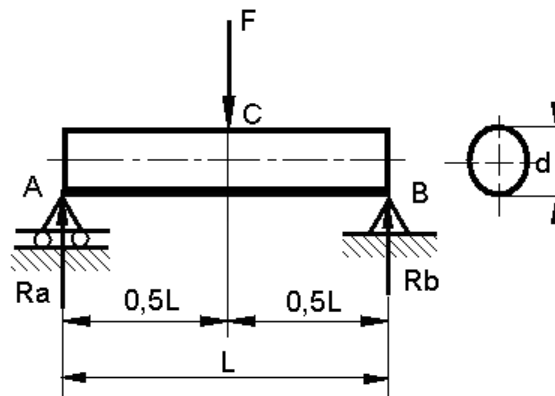
dan

$$\sigma_l = \frac{100.000}{800} = 125 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

### 3. Pengujian lengkung

Pengujian terhadap lengkungan atau bengkokan dimaksudkan untuk mengetahui keuletan logam terhadap kekuatan bengkok, apakah logam tersebut tahan terhadap bengkokan atau terjadi keretakan jika mendapat gaya bengkok. Untuk mengetahui kekuatan terhadap bengkok tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan mesin uji.

Untuk mengetahui sifat sifat mekanis logam terhadap lengkungan maka sampel diambil dan dibuat batang uji yang mempunyai panjang  $L$  [mm], diameter  $d$  mm. Batang uji tersebut ditempatkan diantara dua roll kemudian ditekan dengan beban lengkung sebesar  $F$  [N] yang berada ditengah tengah batang uji. Maka pada batang uji tersebut akan terjadi momen lengkung yang besarnya :



Gambar 7.28 Beban lengkung

$$M_L = R_A \cdot 0,5 \cdot L$$

$$M_L = 0,25 \cdot F \cdot L \quad \dots \dots \dots \quad [\text{Nmm}]$$

Dan :

$$M_L = \sigma_L \cdot W_L$$

$$M_L = \sigma_L \cdot \frac{\pi}{32} d^3 \quad \dots \dots \dots \quad [\text{Nmm}]$$

Dari persamaan di atas didapat :

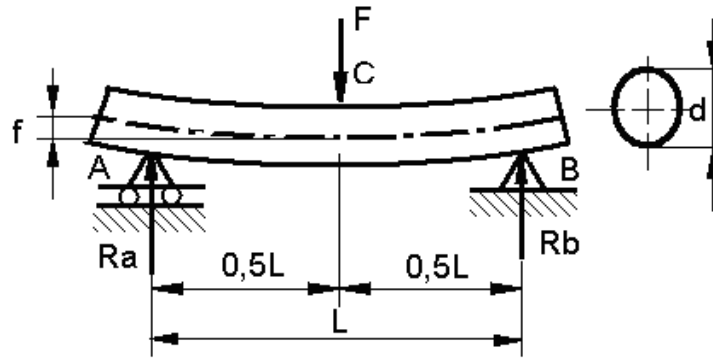
$$\sigma_L = \frac{8 \cdot F \cdot L}{\pi \cdot d^3} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Keterangan :

- $\sigma_L$  = Tegangan lengkung dalam satuan .....  $\text{N/mm}^2$
- $F$  = Gaya lengkung ..... N

- L = Panjang bahan uji ..... mm
- d = Diameter batang uji ..... mm

Modulus Elastisitas:



Gambar 7.29 Defleksi

Batang uji yang mempunyai panjang L mendapatkan gaya F akan melengkung dengan defleksi f (mm) . Dan besarnya f ini adalah :

$$f = \frac{F.L^3}{48.E.I} \quad \text{..... [mm]}$$

Dari persamaan di atas kita dapat menghitung besarnya modulus elastisitas dari bahan las yaitu :

$$E = \frac{F.L^3}{48.I.f} \quad \text{[N/mm}^2\text{]}$$

Dan momen inersia  $I = \frac{\pi}{64}d^4$

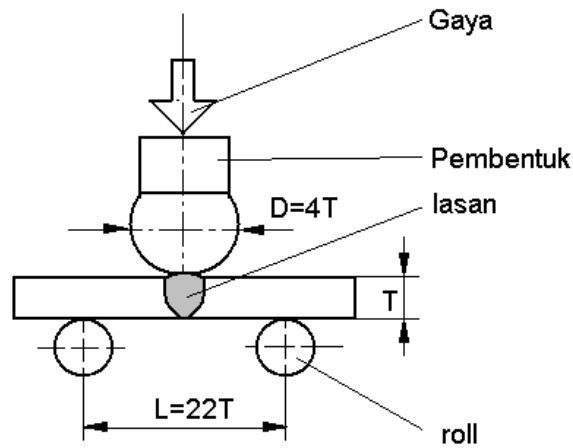
Keterangan :

- F = Gaya lengkung dalam satuan ..... [N]
- f= Defleksi dalam satuan..... [mm]
- L = Panjang atau jarak tumpuan ..... [mm]
- I = momen inersia ..... [mm<sup>4</sup>]
- E = Modulus elastisitas bahan dalam satuan ..... [N/mm<sup>2</sup>]
- d = diameter batang uji ..... [mm]

Ukuran batang uji

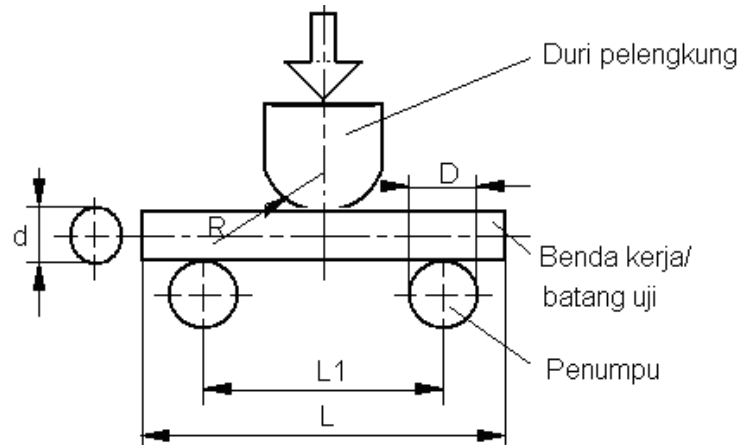
Untuk batang uji yang berbentuk pelat , perbandingan ukuran pembentuk dengan batang uji dapat dilihat pada gambar berikut .





Gambar 7.30 Pengujian lengkung

Sedangkan untuk batang uji yang mempunyai bentuk bulat pejal perbandingan ukurannya dapat dilihat pada gambar dan table berikut .



Gambar 7.31 Uji lengkung silindris

Tabel 7.1 Ukuran Batang Uji Dan Duri Pelengkung

Diameter (d) mm	Panjang batang (L) mm	Diameter penumpu (D) mm	Jari jari duri pelengkung (R) mm	Jarak antara tumpuan (L1) mm
10	220	20-30	10-15	200
13	330	20-30	10-15	260
20	450	50-60	25-30	400
30	650	50-60	25-30	600
45	1000	50-60	25-30	900

Jika pengujian lasan terhadap lengkungan sampai pada kriteria baik dan buruk maka pengujian lengkungnya dapat dilakukan sebagai berikut :  
 Ambil sample dan letakan diatas roll dengan ukuran :  $L = D + 3.a$   
 Gunakan duri penekan yang sesuai dengan bahan las , lihat tabel berikut :

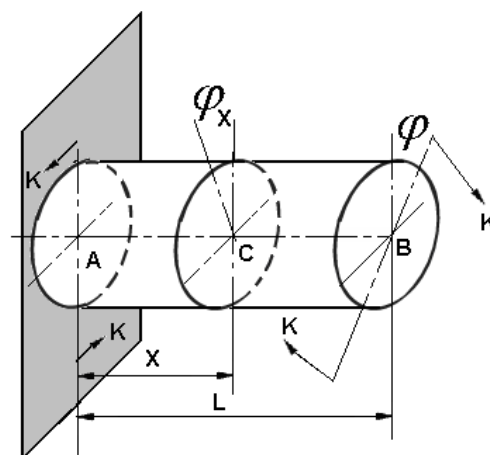
Tabel 7.2 Perbandingan duri penekan dengan tebal lasan

Bahan las	Perbandingan D/a
ST 34	0,5
ST 42	1
ST 50	1,5
ST 60	2
ST 70	3

f. **Sifat Sifat Mekanis Terhadap Kekuatan Puntir**

Untuk mengetahui sifat sifat mekanis logam terhadap puntiran, maka logam tersebut harus diuji terhadap puntiran (dengan mesin uji puntir).

Pada pengujian puntir batang dijepit pada kedua ujungnya , yaitu : Ujung satu dijepit dengan penjepit A , dan ujung lainnya dii jepit pada ujung B. Dengan beban puntir yang berasal dari kopel atau momen puntir . Pada ujung A akan timbul momen reaksi yang besarnya sama dengan dengan momen yang diberikan pada ujung B hanya arahnya berlawanan . Kerena ujung A merupakan ujung tetap , sedangkan ujung B merupakan ujung bebas , maka batang akan terpuntir di daerah B adalah  $\varphi$  dan ujung A  $\varphi = 0$  , lihat gambar berikut



Gambar 7.32 Batang dengan uji puntir

## 1. Sudut puntir

Jika kita memasang jarum pengukur sudut pada daerah C maka jarum pengukur akan menunjukkan pada x., Besarnya sudut  $\varphi_x$  ini sebanding dengan jarak x dan mempunyai perbandingan

$$\frac{\varphi_x}{\varphi} = \frac{x}{L}$$

Jika kita mengukur di ujung B maka  $x = L$  dan  $\varphi_x = \varphi$

Besarnya sudut puntir dapat kita hitung berdasarkan persamaan (1) di atas yaitu:

$$\varphi = \frac{\varphi_x \cdot L}{x} \quad [\text{radial}]$$

Pada percobaan puntir besarnya sudut puntir adalah :

- Sudut puntir  $\varphi$  sebanding dengan momen puntirnya ( $M_p$ )
- Sudut puntir  $\varphi$  sebanding dengan panjang bahan ( $L$ )
- Sudut puntir  $\varphi$  berbanding terbalik dengan momen inersia polar ( $I_p$ )
- Sudut puntir  $\varphi$  berbanding terbalik dengan modulus gelincir ( $G$ )

Atau dapat ditulis dengan persamaan berikut :

$$\varphi = \frac{M_p \cdot L}{I_p \cdot G} \quad [\text{radial}]$$

Keterangan

$\varphi$  = sudut puntir dalam satuan [radial]

$$1 \text{ radial} = \frac{180}{\pi} = 57,295780 = 57^\circ 17' 45''$$

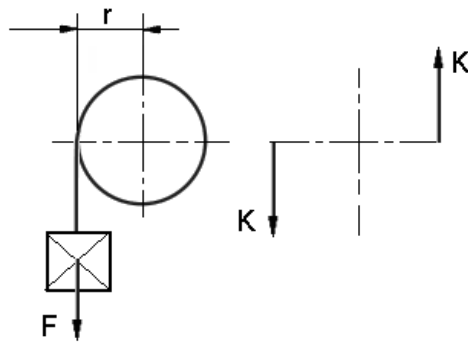
$$\text{atau } 1^\circ = \frac{\pi}{180} = 0,01745 \text{ [radial]}$$

$M_p$  = Momen puntir dalam satuan Nmm

## 2. Momen puntir

Momen puntir sebagai fungsi dari gaya dan jarak tertentu, Jika pada percobaan puntir , momen puntir berasal dari beban yang dipasang pada pully , lihat gambar (a) Maka momen puntirnya di hitung dengan persamaan:

$$M_p = F.R \dots\dots [Nmm]$$



Gambar 7.33 Momen puntir dan kopel

Jika percobaan puntir dengan momen puntir berasal dari kopel seperti terlihat pada gambar (b) maka momen puntirnya dihitung dengan persamaan:

$$M_p = 2.K.R \dots [Nmm]$$

Keterangan :

L = Panjang batang uji , diukur dari ujung penjepit tetap sampai keujung penjepit bebas ddalam satuan mm

G= Modulus gelincir dalam satuan N/mm<sup>2</sup>

I<sub>p</sub> = Momen inersia polar dalam satuan mm<sup>4</sup>

Untuk bahan uji yang mempunyai bentuk penampang bulat pejal besarnya momen inersia polar dapat di hitung dengan persamaan :

$$I_p = \frac{\pi}{32} d^4$$

## 3. Tegangan puntir

Nilai tegangan puntir yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan :

$$\tau_p = \frac{Mp}{Wp} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$Wp$  = Momen tahanan puntir dalam satuan  $[\text{mm}^3]$

Untuk penampang bulat pejal besarnya momen tahanan puntir adalah :

$$Wp = \frac{Ip}{\frac{1}{2}d} = \frac{\frac{\pi}{32}d^4}{\frac{1}{2}d} = \frac{\pi}{32}d^3$$

Jika dibulatkan :

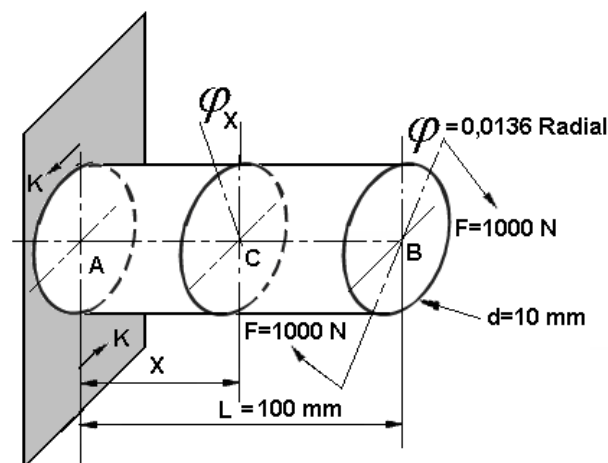
$$Wp = 0,2 \cdot d^3$$

Contoh 7.11:

Dari data percobaan puntir diketahui :

- Panjang batang uji  $L = 100 \text{ mm}$
- Jarak dari tumpuan ke bidang ukur  $x = 50 \text{ mm}$
- Sudut  $\varphi_x = 0,00068 \text{ radial}$
- Sudut  $\varphi = 0,0136 \text{ radial}$
- Gaya puntir  $F = 1000 \text{ N}$
- Diameter batang uji  $d = 10 \text{ mm}$

(lihat gambar)



Gambar 7.34 Batang dengan beban puntir

Hitunglah

- a. Momen puntirnya
- b. Momen inersia polar
- c. Momen tahanan puntir
- d. Tegangan puntir
- e. Modulus gelincir

Penyelesaian:

- a. Momen puntirnya

$$\begin{aligned}M_p &= 2.F.r \\ &= 2 \times 100 \times 5 = 10.000 \text{ Nmm} .\end{aligned}$$

- b. Momen inersia polar

$$\begin{aligned}I_p &= \frac{\pi}{32} d^4 \\ I_p &= \frac{3,14}{32} 10^4 = 981 \text{ mm}^4 .\end{aligned}$$

- c. Momen tahanan puntir

$$\begin{aligned}W_p &= \frac{\pi}{16} d^3 \\ W_p &= \frac{3,14}{16} 10^3 = 96 \text{ mm}^3 .\end{aligned}$$

- d. Tegangan puntir

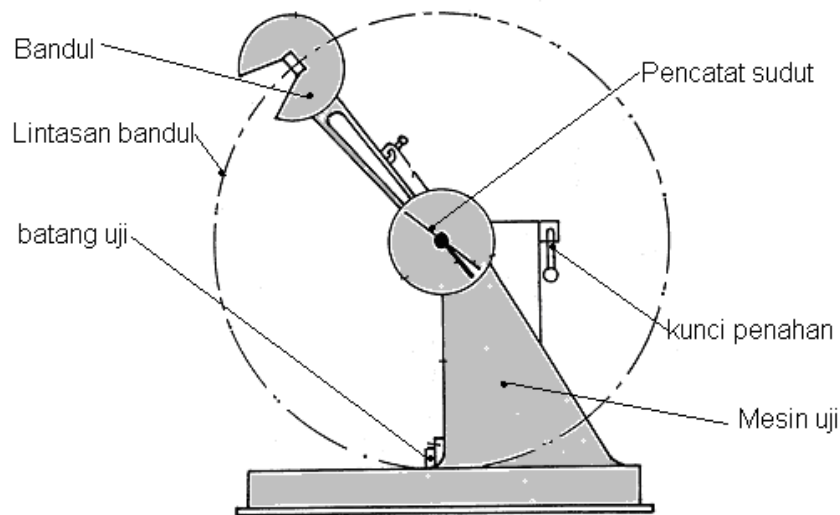
$$\tau_p = \frac{M_p}{W_p} = \frac{10.000}{96} = 104 \text{ N/mm}^2 .$$

- e. Modulud gelincir (G)

$$\begin{aligned}G &= \frac{M_p \cdot L}{\phi \cdot I_p} \\ G &= \frac{10000 \times 100}{0,0136 \times 981} = 74953,5 \text{ N/mm}^2 .\end{aligned}$$

### g. Pukul Takik

Tujuan dari pengujian pukul takik yaitu untuk mengetahui ketahanan bahan las pada patah getas, untuk mengetahui ketahanan energi yang diserap oleh bahan las dan nilai impactnya. Pengujian pukul takik dilaksanakan pada mesin Charpy lihat gambar berikut :



Gambar 7.35 Mesin uji pukul takik

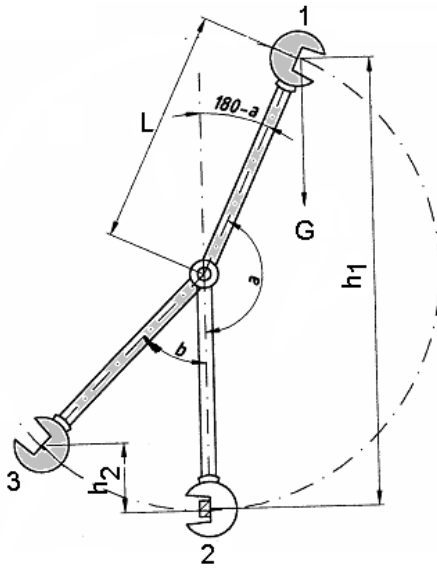
Yang perlu diperhatikan pada saat melakukan pengujian pukul takik yaitu:

- Masa dari bandul ( $G$ )
- Sudut awal pengangkatan bandul ( $a$ )
- Sudut akhir bandul

Lihat gambar gambar berikut :

Keterangan gambar :

1. Bandul pada saat posisi awal pengangkatan dengan sudut ( $a$ ).
2. Bandul saat memukul batang uji.
3. Bandul pada posisi akhir yang mempunyai sudut ( $b$ )



Gambar 7.36 Pengujain takik metode charpy

Tinggi bandul awal :

Jika titik berat bandul dan titik pusat ayunan mempunyai jarak  $L$  [mm] dan diputar dengan sudut  $[a]$ , lihat gambar diatas , maka tinggi bandul awal adalah  $h_1$ , atau dapat dihitung dengan persamaan :

$$h_1 = L + L \cos (180-a)$$

Nilai  $\cos (180-a) = (-\cos a)$ , maka

$$h_1 = L - L (-\cos a)$$

$$h_1 = L - L \cos a$$

$$h_1 = L(1-\cos a) \dots\dots\dots [ m ]$$

Keterangan :

- $h_1$  = Tinggi bandul awal dalam satuan ..... [m]
- $L$  = Panjang lengan ..... [m]
- $a$  = sudut awal bandul ..... [°]
- Energi awal ( $E_1$ ) ..... [Nm]

Bandul yang mempunyai masa  $G$  kg dilepas dari ketinggian  $h_1$  mempunyai energi awal sebesar:

$$E_1 = G.g.h_1 \quad [Nm]$$



Keterangan :

- $E_1$  = Energi awal dalam satuan ..... [Nm]
- $G$  = Massa bandul dalam satuan ..... [ kg]
- $G$  = Gravitasi dalam satuan ..... [m/det2]
- $h_1$  = Tinggi awal bandul ..... [m]
- $h_2$  = Tinggi akhir bandul

Setelah bandul memukul batang uji dan batang uji patah, maka bandul melintasi batang uji mengayun dengan ketinggian  $h_2$  dan mempunyai sudut (b) lihat gambar di atas.  $h_2$  dihitung dengan persamaan :

$$h_2 = L - L \cos b$$

$$h_2 = L(1 - \cos b) \quad [m]$$

Energi akhir ( $E_2$ )

Energi akhir dari bandul adalah :

$$E_2 = G \cdot g \cdot h_2 \quad [Nm]$$

Keterangan :

- $h_2$  = Tinggi bandul akhir ..... [m]
- $g$  = Gravitasi ..... [m/det2]
- $G$  = Massa dari bandul ..... [kg].
- $E_2$  = Energi akhir bandul ..... [ Nm]
- $b$  = Sudut akhir bandul ..... [o]
- $L$  = Panjang lengan bandul ..... [ m].

Energi yang diserap

Energi yang diserap oleh batang uji takik pada mesin uji takik (charpy) adalah:

$$E = E_1 - E_2 \quad [Nm]$$

Keterangan :

- $E$  = Energi yang diserap oleh bahan/material ..... [Nm]
- $E_1$  = Energi awal ..... [Nm]
- $E_2$  = Energi akhir ..... [Nm].

### Nilai Impact

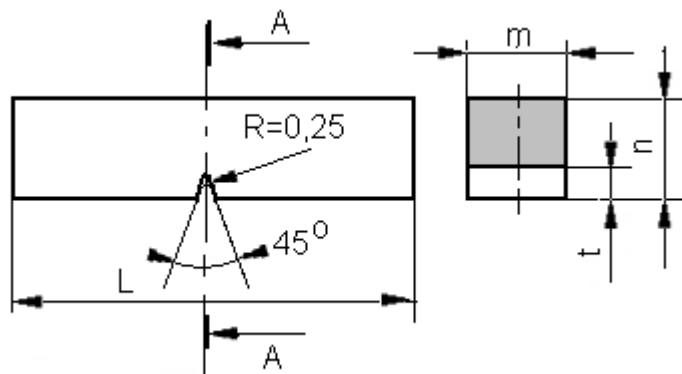
Nilai Impact Charpy (NIC) yaitu energi yang diserap tiap satuan luas penampang dibawah takikan atau dapat di tulis :

$$NIC = E / A \quad [Nm/mm^2]$$

Keterangan :

- E = Energi yang diserap ..... [Nm]
- A = Luas penampang dibawah takikan ..... [mm<sup>2</sup>]
- NIC = Nilai impact Charpy ..... Nm/mm<sup>2</sup>
- Luas penampang (A)

Luas penampang di bawah takikan atau luas penampang yang patah, lihat gambar berikut



Gambar 7.37 Batang uji takik

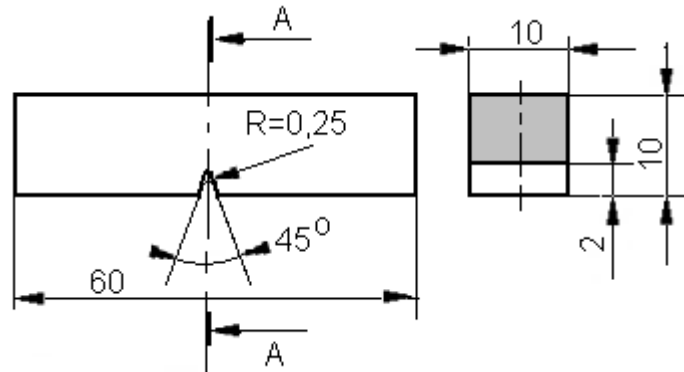
$$A = m.(n-t)$$

Keterannan :

- A = Luas penampang dibawah takikan ..... [ mm<sup>2</sup>]
- m = Ukuran lebar batang uji ..... [ mm]
- n = Ukuran tinggi batang uji ..... [ mm]
- L = Panjang batang uji ..... [ mm]
- t = Tinggi atau dalamnya takikan ..... [ mm]

Contoh 7.12:

Batang uji mempunyai ukuran seperti pada gambar berikut :



Gambar 7.38 Ukuran batang uji takik

Diketahui :

- o sudut awal  $a = 140^\circ$ .
- o sudut akhir  $b = 60^\circ$
- o Panjang lengan  $L = 0,75$  m
- o Massa bandul 26 kg.
- o Gravitasi  $g = 9,81$  m/det<sup>2</sup>
- o  $m=n= 10$  [mm]
- o  $t= 2$  [mm]

Hitunglah :

- o Tinggi bandul awal ( $h_1$ )
- o Tinggi bandul akhir ( $h_2$ )
- o Energi awal ( $E_1$ )
- o Energi akhir ( $E_2$ )
- o Energi yang diserap oleh batang uji ( $E$ )
- o Luas penampang dibawah takikan ( $A$ )
- o Nilai impact Charpy (NIC)

Jawaban:

- o Tinggi bandul awal ( $h_1$ )  
$$h_1 = L(1 - \cos a)$$
$$= 0,75(1 - \cos 140)$$
$$= 0,75\{1 - (-0,7660)\}$$

$$= 0,75 \cdot (1 + 0,7660)$$

$$h_1 = 1,3245 \text{ m}$$

- Tinggi bandul akhir ( $h_2$ )

$$h_2 = l(1 - \cos 60^\circ)$$

$$= 0,75 \cdot (1 - 0,5)$$

$$= 0,375 \text{ m}$$

- Energi awal ( $E_1$ )

$$E_1 = G \cdot g \cdot h_1$$

$$= 26 \times 9,81 \times 1,3245 = 337,83 \text{ [Nm]}$$

- Energi akhir ( $E_2$ )

$$E_2 = G \cdot g \cdot h_2$$

$$= 26 \times 9,81 \times 0,375 = 95,65 \text{ [Nm]}$$

- Energi yang diserap oleh batanga uji ( $E$ )

$$E = E_1 - E_2 = 337,83 - 95,65 = 242,18 \text{ [Nm]}$$

- Luas penampang dibawah takikan ( $A$ )

$$A = m(n-t)$$

$$= 10(10-2) = 80 \text{ mm}^2$$

- Nilai impact Charpy (NIC)

$$\text{NIC} = E/A$$

$$= 242,18/80$$

$$= 3,027 \text{ [Nm/mm}^2\text{]}$$

#### h. Sifat Sifat Logam Terhadap Kekerasan Brinell

Untuk menentukan kekerasan dari suatu permukaan logam perlu diperiksa dengan cara diuji pada mesin uji brinell menghitung kekerasan suatu logam dengan mesin uji Brinell, sample diambil dengan ketebalan 1 s/d 6 mm kemudian ditekan oleh gaya  $F$  tertentu melalui bola baja yang berukuran antara 2,5 s/d 10 mm. Bekas tapak tekannya menunjukkan kekerasan kekerasan dari logam tersebut. Semakin dalam tapak tekan semakin lunak

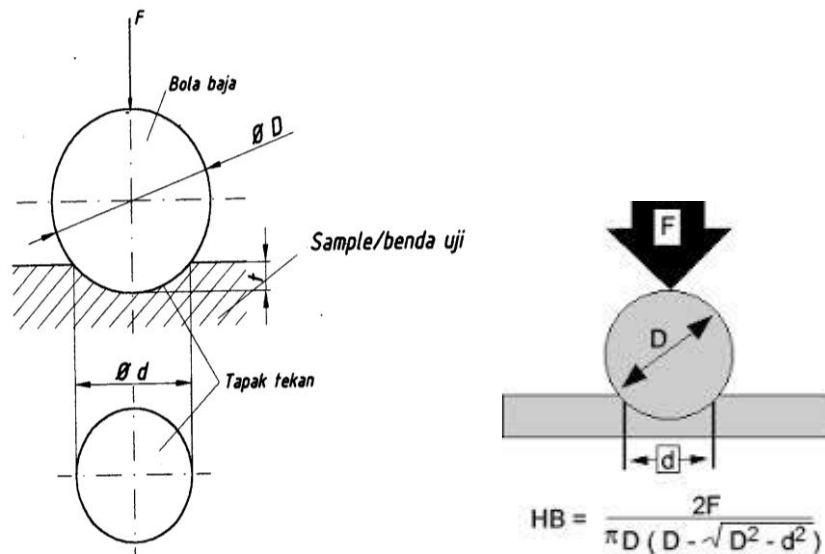
logam tersebut, sebaliknya semakin dangkal bekas tapak tekan semakin keras logam yang diuji tersebut.

Mesin uji brinell dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 7.39 Mesin uji kekerasan Brinell

Hasil uji pada mesin uji brinell dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 7.40 Bekas penekanan bola baja uji Brinell

Kekerasan Brinell dihitung dengan persamaan berikut yaitu :

$$H_B = F/A$$

Keterangan :

- F = Gaya tekan ..... [kgf]
- A = Luas tapak tekan dalam satuan ... [mm<sup>2</sup>]
- H<sub>B</sub> = Harga kekerasan Brinell
- Luas tapak tekan

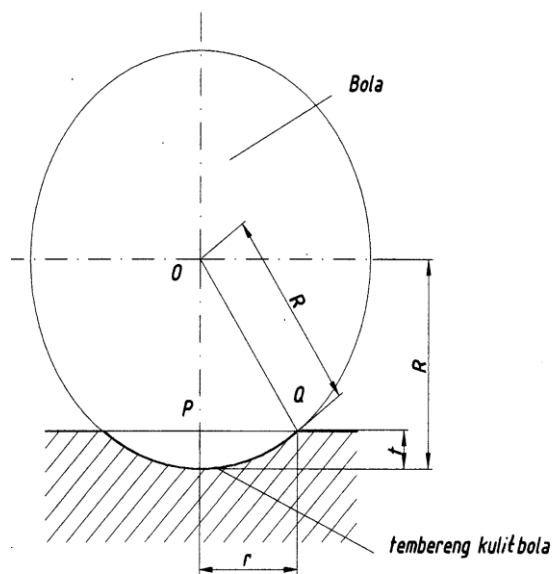
Luas tapak tekan berupa tembereng kulit bola , menurut rumus geometri, luas tembereng kulit bola dihitung dengan persamaan :

$$A = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot t$$

Keterangan :

- R = Jari jari bola
- t = Dalamnya tembereng kulit bola.
- A = Luas tembereng kulit bola

Lihat gambar : Pada segi tiga OPQ : menurut Phytagoras :



Gambar 7.41 Tapak tekan uji Brinell

$$OP = \sqrt{R^2 - r^2}$$

$$t = R - OP = R - \sqrt{R^2 - r^2} \quad \text{kita masukan pada persamaan luas A di atas :}$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot (R - \sqrt{R^2 - r^2})$$

Keterangan :

R = jari jari bola = D/2

R = jari jari tembereng bola = d/2

maka persamaan di atas menjadi :

$$A = 2.\pi.\frac{D}{2}\left(\frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}\right)$$

$$A = \frac{\pi.D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)$$

Jika persamaan luas tembereng kulit bola pada persamaan di atas kita masukan pada persamaan Brinell maka persamaan kekekrasan Brinell menjadi :

$$H_B = \frac{F}{\frac{\pi.D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

atau

$$H_B = \frac{2.F}{\pi.D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

Keterangan :

- $H_B$  = Nilai kekerasan Brinell
- F = Gaya tekan [kgf]
- D = Diameter bola baja [mm]
- d = diameter tapak tekan [mm]

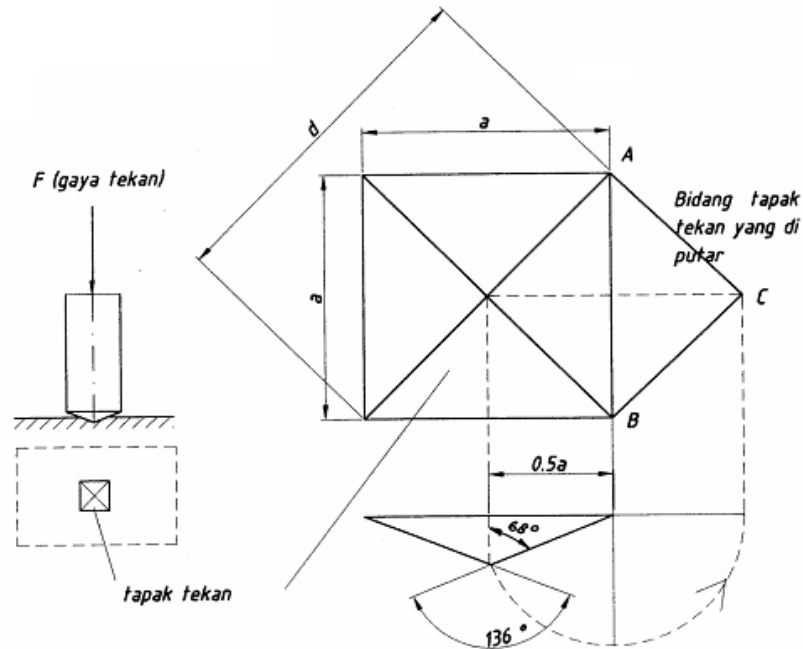
#### i. Sifat Mekanis Logam Terhadap Kekerasan Vickers

Untuk menentukan kekerasan logam dapat juga ditentukan dengan mesin uji Vickers, Pada mesin uji Vickers digunakan media penekan dengan ujung penekan berbentuk pyramid (pyramid–diamond) dengan sudut  $136^\circ$ , bahan uji ditekan dengan gaya tekan tertentu yang besarnya berkisar antara 5, 10, 20, 30, 50, dan 120 kgf. Pembebanan disesuaikan dengan keras atau tidaknya suatu bahan uji.

Kekerasan Vickers dihitung berdasarkan tekanan yaitu : Gaya tiap satuan luas tapak tekan , atau dapat di tulis :

$$H_v = \frac{F}{A}$$

Lihat gambar berikut !



Gambar 7.42 Tapak tekan uji kekerasan Vickers

$$H_v = \frac{F}{A}$$

$$H_v = \frac{2.F.\sin\frac{\alpha}{2}}{d^2}$$

$$H_v = \frac{2F.\sin\frac{136}{2}}{d^2}$$

$$H_v = 1,8544 \frac{F}{d^2}$$

Keterangan :

- F = beban tekan ( 5,10,20,30,50,100 atau 120 kg)
- $\alpha$  = sudut antara sisi sisi piramida  $136^\circ$
- d = panjang rata rata antara diagonal tapak tekan



### 3. Rangkuman

- Pada suatu batang yang mempunyai panjang  $L$  dengan luas penampang  $A$  [ $\text{mm}^2$ ] ditarik oleh gaya tarik  $F$  [N] maka pada batang tersebut akan terjadi tegangan tarik, tegangan tarik akan terjadi disepanjang  $L$ .

- Besarnya tegangan tarik  $\sigma_t$  yaitu gaya tarik tiap satuan luas penampang atau dapat ditulis dengan persamaan:

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

- Percobaan tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik dengan tujuan untuk mengetahui sifat sifat mekanis dari material terhadap:
  - Perpanjangan (*deformasi elastis, deformasi plastis*)
  - Regangan
  - Kontraksi
  - Tegangan

- Regangan adalah perbandingan perpanjangan ( $\delta L$ ) dengan panjang semula ( $L$ ). Regangan ini menunjukkan kekenyalan dari suatu bahan/material. Semakin besar angka regangannya, semakin kenyal logam/material tersebut. Jika batang tarik mempunyai panjang awal  $L$  dan setelah ditarik panjangnya menjadi  $L_1$  maka perpanjangannya adalah :

$$\delta L = (L_1 - L) \text{ dan regangannya adalah :}$$

$$\xi = \frac{\delta L}{L}$$

$$\xi = (L_1 - L) / L$$

- Angka regangan biasanya mempunyai satuan % dan untuk menentukan regangan kita gunakan persamaan :

$$\xi = \{ (L_1 - L) / L \} \times 100 \%$$

- Untuk menentukan kualitas material digunakan perhitungan kontraksi yaitu perbandingan antara pengurangan luas penampang dengan luas penampang semula. Nilai kontraksi ini sebagai nilai untuk menunjukkan kualitas material. Jika penampang batang uji semula mempunyai luas penampang  $A_0$  dan setelah ditarik dan putus pada luas penampang  $A$ . Untuk menghitung besarnya kontraksi dapat digunakan persamaan berikut

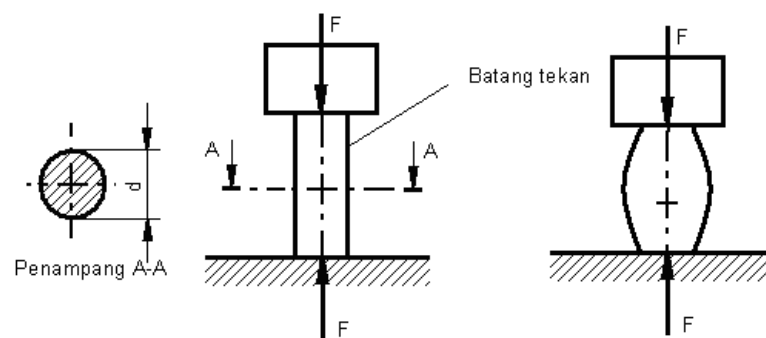
$$\varphi = \frac{\delta A}{A_0}$$

$$\varphi = (A_0 - A) / A$$

atau :

$$\varphi = \{ (A_0 - A) / A \} \times 100 \%$$

- Pada tegangan tarik, gaya bekerja dengan arah berlawanan dan mengarah keluar. Sebaliknya Jika gaya yang bekerja pada satu garis gaya atau satu sumbu dengan arah yang berlawanan kedalam maka pada benda tersebut akan terjadi tegangan tekan. lihat gambar berikut .



Gambar 7.43 Tegangan tekan

- Tegangan tekuk sama halnya dengan tegangan tekan, yaitu benda yang mengalami gaya dengan arah berlawanan, perbedaan antara tegangan tekan dan tegangan tekuk yaitu pada bentuk bendanya , tegangan tekan terjadi pada benda benda dengan bentuk pendek / gemuk, jika ditekan akan mengembang di tengah, sedangkan tegangan tekuk terjadi pada benda benda dengan bentuk langsing, jika benda yang panjang atau langsing pada kedua ujungnya dibebani gaya sampai mencapai maka pada benda tersebut akan mengalami perubahan bentuk menjadi bengkok atau menekuk dan terjadi tegangan tekuk .
- Dua buah gaya yang berlawanan bekerja pada suatu benda dengan posisi memotong seperti gunting , maka pada benda tersebut akan terjadi tegangan geser.
- Jika pada suatu batang yang mempunyai panjang L [mm], pada salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya dibebani dengan gaya F [N], maka pada batang tersebut akan mengalami momen lengkung.
- Untuk mengetahui sifat sifat mekanis logam terhadap puntiran, maka logam tersebut harus diuji terhadap puntiran (dengan mesin uji puntir).

- Tujuan dari pengujian pukul takik yaitu untuk mengetahui ketahanan bahan lasan pada patah getas, untuk mengetahui ketahanan energi yang diserap oleh bahan las dan nilai impactnya.

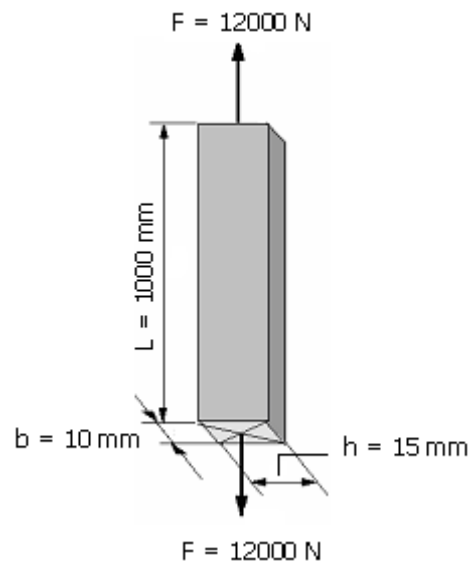
#### 4. Tugas

Diskusikan dalam kelompok mengenai jenis tegangan yang terjadi pada mekanisme pembebanan-pembebanan yang terjadi disekitar atau dibengkel sekolah anda.

#### 5. Tes Formatif

Kerjakan soal berikut dengan sebaik baiknya !

1. Suatu batang segi empat dengan panjang  $L$  1000 mm, dengan penampang segi empat ditarik oleh gaya  $F$  1200 N, lihat gambar berikut !

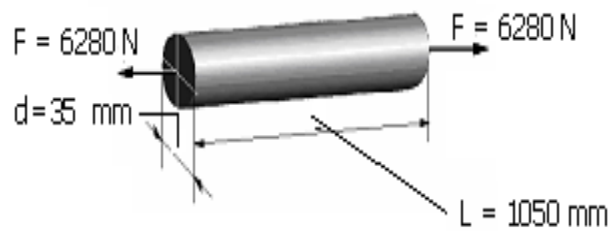


Gambar 7.44 Tegangan tarik pada batang

- Lebar  $b = 10 \text{ mm}$
- Tinggi  $h = 15 \text{ mm}$

Hitung tegangan tariknya !

2. Suatu poros dengan diameter 35 mm dan panjang  $L$  1050 mm ditarik oleh gaya  $F$  6280 N, lihat gambar berikut !



Gambar 7.45 Tegangan tarik pada poros

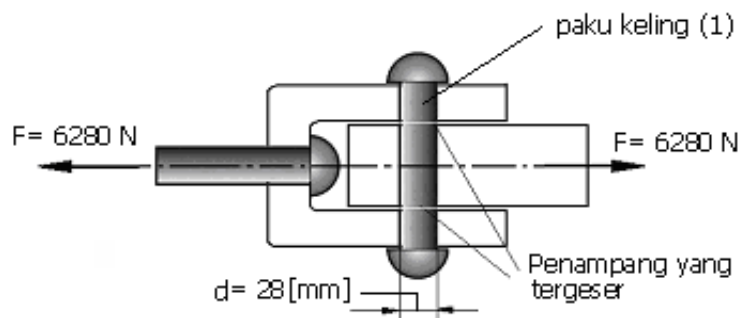
Hitung tegangan tariknya !

3. Suatu konstruksi sambungan keling seperti terlihat pada gambar berikut , diketahui :

Diameter paku keling  $d = 28$  [mm]

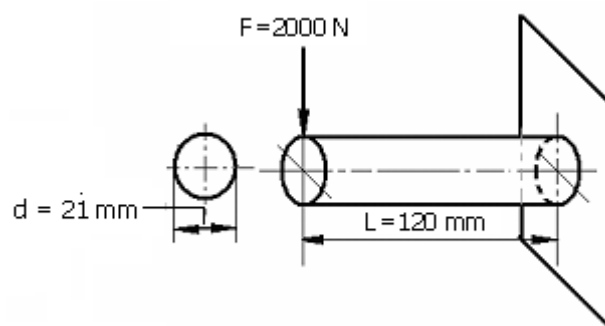
Gaya  $F = 6280$  N

Hitung tegangan geser yang terjadi pada paku keling (1)



Gambar 7.46 Tegangan geser pada paku keling.

4. Suatu poros diameter 21 mm dengan panjang  $L=120$  mm pada ujung sebelah kanan dilas dan ujung lainnya dibebani dengan gaya  $F=2000$  N lihat gambar berikut !



Gambar 7.47 Poros dengan beban lengkung

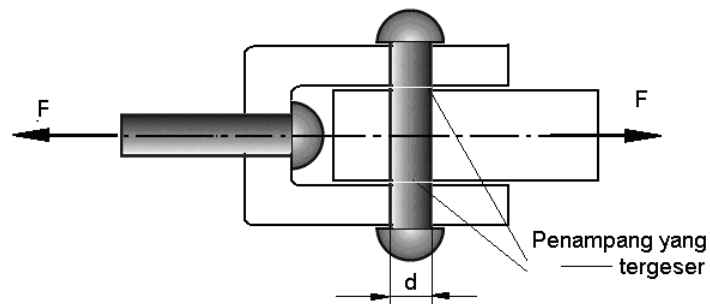
Hitunglah :

- a. Momen lengkung dalam satuan Nmm.
- b. Momen tahanan lengkung
- c. Tegangan lengkung yang terjadi .

5. Suatu konstruksi sambungan keling seperti terlihat pada gambar di atas , diketahui :

Diameter paku keling  $d = 16$  [mm]

Gaya  $F = 3000$  N



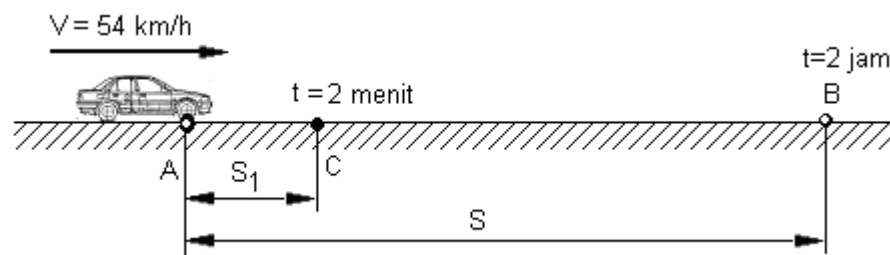
Gambar 7.48 Sambungan keling

Hitung tegangan geser yang terjadi pada sambungan paku keling.

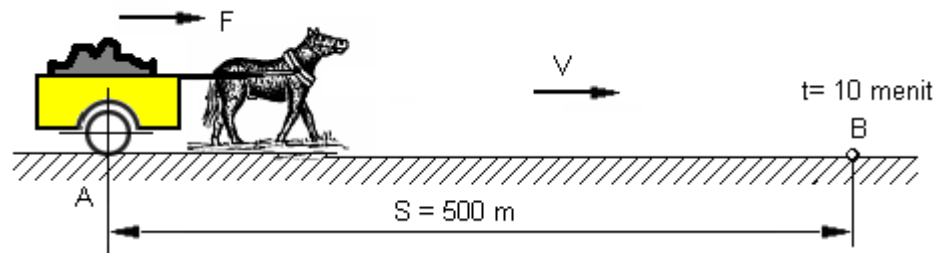
### BAB III EVALUASI

#### TES AKHIR

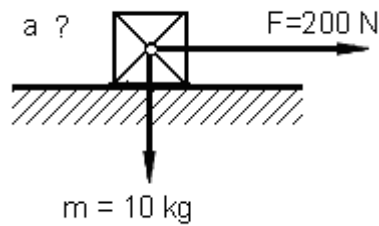
1. Jawablah pertanyaan pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas .
  - a. Apa yang dimaksud dengan besaran ?
  - b. Sebutkan macam macam contoh besaran yang anda ketahui ?
  - c. Apa penyebab bergerak atau berubahnya posisi suatu benda dari tempat satu ke tempat lainnya ?
  - d. Apa yang dimaksud dengan kecepatan ?
  - e. Tuliskan definisi mengenai usaha !
  - f. Apa yang dimaksud dengan percepatan ?
  - g. Apa satuan dari usaha ?
2. Diketahui : lihat gambar dibawah ini, suatu kendaraan bergerak dari kota A menuju kota B dengan kecepatan tetap  $V = 54 \text{ Km/h}$  .
  - a. Berapa m/s kecepatan kendaraan tersebut
  - b. Berapa jarak yang ditempuh selama 2 menit
  - c. Berapa km jarak kota A-B jika dari kota A ke B memerlukan waktu 2 jam .



3. Kuda yang mempunyai daya 750 watt digunakan untuk memindahkan benda dengan gerobak dari tempat A ketempat B yang berjarak 500 m diperlukan waktu 10 menit
  - a. Hitung usaha yang telah dilakukannya
  - b. berapa N gaya tarik kuda tersebut ?
  - c. berapa kecepatannya ?

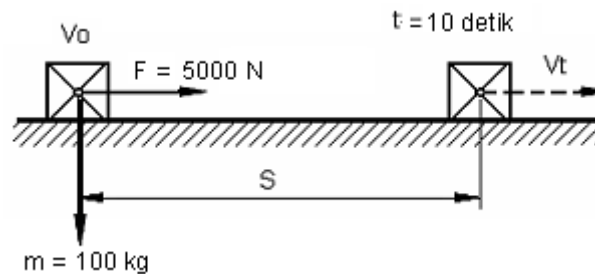


4. Suatu gaya  $F = 200 \text{ N}$  menarik benda yang mempunyai masa  $10 \text{ kg}$ , berapa percepatan yang terjadi pada benda itu. lihat gambar



5. Suatu benda mula mula diam kemudian ditarik oleh gaya  $F = 5000 \text{ N}$  dan bergerak berapa percepatan benda tersebut setelah 10 detik jika massa benda tersebut  $m = 100 \text{ kg}$ . Lihat gambar !

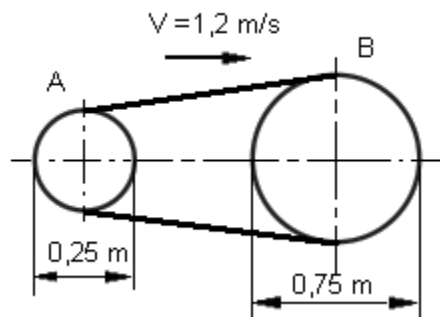
- Berapa percepatan benda tersebut
- Berapa jarak yang ditempuhnya setelah 10 detik .



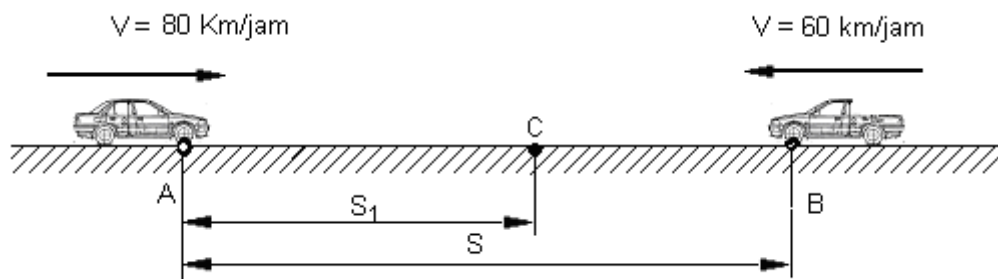
6. Suatu roda sabuk, lihat gambar! mempunyai ukuran diameter  $D_a = 0,25 \text{ m}$  dan  $D_b = 0,75 \text{ m}$ , kecepatan sabuk  $1,2 \text{ m/s}$ .

- c. hitunglah jumlah putaran pada roda A untuk setiap detiknya .
- d. hitunglah jumlah putaran untuk kedua roda tiap menitnya

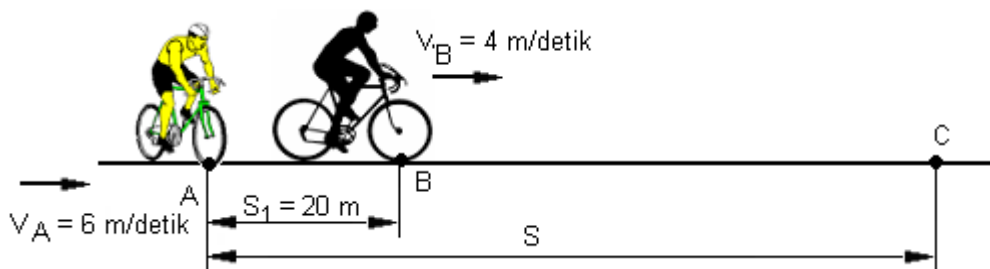




7. Dua kendaraan masing masing bergerak dengan arah yang berlawanan dengan kecepatan tetap yaitu kecepatan kendaraan A =  $80\text{ km/jam}$  dan kendaraan B  $60\text{ km/jam}$  , jarak antara kota A-B =  $280\text{ Km}$ . Kendaraan A dan B bertemu di kota C , Berapa Km jarak kota A-C .

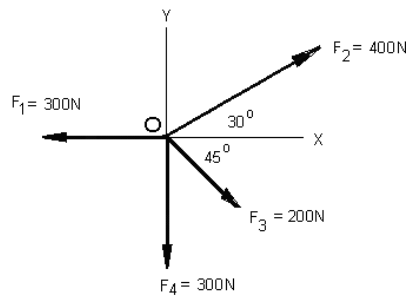


8. Dua orang bersepeda masing masing start dengan waktu yang sama. Jarak antara sepeda A dengan sepeda B =  $20\text{ m}$  kecepatan sepeda A  $6\text{ m/s}$  dan kecepatan sepeda B  $4\text{ m/s}$  . Setelah berapa detik sepeda A tersusul oleh sepeda B .



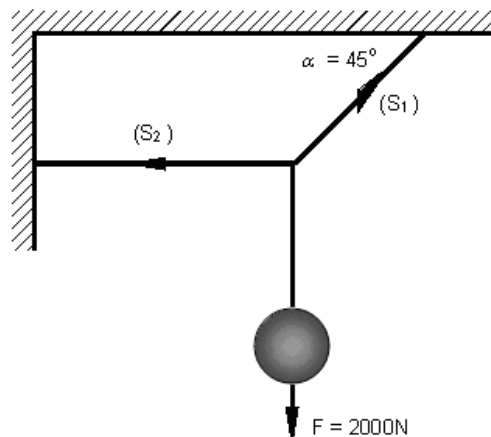
9. Empat buah gaya dengan arah berlainan mempunyai titik tangkap sama yaitu di titik O masing masing  $F_1 = 300\text{ N}$  dengan arah mendatar kekiri,  $F_2 = 400\text{ N}$  dengan arah kekanan atas membentuk sudut  $30^\circ$  terhadap sumbu X,  $F_3 = 200\text{ N}$  dengan arah kekanan bawah membentuk sudut  $45^\circ$  terhadap sumbu X dan  $F_4 = 300\text{ N}$  dengan arah tegak kebawah, seperti pada gambar berikut .

- Uraikan gaya gaya tersebut pada sumbu X dan sumbu Y
- Tentukan jumlah gaya pada sumbu X dan sumbu Y ;
- Tentukan arah dan besar gaya resultannya !



10. Diketahui pembebanan pada tali dengan gaya gaya dalam keadaan seimbang, jika  $\alpha = 45^\circ$ . dan  $F = 2000\text{ N}$ .

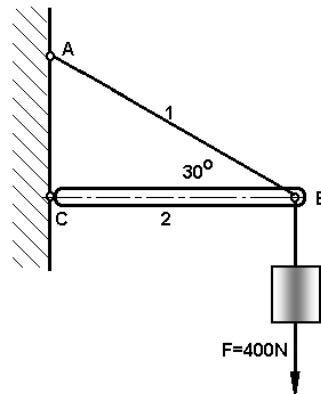
- Uraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y
- Hitung gaya yang terjadi pada tali 1 ( $S_1$ ) dan tali ke 2 ( $S_2$ )



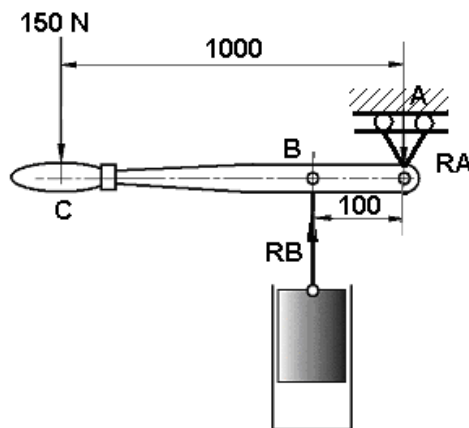
11. Diketahui Batang BC mendatar ditarik dengan tali AB dengan sudut  $\alpha = 30^\circ$ , jika pada ujung batang BC yaitu pada titik B dibebani oleh gaya F yang besarnya =  $400\text{ N}$ . Dan gaya gaya dalam keadaan seimbang lihat gambar halaman berikut!

- Uraikan komponen gaya terhadap sumbu X dan sumbu Y
- Hitung gaya yang terjadi pada tali 1 AB ( $S_1$ )

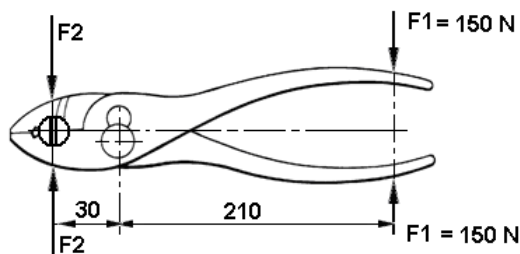
- Hitung gaya reaksi pada titik C atau batang BC .



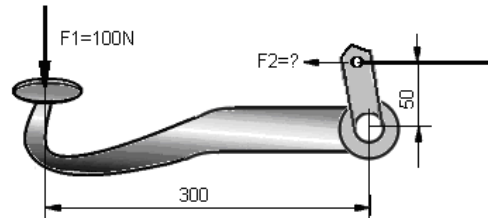
12. Suatu tuas dari alat pres digunakan untuk menekan torak , jika pada pada titik C bekerja gaya sebesar 150 N , panjang lengan A-C = 1000 mm , jarak antara engsel dengan batang torak A-B = 100 mm , hitunglah gaya yang bekerja pada batang torak ( $R_B$ ) dan gaya reaksi pada tumpuan A ( $R_A$ )



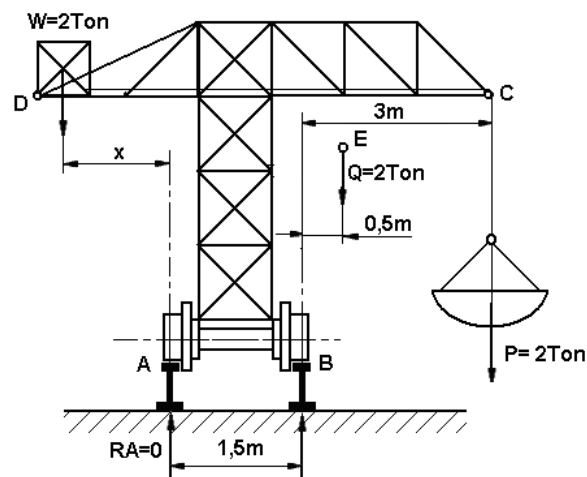
13. Suatu tang mempunyai ukuran seperti pada gambar , berapa gaya jepit  $F_2$  jika gaya  $F_1 = 150$  N .



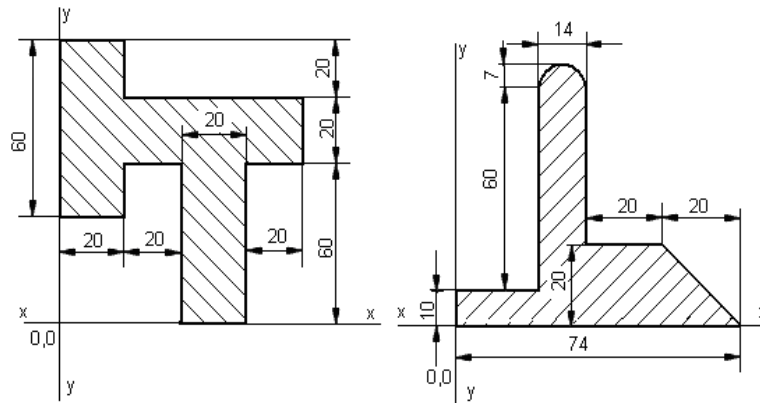
14. Suatu pedal rem kaki mempunyai ukuran seperti pada gambar , panjang tuas rem 300mm panjang penarik 50 mm dan gaya  $F_1 = 100 \text{ N}$  . Berapa gaya tarik pada kabel penarik  $F_2$



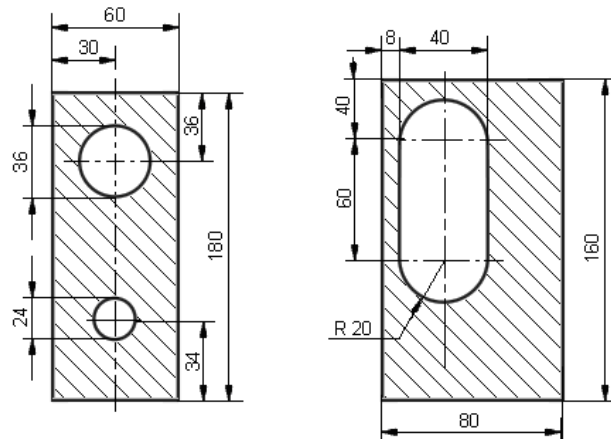
15. Suatu gantri crane mempunyai pembebanan dan ukuran seperti terlihat pada gambar , Letak titik berat gantri terhadap tumpuan /roda B-E atau (e) = 0,5 m dengan berat gantri  $Q = 2 \text{ Ton}$  , jarak antara roda A-B atau  $b = 1,5 \text{ m}$  , Bobot  $W = 2 \text{ Ton}$  . Gantry mendapatkan muatan  $P = 2 \text{ Ton}$  . Hitunglah jarak A-D atau  $x$  , bila semua beban gantri dan muatannya ditumpu oleh tumpuan B , dengan besarnya reaksi di A ( $R_A = 0$ )



16. Tentukan jarak titik berat Z terhadap garis mendatar x-x dan garis tegak y-y (hitung ukuran jarak X dan Y) gambar berikut.

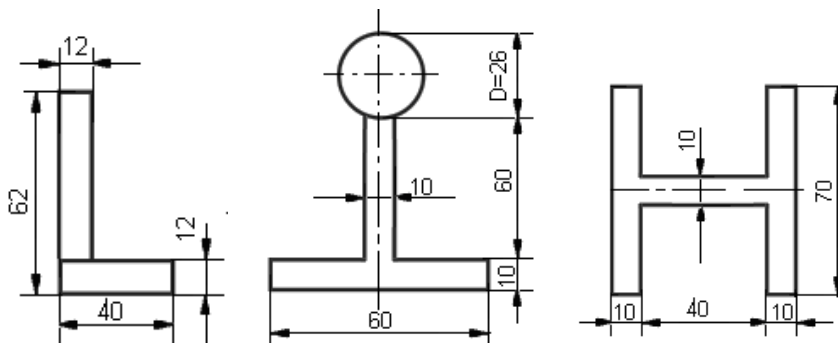


17. Tentukan jarak titik berat Z terhadap garis mendatar x-x dan garis tegak y-y (hitung ukuran jarak X dan Y) gambar berikut.

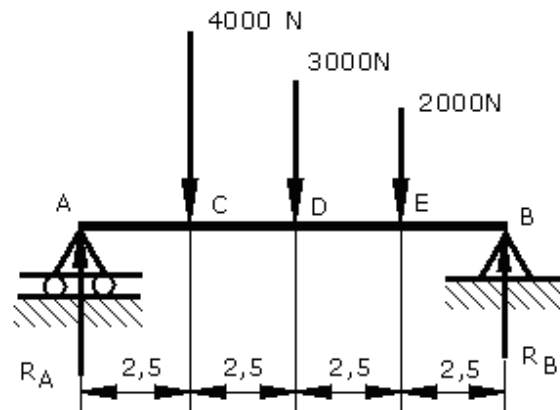


18. Suatu bidang yang dibuat dengan bentuk kombinasi dan ukuran seperti terlihat pada gambar !

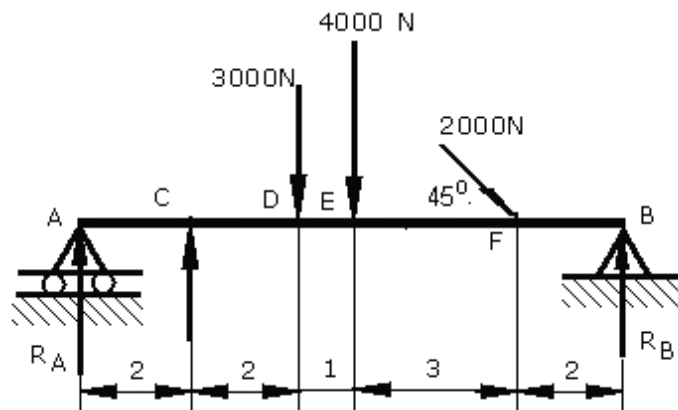
- Hitunglah letak koordinat dari titik beratnya
- Hitung Momen Inersia yang melalui titik beratnya ( $I_x$  dan  $I_y$ )
- Hitung pula besarnya momen Inersia polarnya .



19. Hitunglah reaksi pada tumpuan A dan B pada pembebanan berikut (lihat gambar) Jika pembebanan tersebut dalam keadaan seimbang.



20. Hitunglah reaksi pada tumpuan A dan B pada pembebanan berikut (lihat gambar) .Jika pembebanan tersebut dalam keadaan seimbang .



## DAFTAR PUSTAKA

- Anwari . Ir. 1978 , Sistem Satuan Internasional . Jakarta ;Depdikbud RI.
- Arif Darmali . Ir . 1977. Ilmu Gaya .Jakarta ; depdikbud RI.
- Dobrovolsky . Machine elements , Moscow :
- Eka yogaswara. 2009 . Prinsip dasar Mekanika . Bandung . ARMICO
- Khurmi RS , JK Gupta . 1978 . Theory of Machine . New Delhi : S.Chan
- Neimann G, Winter H. 1992 , Elemen mesin , Jakarta : Erlangga
- Soemadi . Drs , Nazwir .Drs . 1979 . Ilmu Mekanika Teknik . Jakarta ; Depdikbud RI
- Spotts. 1959. Design of Machine Elements. Tokyo ; Maruzen
- Sugiharto Hartono N . Ir , Sudalih. Drs , Suarpraja Teja .Ir . 1978 . Ilmu Mekanika Teknik . Jakarta ; Depdikbud RI.
- Sularso , Kiyokatsu Suga . 1979 . Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin . Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Thimoshenco and Young. 1974 . Engineering Mechanics . Tokyo : Mc Graw-Hill.
- Umar Sukrisno . 1986 . Bagian bagian Mesin dan Merencana . Jakarta : CV Marintan Djaya
- Wahl,AM .Mechanical Springs . New York : Mc Graw-Hill