

Drs. Suparman , M.Pd.

Anggit Nugroho Budi Utomo

MEKANIKA

Lembar Kerja Siswa Berbasis Kontekstual
Untuk Kelas X

TEKNIK

**MEMAHAMI DAN
MENYUSUN GAYA
DALAM STRUKTUR BANGUNAN**

MENYUSUN GAYA

Akan dipelajari tentang bagaimana penjumlahan gaya kemudian menguraikan gaya. Setelah itu akan dipelajari tentang bagaimana membuat *free body diagram* benda

MEMAHAMI GAYA

Akan dipelajari tentang bagaimana gaya beserta sifatnya serta mempelajari kesetimbangan benda tegar. Setelah itu mempelajari gaya eksternal dan internal dalam struktur bangunan.



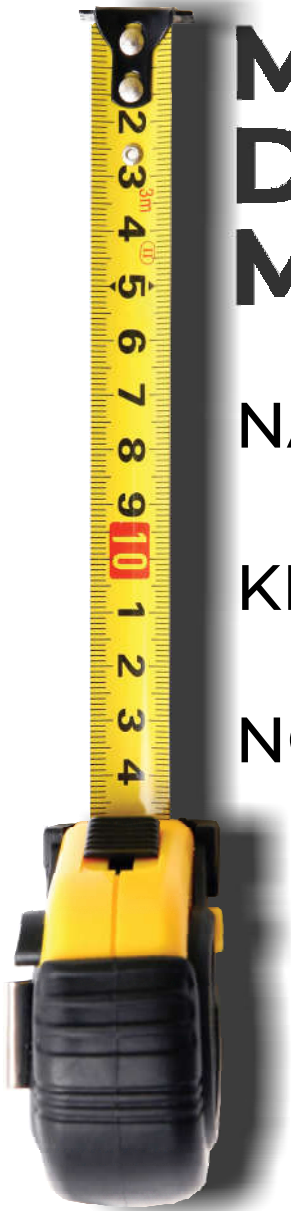
Lembar Kerja Siswa ini dibuat dengan tujuan untuk memberi pemahaman tentang cara menyusun gaya dan apa itu macam-macam gaya dalam struktur bangunan. Lembar kerja siswa dibuat secara kontekstual dengan harapan siswa memiliki gambaran awal untuk apa ilmu yang mereka pelajari dalam LKS ini. Lembar kerja siswa ini dibagi menjadi 7 bagian. Bagian 1 merupakan bagian yang akan menerangkan apa itu gaya, titik tangkap gaya, garis kerja gaya, dan bagaimana mendefinisikan besaran vektor, khususnya vektor gaya. Bagian 2 akan diberikan gambaran awal tentang gaya eksternal dan gaya internal. Konsep gaya internal dan eksternal ini akan menjadi dasar utama untuk mempelajari macam-macam gaya dalam struktur bangunan. Kemudian bagian 3 akan menerangkan beberapa susunan gaya yang mungkin terjadi dan akan menjadi dasar untuk mempelajari pengoperasian gaya. Selanjutnya bagian 4 akan dipelajari tentang pengoperasian gaya seperti menjumlahkan gaya, mengurangi gaya, bagaimana cara mencari komponen gaya dan mencari resultan gaya. Untuk mempelajari bagian 4 ini perlu untuk memahami bagian 1 terlebih dahulu agar lebih mudah dalam mengerjakan materi pada bagian 4. Bagian 4 ini merupakan materi yang menjadi dasar cara menyusun gaya dalam struktur bangunan.

Kemudian bagian 5 akan membahas tentang syarat bagaimana benda dapat dalam keadaan setimbang. Materi ini nantinya akan menjadi dasar siswa untuk dapat lebih memahami tentang macam-macam gaya pada struktur bangunan yang erat sekali dengan konsep gaya eksternal dan internal. Pada bagian ini juga akan diberikan gambaran tentang apa itu momen gaya yang merupakan salah satu syarat utama yang harus diperhatikan untuk menjaga bangunan tetap dalam keadaan setimbang. Bagian 6 akan diberikan materi tentang diagram benda bebas yang tujuan utamanya untuk mengidentifikasi seluruh gaya yang bekerja pada sebuah struktur. Diagram benda bebas sangat penting untuk dipelajari agar siswa dapat mengetahui besar dan arah seluruh gaya yang bekerja pada struktur. Bagian 7 akan dibahas macam-macam gaya dalam struktur bangunan berupa gaya tarik, gaya tekan, dan lenturan. Sebelum mempelajari macam-macam gaya dalam struktur bangunan, siswa harus menguasai tentang apa itu gaya internal eksternal, kesetimbangan yang merupakan dasar bagaimana gaya internal dapat timbul sebagai dampak bekerjanya gaya eksternal, serta diagram benda bebas agar siswa dapat mengidentifikasi besar dan arah seluruh gaya yang bekerja pada struktur.

“

Dasar mekanika adalah konsep gaya-gaya dan komposisi serta resultan gaya. Konsep dasar mengenai gaya menjadi kunci utama sebelum mempelajari materi teknik sipil selanjutnya

”



MEMAHAMI GAYA DAN MENYUSUN GAYA

NAMA :

KELAS :

NOMOR :

MEKANIKA TEKNIK

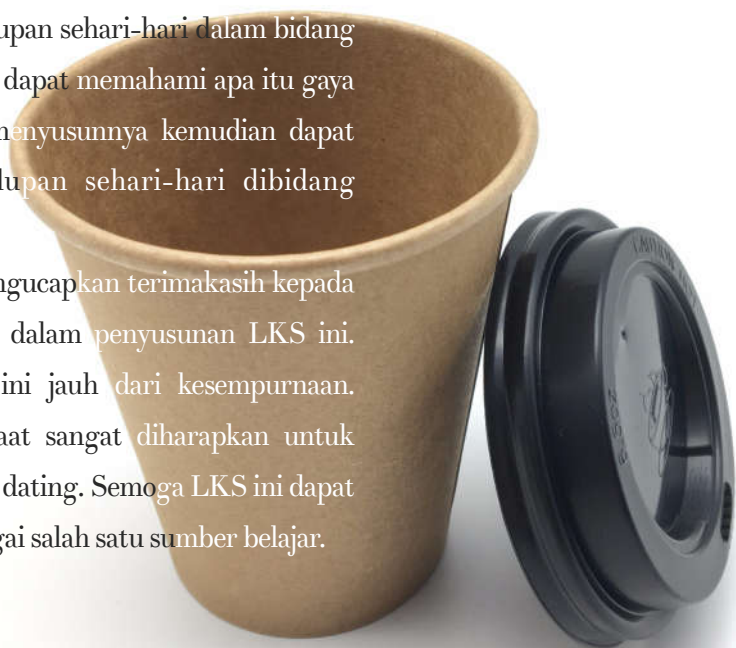
KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan nikmatnya sehingga Lembar Kerja Siswa (LKS) Mekanika Teknik pada materi macam-macam gaya dalam struktur bangunan dan menyusun gaya dalam struktur bangunan ini akhirnya dapat terselesaikan. LKS penyusun susun sebagai sumber belajar bagi siswa SMK kelas X dalam mempelajari macam-macam gaya dan menyusun gaya dalam struktur bangunan.

LKS mekanika teknik ini disusun dengan pendekatan kontekstual. Melalui LKS ini diharapkan siswa akan lebih termotivasi dan tertarik untuk mempelajari mekanika teknik khususnya materi macam-macam gaya dalam struktur bangunan dan menyusun gaya dalam struktur bangunan karena penyajian isi dari LKS ini dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari dalam bidang konstruksi. Sehingga, nantinya siswa dapat memahami apa itu gaya dan macam-macamnya serta cara menyusunnya kemudian dapat mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari di bidang konstruksi.

Akhirnya penyusun mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan LKS ini. Penyusun menyadari bahwa LKS ini jauh dari kesempurnaan. Saran dan masukan yang bermanfaat sangat diharapkan untuk perbaikan LKS pada masa yang akan datang. Semoga LKS ini dapat bermanfaat dan dapat dijadikan sebagai salah satu sumber belajar.

Penyusun





PETUNJUK PENGUNAAN

Adik-adik SMK, khususnya yang berada di jurusan bangunan, di kelas X ini kalian akan mempelajari materi tentang gaya dan cara menyusun gaya. Lembar Kerja Siswa (LKS) ini akan membantu adik-adik belajar dengan mudah dan menyenangkan melalui berbagai aktivitas baik dalam maupun luar kelas. Agar kalian mudah mempelajari materi dalam LKS ini, ayo, ikuti langkah-langkah berikut:

1. Baca baik-baik materi pelajaran dan petunjuk kerja yang ada di LKS ini. Kalian juga dapat menggunakan sumber buku lain atau sumber belajar lain untuk memperkaya wawasan.
2. Jika ada yang kurang jelas, tanyakan kepada bapak/ibu guru.
3. Kerjakanlah setiap tugas yang ada dalam LKS (ditandai dengan warna kalimat merah) dengan semangat dan sungguh-sungguh.
4. Tulislah jawaban pada setiap soal yang ada di LKS kalian pada lembar jawaban yang ada dan diskusikan jawaban sementara kalian secara berkelompok.

Selalu bersemangat dan bersungguh-sungguh dalam belajar adalah kunci untuk menjadi orang sukses. Renungkanlah kembali apa yang kalian pelajari.

Selamat belajar!



DAFTAR ISI

1 GAYA

Menerangkan apa itu gaya, titik tangkap gaya, garis kerja gaya, dan bagaimana mendefinisikan besaran vektor, khususnya vektor gaya.

13 GAYA LUAR DAN GAYA DALAM

Memberikan gambaran awal tentang gaya luar dan gaya dalam. Konsep gaya luar dan dalam ini akan menjadi dasar utama untuk mempelajari macam-macam gaya dalam struktur bangunan.

20 GAYA KOLINIER DAN GAYA KONKUREN

Menerangkan beberapa susunan gaya yang mungkin terjadi dan akan menjadi dasar untuk mempelajari pengoperasian gaya.

28 GAYA YANG SETARA

Mempelajari tentang pengoperasian gaya seperti menjumlahkan gaya, mengurangi gaya, bagaimana cara mencari komponen gaya dan mencari resultan gaya.

51 KESEIMBANGAN

Membahas tentang syarat bagaimana benda dapat dalam keadaan seimbang.

71 DIAGRAM BENDA BEBAS (*FREE BODY DIAGRAM*)

Memberikan materi tentang diagram benda bebas yang tujuan utamanya untuk mengidentifikasi seluruh gaya yang bekerja pada sebuah struktur.

83 LENTUR, GAYA AKSIAL (TARIK DAN TEKAN) SERTA GAYA GESER

Membahas macam-macam gaya dalam struktur bangunan berupa gaya tarik, gaya tekan, dan lenturan.

KOMPETENSI DASAR

3.3 Memahami macam-macam gaya dalam struktur bangunan.

4.3 Menyajikan macam-macam gaya dalam struktur bangunan.

3.4 Menerapkan cara menyusun gaya dalam struktur bangunan.

4.4 Membuat susunan dan perhitungan gaya dalam struktur bangunan.

INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI

BAGIAN SATU

- Mengidentifikasi macam-macam gaya dalam struktur bangunan
- Menjelaskan tentang gaya
- Menjelaskan tentang momen
- Menjelaskan tentang gaya geser
- Menjelaskan tentang gaya normal
- Mempresentasikan tentang macam-macam gaya dalam struktur bangunan
- Mempresentasikan tentang gaya
- Mempresentasikan tentang momen
- Mempresentasikan tentang gaya geser
- Mempresentasikan tentang gaya normal

BAGIAN DUA

- Mengidentifikasi gaya yang setara dalam struktur bangunan.
- Menjelaskan menyusun gaya yang setara.
- Menjelaskan dan menyusun gaya yang kolinier.
- Menjelaskan dan menyusun gaya yang konkruen.
- Membuat susunan dan perhitungan gaya yang setara dalam struktur bangunan.
- Membuat susunan dan perhitungan gaya yang kolinier dalam struktur bangunan.
- Membuat susunan dan perhitungan gaya yang konkruen dalam struktur bangunan.

1

GAYA

A . PENDAHULUAN

AYO CEK KEMAMPUAN PRASYARAT!

Karena gaya merupakan kunci ketika Anda ingin bekerja di dunia konstruksi kelak, sebelum Anda lebih lanjut mengenal gaya, maka cari jawaban dari beberapa soal berikut dari buku, artikel, atau sumber belajar apapun:

1. Apa yang kalian ketahui tentang gaya?
2. Apa yang kalian tahu tentang resultan gaya?
3. Menurut kalian apa itu titik tangkap gaya?
4. Apa yang kalian ketahui tentang besaran skalar dan besaran vektor? Termasuk besaran apakah gaya menurut kalian dan beri penjelasan jawaban kalian!
5. Apa yang terjadi jika sebuah benda bekerja suatu gaya seperti gambar 1,2, dan 3 menurut kalian?
6. Buatlah penjelasan tentang garis kerja gaya menurut kalian!

Dalam dunia konstruksi, pemahaman tentang gaya sangat diperlukan agar suatu pekerjaan konstruksi dapat dikerjakan efektif dan efisien. Sebagai contoh seorang perencana bangunan dalam merencanakan suatu bangunan dituntut untuk membuat desain yang aman dan kuat ketika telah dibangun agar ketika bangunan tersebut telah digunakan tidak roboh. Dalam merencanakan konstruksi tersebut, perencana harus menentukan dimensi tiap komponen konstruksi secara tepat agar mampu menahan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi sehingga tetap kokoh dan kuat. Jika perencana tersebut tidak menguasai ilmu tentang gaya dengan baik, maka konstruksi yang ia rencanakan di khawatirkan tidak dalam keadaan stabil dan berdampak pada tidak kokohnya konstruksi yang ia rencanakan. Kestabilan sendiri dapat terjadi apabila gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi tersebut saling menghilangkan atau sama dengan nol. Ketika telah bekerja di bidang konstruksi kestabilan sangat penting demi keamanan pengguna bangunan bahkan pekerja bangunan yang sedang mengerjakan pekerjaan konstruksi. Mempelajari ilmu gaya dalam dunia konstruksi sangat penting karena gaya nantinya akan berperan penting dalam merencanakan struktur agar stabil dan akan menjadi dasar para perencana dalam memilih bahan bangunan yang tepat beserta dimensinya.

Agar mudah memahami bagaimana gaya memiliki peran dalam dunia konstruksi, lihat Gambar 1, 2, dan 3. Gambar 1 merupakan gambar seorang pekerja yang sedang mencoba untuk menarik gulungan kabel yang berada di gorong-gorong. Pekerja tersebut ketika menarik kabel, secara tidak langsung pekerja tersebut memberikan gaya terhadap kabel gulungan yang berada di gorong-gorong \vec{F}_1 . Kabel yang ditarik memberikan gaya yang setara dengan gaya \vec{F}_1 tetapi berlawanan arah (\vec{F}_2) sebagai dampak diberikannya gaya oleh pekerja (\vec{F}_1) yang kemudian kabel tersebut bisa dikatakan mengalami tegangan yang kemudian mengalami regangan sebagai dampak adanya tegangan. Jika pekerja tersebut menambah gaya tarikannya maka tegangan yang diberikan bertambah besar dan regangannya semakin besar pula. Apabila tarikannya ditambah terus menerus dan kemudian kabelnya tidak kuat menahan tarikannya, maka kabel tersebut akan putus. Gaya dalam hal ini mengakibatkan terjadinya tegangan dan regangan pada kabel dan dapat mengakibatkan kabel putus jika gaya yang diberikan lebih besar dari pada gaya yang dapat ditahan oleh kabel. Gaya juga mengakibatkan kabel yang awalnya berada di gorong-gorong berpindah tempat ke tempat yang lebih tinggi akibat tarikan dari pekerja.



Gambar 1. Pekerja konstruksi menarik kabel
Sumber: <http://elektro-imber.hr>

Gambar 2 merupakan gambar dimana pekerja konstruksi sedang berusaha memindahkan balok kayu. Karena balok kayu sangat berat maka diperlukan dua pekerja untuk memindahkan balok kayu tersebut. Gambar 2 memberikan gambaran sederhana bagaimana ilmu gaya ada disekitar kita ketika sedang bekerja di dunia konstruksi. Agar lebih memudahkan untuk memahami apa yang terjadi dari proses memindahkan kayu tersebut, maka dibuatlah diagram benda bebasnya. Kayu memiliki berat sendiri yang dapat diketahui besarnya ketika kita menimbanginya dengan alat ukur yang sesuai. Adapun berat kayu jika digambarkan dengan diagram benda bebas mengarah ke bawah mengikuti arah gaya gravitasi bumi (w). Kemudian dua pekerja agar dapat memindahkan balok kayu tersebut memberikan gaya sebesar \vec{F}_1 dan \vec{F}_2 . Adapun arah gaya yang diberikan pekerja tersebut melawan arah gaya berat balok kayu (ke atas). Gaya yang bekerja pada balok kayu memiliki titik tangkap gaya di kedua ujung balok kayu.



Gambar 2. Pekerja konstruksi mengangkat balok kayu
Sumber: <https://initiafy-website-images.s3.amazonaws.com>



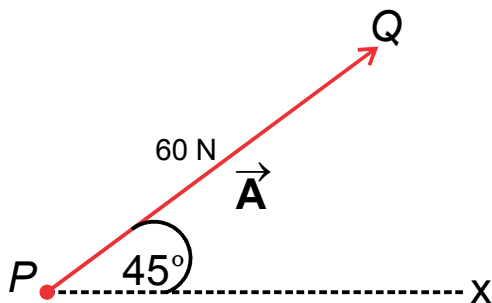
Gambar 3. Pekerja konstruksi menghancurkan batu dengan jack hammer

Sumber: <http://www.fss.pt>

Gambar 3 merupakan gambar seorang pekerja yang sedang menggunakan *jack hammer* yang pembuatannya menggunakan prinsip gaya. *Jack hammer* merupakan alat atau mesin yang digunakan untuk membongkar atau menghancurkan beton lantai atau jalan aspal. *Jack hammer* banyak digunakan pada pekerjaan pembongkaran, *chipping* rel kereta api, konstruksi jalan dan pekerjaan sipil lainnya. *Jack hammer* merupakan alat *pneumatic* atau *elektromechanical* yang menggabungkan palu langsung dengan pahat. Alat ini sama seperti ketika kita menghancurkan batu menggunakan palu dan pahat. Gaya mengambil peranan penting dalam menggunakan alat ini. Ketika anda sedang memecahkan batu dan kemudian batunya pecah, batu tersebut menerima tekanan yang mana tekanan tersebut besarnya cukup untuk membuat batu tersebut hancur. Tekanan sendiri merupakan besarnya gaya yang bekerja pada suatu benda tiap satuan luas benda tersebut.

BAGAIMANA MENYATAKAN SUATU VEKTOR GAYA?

Untuk menyatakan suatu besaran vektor perlu menulis lambang besaran vektor itu dan menyatakannya dengan sebuah anak panah. Untuk tulisan tangan, lambang suatu vektor biasanya dituliskan dengan satu huruf besar dan diatas huruf ini diberi tanda anak panah, misalnya \vec{A} atau \vec{F} . Untuk buku cetakan, lambang vektor umumnya dicetak dengan huruf kapital yang **dicetak tebal (bold)**, misalnya **A** atau **F** Bagaimana dengan besar vektor? Untuk tulisan tangan, besar suatu vektor biasanya ditulis dengan menggunakan tanda harga mutlak, misalnya $|\vec{A}|$ atau $|\vec{F}|$. Untuk buku cetakan, besar vektor umumnya dicetak dengan huruf *miring (italic)*, misalnya *A* atau *F*



Gambar 4. Vektor perpindahan A dilukiskan dari pangkal P ke ujung Q.

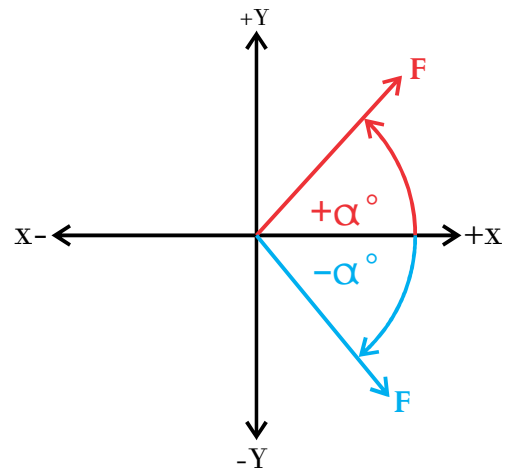
Sebuah vektor digambarkan dengan sebuah anak panah yang terdiri dari pangkal dan ujung. Panjang anak panah menyatakan *besar vektor* dan arah anak panah (dari pangkal ke ujung) menyatakan *arah vektor*. Sebagai contoh, pada Gambar 4 dilukiskan suatu vektor gaya yang besarnya 60 N dan berarah 45° dari sumbu x. Besar gaya 60 N dilukiskan dengan panjang anak panah 3 cm. Ini berarti skala yang dipilih adalah $3 \text{ cm} = 60 \text{ N}$ atau $1 \text{ cm} = 20 \text{ N}$. Arah gaya yaitu 45° dari sumbu x dilukiskan sebagai arah dari pangkal P ke ujung Q. Vektor gaya ini kita beri nama \vec{A} .

Sebelumnya kita telah ketahui bahwa sebuah vektor memiliki arah. Maka kita harus mengerti bagaimana cara menentukan arah vektor yang akan kita gambarkan. Jika kita salah dalam menentukan arah sebuah vektor akan berdampak pada hasil hitungan kita. Untuk menyatakan suatu vektor dapat dilakukan pada bidang datar atau bidang koordinat Cartesius dengan menggambar ruas garis dengan anak panah disalah satu ujungnya. Panjang ruas garis mewakili besar (panjang) vektor dan anak panah mewakili arah vektor.

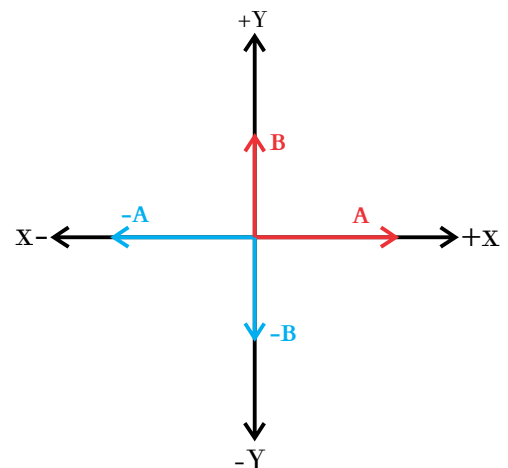
Arah sebuah vektor dinyatakan oleh sudut tertentu terhadap arah acuan tertentu. Umumnya, sudut yang menyatakan arah sebuah vektor dinyatakan terhadap sumbu x positif. Perhatikan Gambar 5 di samping. Sudut bernilai positif ($+\alpha^\circ$) jika kita menghitung sudut dimulai dari sumbu x positif dan bergerak berlawanan arah jarum jam. Sedangkan sebuah sudut bernilai negatif ($-\alpha^\circ$) jika kita menghitung sudut dimulai dari sumbu x positif dan bergerak searah jarum jam.

Coba perhatikan Gambar 6 di samping. Nilai sebuah vektor bisa bernilai positif ataupun negatif tergantung arah dari vektor tersebut. Jika sebuah vektor searah dengan sumbu x positif, maka nilai gaya tersebut juga bernilai positif. Sebaliknya jika sebuah vektor searah dengan sumbu x negatif maka nilai vektor tersebut juga bernilai negatif. Bagaimana jika gaya tersebut searah sumbu y positif? Jika vektor searah dengan sumbu y positif maka nilai vektor tersebut juga bernilai positif. Sebaliknya jika vektor searah dengan sumbu y negatif maka vektor tersebut juga bernilai negatif.

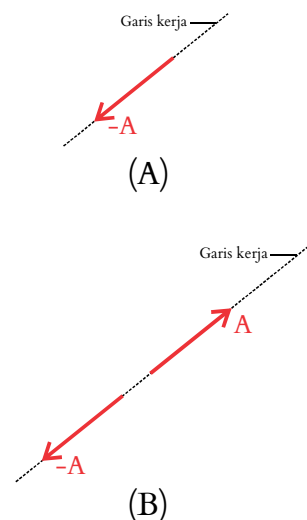
Bagaimana jika diketahui sebuah vektor bernilai negatif dan kita ingin mengubah vektor tersebut menjadi positif atau sebaliknya? Pada Gambar 7(A) diketahui vektor \vec{A} bernilai negatif ($-\vec{A}$). Ketika kita ingin mengubah nilai vektor tersebut menjadi positif, maka kita cukup mengubah arah vektor $-\vec{A}$ tersebut menjadi berlawanan arah dari arah vektor $-\vec{A}$ dengan besar yang sama dengan vektor $-\vec{A}$ tadi seperti pada Gambar 7(B). Perlu di ingat bahwa dalam mengubah arah gaya kita perlu memperhatikan garis kerja gayanya. Vektor yang telah dirubah arahnya harus tetap dalam garis kerja vektor sebelumnya.



Gambar 5. Menentukan sudut sebuah vektor



Gambar 6. Menentukan arah sebuah vektor



Gambar 7. Mengubah vektor negatif menjadi vektor positif

Latihan 1

Ayo uji pemahaman kalian!

1. Suatu vektor gaya \vec{F} berarah mendatar memiliki besar 20 Newton, yang dapat digambarkan dengan panjang 2 cm. Berdasarkan keterangan ini, gambarlah vektor-vektor berikut!
 - (a) Gaya \vec{P} yang besarnya 10 N dan membentuk sudut 30° terhadap \vec{F} .
 - (b) Gaya \vec{Q} yang besarnya 30 N dan membentuk sudut 120° terhadap \vec{F} .
 - (c) Gaya \vec{R} yang besarnya 50 N dan membentuk sudut -60° terhadap \vec{F} .

Strategi:

Tetapkan dahulu skala panjang vektor. Di sini ditentukan $20\text{ N} = 2\text{ cm}$, yang berarti skala panjang vektor adalah $10\text{ N} = 1\text{ cm}$. Kemudian lukislah vektor \vec{F} berarah mendatar ke kanan sebagai acuan untuk menggambar vektor \vec{P} , \vec{Q} , dan \vec{R} . Perhatikan, arah $+\alpha^\circ$ terhadap suatu acuan menyatakan arah vektor yang membentuk sudut α° diukur berlawanan arah dengan arah jarum jam terhadap acuan. Arah $-\alpha^\circ$ terhadap suatu acuan menyatakan arah vektor yang membentuk sudut α° diukur searah dengan arah jarum jam terhadap acuan.

2. Sebuah vektor gaya \vec{A} yang besarnya 75 N dan berarah mendatar ke kiri (sumbu x negatif) digambarkan dengan panjang 3 cm. Gambarlah vektor-vektor gaya berikut!
 - (a) Gaya \vec{B} besarnya 50 N berarah 45° terhadap \vec{A} .
 - (b) Gaya \vec{C} besarnya 100 N berarah 100° terhadap \vec{A} .
 - (c) Gaya \vec{D} besarnya 125 N berarah -30° terhadap \vec{A} .



(A)



(B)

Gambar 8. (A) Pekerja konstruksi menarik gulungan kabel (B) Pekerja konstruksi sedang mendorong gerobak

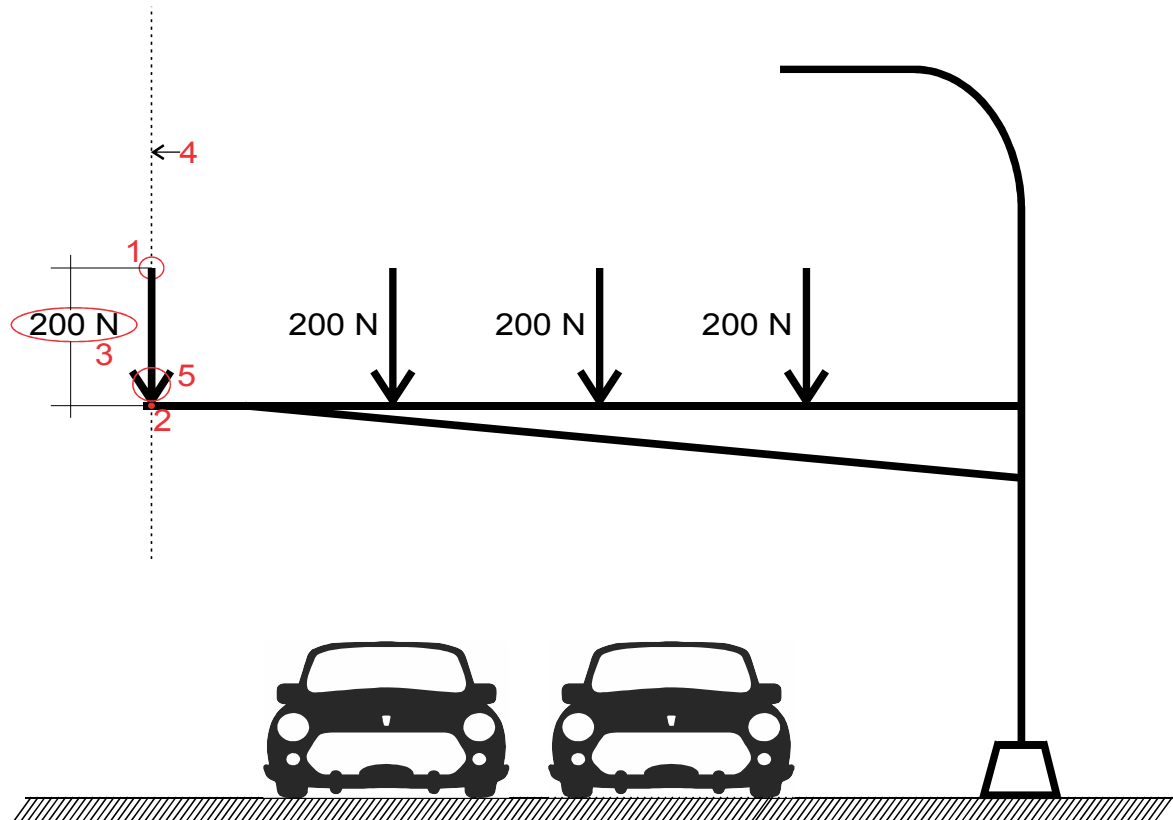
Sumber: <https://initiafy-website-images.s3.amazonaws.com>

3. Bersama teman sebangkumu coba perhatikan dua gambar diatas kemudian jawab beberapa pertanyaan berikut:
 - A. Menurut kalian, apakah kedua pekerja tersebut memberikan gaya kepada kabel dan gerobak pada gambar diatas? Coba sertakan alasan kalian.
 - B. Apakah gaya berperan dalam kegiatan diatas? Berikan alasan kalian.
4. Coba kalian bersama teman sebangkumu melihat sebuah proyek dan amati apakah terdapat alat konstruksi atau benda yang cara kerjanya atau pembuatannya menggunakan prinsip gaya. Sertakan jawaban kalian dengan gambar atau foto alat tersebut, kemudian jelaskan mengapa alat atau benda tersebut menurut kalian cara kerjanya atau pembuatannya menggunakan prinsip gaya. Kemudian presentasikan ke depan kelas.

[illegible]

Latihan 2

Ayo uji pemahaman kalian!



Perhatikan gambar diatas yang merupakan gambaran sederhana gaya yang bekerja pada tiang lampu lalu lintas akibat gaya berat yang diberikan box lampu lalu lintas pada Gambar 9 yang mungkin kalian pernah lihat ketika kalian sedang berkendara. Bersama teman kalian coba cari tahu pada angka berapa letak garis kerja gaya, titik tangkap gaya, besar gaya, arah gaya, ekor gaya, dan ujung gaya. Kemudian sertakan alasan kalian yang mendasari jawaban kalian.

Gambar 9. Diagram gaya tiang horizontal lampu lalu lintas yang digunakan untuk perletakan box lampu lalu lintas.

Sumber: <http://www.mikeontraffic.com>

[illegible]

Ayo uji pemahaman kalian!

1. Coba kalian temukan apa yang kalian dapatkan dengan mempelajari tentang gaya? Apakah kalian mendapatkan manfaatnya? Coba jelaskan pendapatmu di depan kelas!
2. Coba kalian renungkan kembali apakah gaya memberikan dampak dalam pekerjaan konstruksi? Apakah dampak positif dan negatif dari mempelajari tentang gaya? Coba jelaskan pendapat kalian di depan kelas!

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible]

LEMBAR PENILAIAN AUTENTIK

ASPEK YANG DINILAI	B	C	K	KOMENTAR GURU
Keaktifan dalam diskusi				
Antusiasme bertanya				
Perhatian dalam proses pembelajaran				
Kemandirian dalam mengerjakan tugas individu				
Keaktifan dalam mengeksplorasi materi secara individu				
Kemampuan menyampaikan pendapat secara individu				
Kerja sama dengan individu lain dalam diskusi				

Keterangan:

B : Baik

C : Cukup

K : Kurang

SARAN GURU

Handwriting practice lines consisting of 24 horizontal dashed lines.

2

GAYA LUAR (EKSTERNAL) DAN GAYA DALAM (INTERNAL)

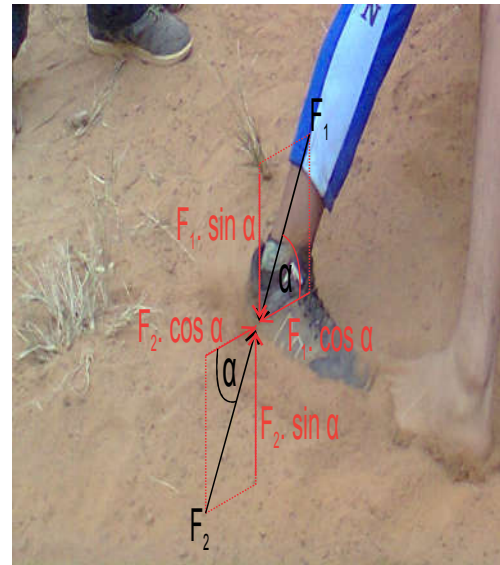
A. PENDAHULUAN



Gambar 10. Siswa sedang bermain tarik tambang
Sumber: <https://upload.wikimedia.org>

Agar kalian lebih mengerti lagi tentang gaya dalam struktur bangunan, maka selanjutnya kita akan belajar gaya lebih banyak lagi. Dalam mempelajari ilmu bangunan, peran mekanika teknik sangat penting. Para insinyur menggunakan ilmu tersebut untuk mempelajari perilaku struktur terhadap beban yang bekerja padanya. Pada dasarnya mekanika teknik nantinya bertujuan untuk menentukan dimensi, perhitungan kontrol, dan perhitungan kekuatan. Statika merupakan salah satu ilmu dalam mekanika teknik. Statika adalah bagian dari ilmu mekanika teknik yang mempelajari tentang semua benda yang tetap atau statis. Ketika mendirikan sebuah bangunan, kita mengharapkan bangunan yang kita bangun dalam kondisi diam atau dalam kondisi seimbang. Keseimbangan itu mula-mula tidak ada dan kalau keseimbangan itu tercapai, segera akan terganggu lagi. Ketika kita melihat sebuah bangunan itu dalam keadaan seimbang, sebenarnya bangunan tersebut tidak betul-betul kaku atau diam. Ia sebenarnya melakukan perlawanan agar tetap seimbang. Agar mudah dalam memahami apa yang sebenarnya terjadi dalam diri bangunan yang terlihat diam tadi, lihat Gambar 10 di samping. Gambar di samping merupakan gambar beberapa siswa sedang bermain tarik tambang.

Tarik tambang adalah salah satu lomba yang populer pada perayaan hari kemerdekaan atau sering dijumpai pada perlombaan. Pertandingan tarik tambang melibatkan dua regu, dengan lima atau lebih peserta. Dua regu bertanding dari dua sisi berlawanan dan semua peserta memegang erat sebuah tali tambang. Di tengah-tengah terdapat pembatas berupa garis. Masing-masing regu berupaya menarik tali tambang sekuat mungkin agar regu yang berlawanan melewati garis pembatas. Regu yang tertarik melewati garis pembatas dinyatakan kalah. Taktik permainan terletak pada penempatan pemain, kekuatan tarik dan pertahanan tumpuan kaki di tanah. Coba perhatikan siswa berbaju biru pada Gambar 10 yang sedang bermain tarik tambang. Siswa tersebut berusaha sekuat tenaga untuk menarik lawannya agar melewati garis pembatas dan kalah. Disisi lain, ia mengeluarkan tenaga juga untuk menahan tarikan dari pihak lawan dan mempertahankan posisinya agar tidak melewati garis pembatas. Dengan menumpukan kaki ke tanah sekuat mungkin, maka siswa tersebut berusaha untuk menahan tarikan dari musuh dan berusaha agar tidak ikut tertarik oleh tarikan lawan yang mengakibatkan timnya kalah. Apa yang dilakukan oleh siswa tersebut merupakan salah satu gambaran sederhana untuk memahami tentang apa itu gaya internal dan gaya eksternal. Gaya tarik dari tim lawan siswa (\vec{F}_3) bisa kita gambarkan sebagai gaya eksternal yang bekerja pada siswa berbaju biru tersebut. Ketika siswa tersebut menerima gaya eksternal berupa gaya tarikan dari lawan (\vec{F}_3), siswa tersebut merespon gaya tarikan tersebut dengan cara memberikan gaya tarik (\vec{F}_1) yang besarnya sama atau lebih besar dari \vec{F}_3 . Gaya yang dikeluarkan siswa tersebut (\vec{F}_1) merupakan gaya internal siswa. Gaya internal timbul karena adanya gaya eksternal yang bekerja pada siswa tersebut. Gaya internal tersebut berguna agar siswa tersebut dapat mempertahankan posisinya dan tidak ikut tertarik keluar melewati garis. Perhatikan pula tumpuan kaki siswa tersebut. Gaya menumpu kaki siswa tersebut bagi tanah merupakan gaya eksternal berupa gaya tekan (\vec{F}_1). Sebagai akibat dari gaya tekan kaki tersebut, tanah memberikan gaya internal yang sama besar tetapi arahnya berlawanan dengan gaya tekan kaki tersebut (\vec{F}_2). Peristiwa ini sama persis seperti yang dialami oleh suatu bangunan ketika telah dibangun dan digunakan. Ketika bangunan telah digunakan, bangunan memberikan gaya eksternal kepada tanah, dan tanah merespon gaya tersebut dengan besar yang sama. Gaya ini kemudian yang sering disebut dengan daya dukung tanah.



Gambar 11. Diagram benda bebas kaki siswa
Sumber: <https://upload.wikimedia.org>

Jika dalam permainan tarik tambang tersebut, gaya tarik siswa baju biru (\vec{F}_1) lebih kecil dari pada gaya tarik lawan (\vec{F}_3), maka siswa tertarik ke daerah lawan dan mungkin jika tidak kuat siswa tersebut bisa terjungkal kedepan. Agar menghindari siswa tersebut terjungkal, maka ketika siswa menumpukan kakinya ke tanah, tanah juga memberikan gaya gesek ke tanah yang besarnya merupakan hasil penguraian gaya \vec{F}_1 ($\vec{F}_1 \cos \alpha$). Gaya gesek tersebut memberikan gaya yang arahnya berlawanan dengan gaya $\vec{F}_1 \cos \alpha$. Jika gaya tarik siswa baju biru (\vec{F}_1) sama dengan gaya tarik lawan (\vec{F}_3) maka mereka tidak akan terjadi gerakan dan kondisinya dalam keadaan seimbang. Pemahaman tentang adanya gaya eksternal dan gaya internal sangatlah penting mengingat kesetimbangan akan menjadi kunci dari semua perencanaan sebuah struktur agar kokoh dan stabil. Tali yang digunakan untuk tarik tambang juga mengalami hal yang sama dengan siswa baju biru. Tali yang digunakan tarik tambang juga memberikan gaya internal dari akibat gaya eksternal berupa tarikan dari kedua tim yang sedang berlomba. Besarnya gaya yang bisa diterima tali tersebut akan dipelajari dalam mekanika bahan.

Ayo uji pemahaman kalian!

- Tulislah jawaban kalian di lembar ini! Jika tidak muat, kalian bisa memperbanyak lembar jawaban ini dan tempel di lembar latihan ini!

This image shows a full page of white paper with horizontal grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for handwriting practice or general writing. There are no margins, text, or other markings on the page.

[illegible]

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

LEMBAR PENILAIAN AUTENTIK

ASPEK YANG DINILAI	B	C	K	KOMENTAR GURU
Keaktifan dalam diskusi				
Antusiasme bertanya				
Perhatian dalam proses pembelajaran				
Kemandirian dalam mengerjakan tugas individu				
Keaktifan dalam mengeksplorasi materi secara individu				
Kemampuan menyampaikan pendapat secara individu				
Kerja sama dengan individu lain dalam diskusi				

Keterangan:

B : Baik

C : Cukup

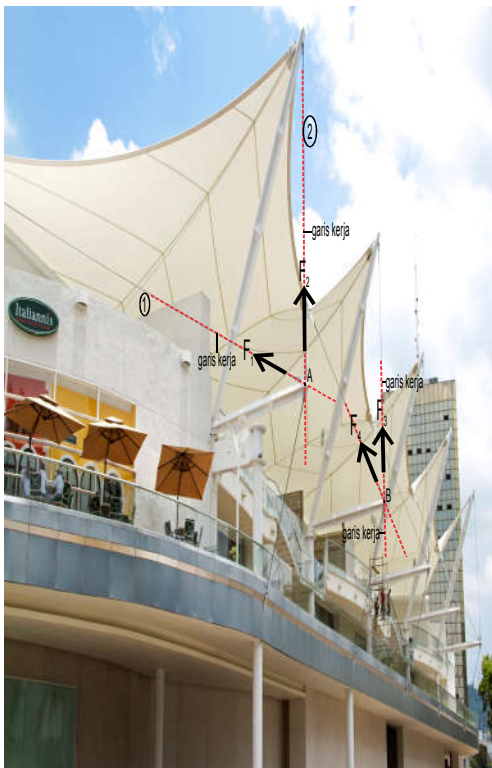
K : Kurang

[illegible]

3

GAYA KOLINIER DAN GAYA KONKUREN

A. PENDAHULUAN



Gambar 12. Contoh penerapan gaya kolinier dalam konstruksi

Sumber: <https://c767204.ssl.cf2.rackcdn.com>

Setelah mempelajari materi sebelumnya tentang apa itu gaya, dan bagaimana sifat-sifat gaya seperti memiliki titik tangkap, memiliki arah dan besaran, maka selanjutnya kalian akan mempelajari tentang komposisi gaya. Dalam suatu struktur mungkin bekerja lebih dari satu gaya dan susunannya juga bermacam-macam. Untuk mengenalkan sebagian kemungkinan susunan gaya dalam struktur bangunan, perhatikan beberapa gambar yang akan di gambarkan berikut. Perhatikan Gambar 12 berikut. Gambar di samping merupakan sebuah konstruksi membran yang memiliki beberapa kabel yang ikut memberikan kestabilan pada struktur membran tersebut. Ketika struktur tersebut bekerja sebuah gaya, katakanlah sebuah gaya yang timbul akibat hembusan angin, hembusan angin tersebut memberikan gaya luar terhadap struktur membran tersebut. Akibat gaya luar tersebut, struktur membran meberikan respon berupa gaya dalam sebagai akibat adanya gaya luar. Kita tinjau pada kabel yang diberi notasi 1 dan 2. Jika tegangan tali ditinjau dari titik A, maka kabel 1 mengalami tegangan tali sebesar \vec{F}_1 dan kabel 2 mengalami tegangan tali sebesar \vec{F}_2 dengan arah seperti pada Gambar 12.

Jika kita tinjau gaya \vec{F}_1 memiliki garis kerja yang berpotongan dengan garis kerja gaya \vec{F}_2 di titik A. Gaya tegangan tali tersebut merupakan salah satu contoh gaya yang konkuren. Berdasarkan gambaran tadi coba diskusikan bersama teman sebangku apa yang dimaksud dengan gaya konkuren menurut kalian?

Setelah itu kita akan mengetahui salah satu contoh susunan gaya yang mungkin terjadi. Lihat Gambar 13 di samping. Kita lihat ada lampu yang digantung dengan sebuah kabel yang dihubungkan ke langit-langit. Lampu yang digantung tersebut memiliki berat. Karena lampu tersebut memiliki berat, maka lampu tersebut memiliki arah gaya ke bawah sebagai akibat dari pengaruh gaya gravitasi (gaya berat \vec{F}_2). Kemudian kita lihat lampu tersebut digantungkan dengan seutas kabel agar tidak jatuh kebawah. Karena kabel tersebut menahan gaya berat dari lampu, maka kabel tersebut mengalami tegangan tali yang jika kita tinjau dari lampu memiliki arah gaya yang berlawanan dengan arah gaya berat lampu tersebut (\vec{F}_1). Gaya \vec{F}_1 dan \vec{F}_2 tersebut memiliki garis kerja yang terletak pada satu garis lurus. Susunan gaya seperti ini disebut dengan gaya kolinier.

Berdasarkan gambaran tadi coba diskusikan bersama teman sebangku apa yang dimaksud dengan gaya kolinier menurut kalian? Kemudian kita lihat Gambar 14 di samping. Dalam mempelajari materi gaya lebih lanjut kita akan mempelajari tentang kesetaraan gaya. Bersama teman sebangkumu amati Gambar 14 berikut. Kita melihat pekerja laki-laki sedang mengangkat kusen kayu yang artinya pekerja tersebut memberikan gaya terhadap kusen tersebut (\vec{F}_1) kearah atas dan memiliki titik tangkap gaya di titik A. Jika pekerja tersebut mengubah titik tangkap gayanya di titik B (dengan mengubah letak ia memegang kusen tersebut dari titik A ke titik B) dengan besar gaya yang sama sebesar \vec{F}_1 serta arah gaya yang sama (mengarah ke atas), apakah pengaruhnya terhadap kusen tersebut berbeda apakah masih sama seperti ketika memiliki titik tangkap di titik A atau tidak? Berdasarkan contoh tersebut, coba definisikan apa yang dimaksud dengan kesetaraan gaya kemudian presentasikan jawaban kalian di depan kelas!



Gambar 13. Sebuah lampu yang digantungkan dengan seutas kabel sering kita jumpai dan merupakan salah satu contoh gaya yang kolinier.

Sumber: <http://onedekalb.com>



Gambar 14. Dua orang pekerja sedang memindahkan kusen pintu

Sumber: <https://c1.staticflickr.com>

[illegible]

[illegible]

Ayo uji pemahaman kalian!

- Tulislah jawaban kalian di lembar ini! Jika tidak muat, kalian bisa memperbanyak lembar jawaban ini dan tempel di lembar latihan ini!

[illegible]

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

LEMBAR PENILAIAN AUTENTIK

ASPEK YANG DINILAI	B	C	K	KOMENTAR GURU
Keaktifan dalam diskusi				
Antusiasme bertanya				
Perhatian dalam proses pembelajaran				
Kemandirian dalam mengerjakan tugas individu				
Keaktifan dalam mengeksplorasi materi secara individu				
Kemampuan menyampaikan pendapat secara individu				
Kerja sama dengan individu lain dalam diskusi				

Keterangan:

B : Baik

C : Cukup

K : Kurang

[illegible]

4

GAYA YANG SETARA

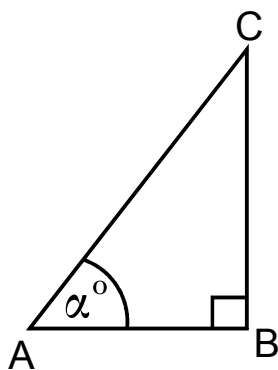
(mencari resultan dan mengurai gaya)

A . PENDAHULUAN

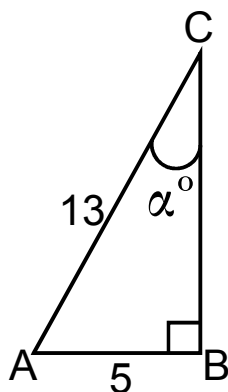
AYO CEK KEMAMPUAN PRASYARAT

Sebelum mempelajari materi subbab selanjutnya, untuk baiknya kerjakanlah soal-soal berikut ini di buku latihan Anda. Jika anda berhasil mengerjakan dengan baik, Anda akan mudah mempelajari materi berikutnya.

1. Nyatakan $\sin \alpha$, $\cos \alpha$, dan $\tan \alpha$ dalam perbandingan dua sisi dari segitiga ABC di samping (Gambar 15)!
2. Untuk segitiga siku-siku di samping ini (Gambar 16), tentukan nilai $\sin \alpha$, $\cos \alpha$, dan $\tan \alpha$!
3. Tuliskan rumus kosinus dan sinus dalam suatu segitiga sembarang, misalnya segitiga ABC!



Gambar 15. Segitiga siku-siku ABC

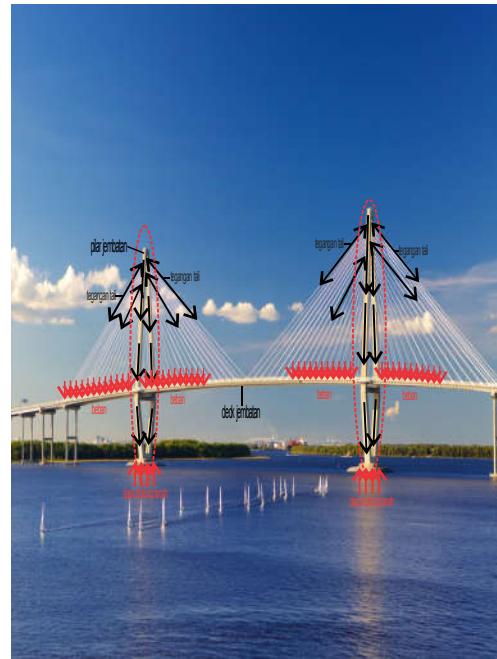


Gambar 16. Segitiga siku-siku ABC

Setelah mengetahui gambaran umum apa itu gaya dan apa kontribusinya dalam dunia konstruksi, maka kita akan mempelajari gaya lebih jauh lagi. Dalam dunia konstruksi, gaya yang bekerja pada sebuah struktur tidak hanya satu, akan tetapi gaya yang bekerja sangat beragam dan memiliki arah dan besar gaya yang berbeda-beda. Kita butuh beberapa jenis pengoperasian agar dapat menunjukkan bagaimana gaya tersebut berpengaruh terhadap sebuah struktur. Apakah kalian pernah mengamati sebuah jembatan jenis *cable stayed* seperti pada Gambar 17 di samping? Jembatan tersebut merupakan jembatan Ravenel yang terletak di selatan Carolina, Amerika Serikat. Jembatan ini menghubungkan kota Charleston dengan gunung Pleasant membentang diatas sungai Cooper. Di Indonesia sendiri sudah ada jembatan dengan struktur yang hampir sama seperti jembatan Ravenel tersebut. Jembatan Borelang merupakan jembatan jenis *cable stayed* yang berada di Indonesia yang memiliki struktur hampir sama dengan jembatan Ravenel.

Coba kita perhatikan jembatan di samping. Komponen utama jembatan *cable stayed* ada tiga yaitu bagian kabel, menara atau pilar jembatan dan bagian *deck*. Beban yang dihasilkan oleh kendaraan diterima oleh *deck* jembatan. Beban ini nantinya akan disalurkan menara atau pilar jembatan melalui kabel yang menghubungkan *deck* dengan menara. Karena kabel tersebut mendapat gaya tarik karena menahan beban dari *deck* jembatan, maka tali tersebut mengalami tegangan tali pada masing-masing tali yang terpasang. Kemudian masing-masing kabel jembatan menyalurkan gayanya ke menara jembatan yang membuat menara jembatan tertekan kebawah akibat menerima gaya dari kabel tersebut dan kemudian gaya tersebut diteruskan ke bagian pondasi jembatan. kemudian beban dari pondasi tersebut di terima oleh tanah dan tanah memberikan reaksi berupa daya dukung tanah sebagai akibat dari beban jembatan yang bekerja pada tanah.

Agar mudah dalam memahami bagaimana jembatan tersebut menyalurkan beban ke tanah, perhatikan Gambar 18 di samping. Ember yang berisi air memiliki berat yang arahnya. Ketika kalian mengangkat ember tersebut, maka kalian memberikan gaya kepada ember tersebut dengan arah yang berlawanan dengan gaya berat ember tersebut. Ketika tangan anda mengangkat ember tersebut, tangan kalian merasa seperti tertarik karena telapak tangan kalian menerima gaya berat ember dan lengan kalian menahan berat ember dengan arah yang berlawanan. Tangan kalian dapat menjadi gambaran bagaimana tali pada jembatan bekerja menerima beban dari *deck* jembatan. Sedangkan badan kalian menerima beban dari ember tersebut dan menyalurkannya ke kaki. Ketika mengangkat ember, maka badan anda terasa tertekan kebawah. Badan kalian dapat menggambarkan bagaimana pilar jembatan menerima dan menyalurkan beban ke pondasi dan kaki anda dapat menjadi gambaran bagaimana pondasi jembatan bekerja. Menara jembatan harus kuat dalam menerima semua gaya yang disalurkan oleh setiap kabel yang dipasang, itu artinya, menara tersebut harus kuat menerima banyak gaya. Untuk mengetahui seberapa besar gaya yang diterima menara tersebut, kita harus bisa menjumlahkan seluruh gaya yang ada agar dapat diketahui berapa besar gaya yang diterima.



Gambar 17. Jembatan jenis *cable stayed*
 Sumber: <https://a.travel-assets.com>



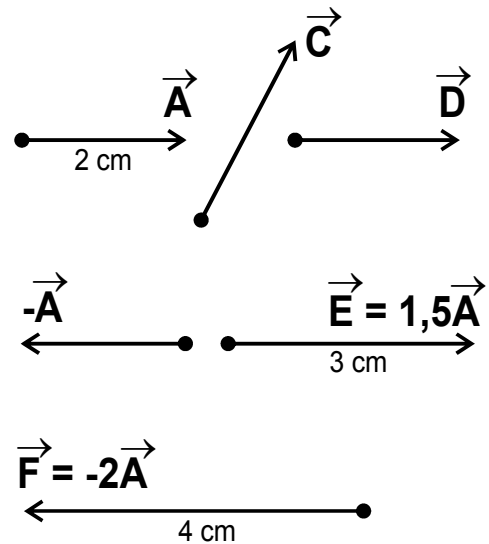
Gambar 18. Seseorang yang sedang mengangkut air menggunakan dua ember tersebut menyalurkan berat ember melalui tangan dan disalurkan ke badannya dan kemudian ke kakinya. Kakinya akan mendapat gaya perlawanan dari tanah yang arahnya berlawanan dengan gaya tekan kaki tersebut.

Sumber: <https://cdn9.dissolve.com>

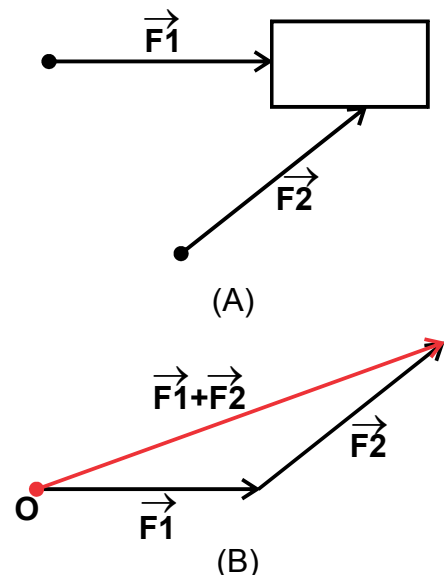
GAYA SEARAH, GAYA BERLAWANAN, DAN MENCARI RESULTAN (METODE GRAFIS)

Kita mulai dengan kasus menjumlahkan dua buah vektor. Misalkan sebuah benda didorong oleh dua anak dengan vektor gaya masing-masing anak adalah \vec{F}_1 dan \vec{F}_2 , seperti ditunjukkan pada Gambar 20(A). Ke arah manakah benda itu akan berpindah? Tentu saja, benda tidak akan berpindah searah dengan \vec{F}_1 atau searah dengan \vec{F}_2 . Dalam kasus seperti ini maka benda akan berpindah searah dengan $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Operasi ini disebut jumlah vektor.

Cara melukis jumlah dua buah vektor adalah dengan metode segitiga. Pertama, lukislah salah satu vektor, misalnya \vec{F}_1 . Kemudian lukis vektor kedua, \vec{F}_2 , dengan titik tangkapnya berimpit dengan ujung vektor pertama, \vec{F}_1 . Jumlah kedua vektor, yaitu $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ adalah anak panah yang menghubungkan titik tangkap vektor pertama ke ujung vektor kedua. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 20(B). Cara melukis selisih vektor pada prinsipnya sama seperti cara melukis penjumlahan. Sebagai contoh, selisih dua buah vektor \vec{A} dan \vec{B} ditulis $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$ dapat kita tuliskan sebagai $\vec{C} = \vec{A} + (-\vec{B})$. Ini berarti bahwa selisih antara vektor \vec{A} dan \vec{B} sama saja dengan penjumlahan vektor arah \vec{A} dan $-\vec{B}$, dengan $-\vec{B}$ adalah vektor yang berlawanan arah dengan \vec{B} tetapi besarnya sama dengan \vec{B} . Jadi, untuk melukis $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$, pertama kita lukis dahulu vektor \vec{A} , kemudian kita lukis vektor $-\vec{B}$ (vektor yang diperoleh dengan membalik arah \vec{B}) dengan pangkalnya berada di ujung vektor \vec{A} , maka selisih vektor $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$ adalah anak panah yang menghubungkan pangkal \vec{A} ke ujung $-\vec{B}$, seperti ditunjukkan pada Gambar 21. Bagaimana jika anda diminta melukis vektor resultan lebih dari dua buah vektor? Misalkan seorang anak mendorong 3,5 N seperti vektor \vec{A} , dilanjutkan dengan mendorong lagi dengan gaya 2,5 N seperti vektor \vec{B} , dan akhirnya ia mendorong lagi dengan gaya 1,5 N seperti vektor \vec{C} (lihat Gambar 22). Anda diminta melukis vektor resultan yang telah dilakukan anak tersebut. Untuk menggambar vektor resultan lebih dari dua vektor, anda tidak dapat menggunakan metode segitiga.

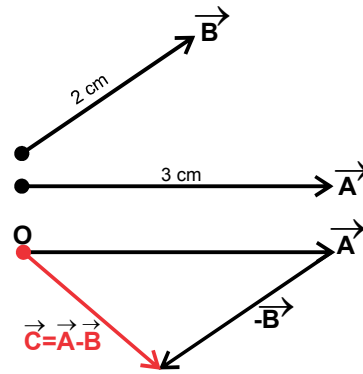


Gambar 19. Beberapa vektor dengan besar dan arah tertentu

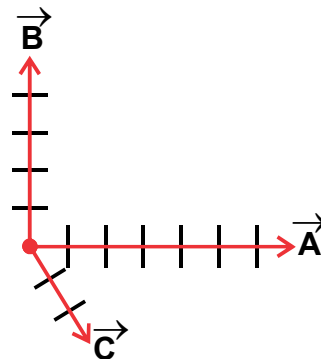


Gambar 20. Melukis jumlah dua buah vektor dengan metode segitiga.

Untuk menggambar vektor resultan gaya \vec{A} , \vec{B} , dan \vec{C} pada Gambar 23, anda harus menggunakan metode poligon (metode segi banyak) yang merupakan perluasan dari metode segitiga. Langkah-langkah untuk menggambar vektor resultan $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$ dengan metode poligon adalah sebagai berikut. Pertama, lukis vektor \vec{A} . Kedua, lukis vektor \vec{B} di ujung vektor \vec{A} . Ketiga, lukis vektor \vec{C} di ujung vektor \vec{B} . Akhirnya, anda dapat memperoleh vektor $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$ dengan cara menghubungkan pangkal vektor pertama \vec{A} ke ujung vektor terakhir \vec{C} (lihat Gambar 23). Jika anda amati vektor resultan \vec{R} pada Gambar 23 secara seksama, hal apakah yang dapat anda temukan? Akan anda peroleh bahwa vektor resultan dalam metode poligon selalu merupakan vektor yang menutup. Pada Gambar 23, vektor \vec{A} , \vec{B} dan \vec{C} saling bersambungan, dan vektor resultan \vec{R} yang menutup sambungan di ujung vektor \vec{C} . Jadi, jika diberi gambar suatu poligon vektor dan anda diminta menentukan vektor yang merupakan vektor resultan, maka pertama carilah dua anak panah vektor yang ujungnya saling bertemu. Kemudian telusuri anak panah vektor mana yang menutup poligon.



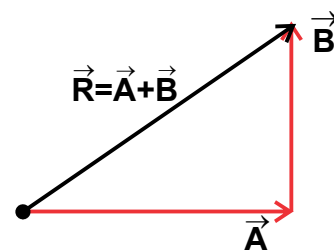
Gambar 21. Selisih antara vektor \vec{A} dan \vec{B} , yaitu $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$ yang dilukis dengan metode segitiga



Gambar 22. Tiga vektor gaya yang dilakukan seorang anak

MELUKIS RESULTAN DENGAN METODE POLIGON

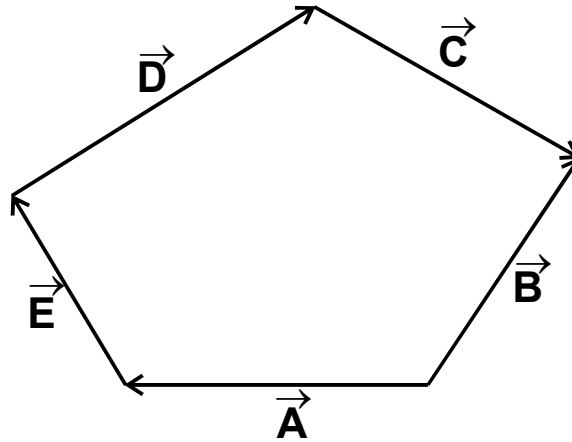
1. Lukislah salah satu vektor (sebut vektor pertama)
2. Lukislah vektor kedua dengan pangkalnya di ujung vektor pertama dan yakinkan bahwa anda telah melukis arah vektor kedua dengan tepat. Lukislah vektor ketiga dengan pangkalnya di ujung vektor kedua dan seterusnya sampai semua vektor yang akan dijumlahkan telah dilukis.
3. Vektor resultan (vektor hasil penjumlahan) diperoleh dengan menghubungkan pangkal vektor pertama ke ujung vektor terakhir (lihat Gambar 23)



Gambar 23. Menggambar vektor resultan gaya $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$, dengan vektor \vec{A} dilukis terlebih dahulu.

Latihan 6

Ayo uji pemahaman kalian!



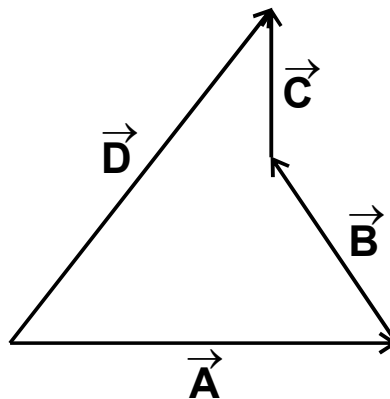
Gambar (a). Vektor \vec{A} , \vec{B} , \vec{C} , \vec{D} dan \vec{E}

1. Perhatikan Gambar (a) diatas, manakah pernyataan di bawah ini yang benar?

- (a) $\vec{A} + \vec{E} + \vec{D} + \vec{C} = \vec{B}$
- (b) $\vec{B} + \vec{C} + \vec{D} + \vec{E} = \vec{A}$
- (c) $\vec{D} + \vec{E} + \vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$

Strategi:

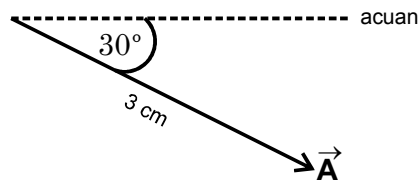
Untuk menentukan vektor resultan dalam suatu poligon, carilah dahulu dua anak panah yang ujungnya bertemu. Kemudian telusuri anak panah mana yang menutup poligon.



Gambar (b). Vektor \vec{A} , \vec{B} , \vec{C} , dan \vec{D}

2. Perhatikan Gambar (b) diatas. Yang merupakan vektor resultan adalah

- (A) \vec{A}
- (B) \vec{B}
- (C) \vec{C}
- (D) \vec{D}
- (E) 0

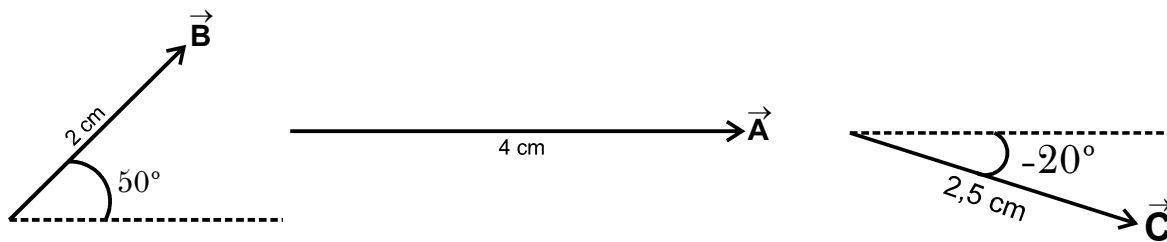


Gambar (c). Vektor \vec{A}

3. Vektor \vec{A} digambarkan seperti Gambar (c) di atas. Gambarkanlah vektor-vektor berikut!

(A) Vektor \vec{B} , dimana besarnya sama dengan vektor \vec{A} ($\vec{B} = \vec{A}$)

(B) Vektor \vec{C} , dimana besarnya sama dengan $-\vec{A}$ ($\vec{C} = -\vec{A}$)



Gambar (d). Vektor \vec{A} , \vec{B} , dan \vec{C}

4. Diketahui vektor-vektor \vec{A} , \vec{B} , dan \vec{C} seperti Gambar (d) diatas. Lukislah vektor-vektor berikut!

(A) $\vec{A} + \vec{B}$

(B) $\vec{A} + \vec{C}$

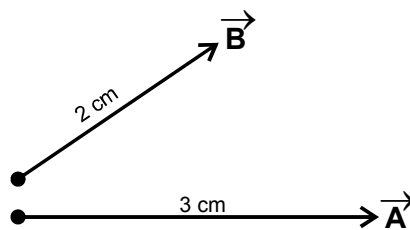
(C) $\vec{A} - \vec{B}$

(D) $\vec{A} - \vec{C}$

(E) Vektor \vec{P} dimana vektor $\vec{P} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$ (menggunakan metode poligon)

(F) Vektor \vec{Q} dimana vektor $\vec{Q} = \vec{A} - \vec{B} + \vec{C}$ (menggunakan metode poligon)

(G) Vektor \vec{R} dimana vektor $\vec{R} = \vec{A} - \vec{B} - \vec{C}$ (menggunakan metode poligon)



Gambar (e). Vektor \vec{A} dan \vec{B}

5. Diketahui vektor-vektor \vec{A} dan \vec{B} seperti Gambar (e) diatas. Lukislah vektor-vektor berikut!

(A) Vektor \vec{P} dimana vektor $\vec{P} = \vec{A} + \vec{B}$

(B) Vektor \vec{Q} dimana vektor $\vec{Q} = \vec{B} + \vec{A}$

(C) Vektor \vec{C} dimana vektor $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$

(D) Vektor \vec{D} dimana vektor $\vec{D} = \vec{B} - \vec{A}$

(E) Bandingkanlah gambar vektor \vec{P} dan \vec{Q} yang telah anda lukis pada langkah (A) dan (B).

Apakah pada penjumlahan vektor berlaku hukum komutatif? Berikan komentar anda!

(F) Bandingkan vektor selisih \vec{C} dan \vec{D} yang telah anda lukis pada langkah (C) dan (D). Apakah pada selisih vektor berlaku hukum komutatif? Berikan komentar anda!

[illegible]

[illegible]

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

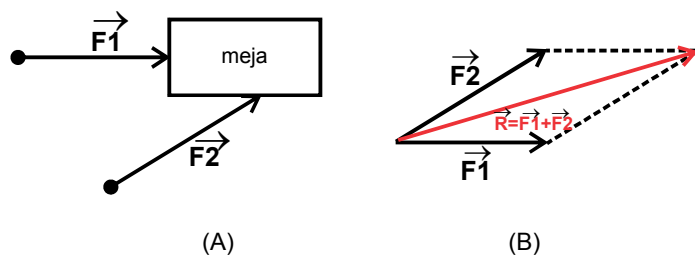
BAGAIMANAKAH METODE JAJARGENJANG ITU?

Selain dengan metode poligon (atau segitiga), anda juga dapat menggambarkan vektor resultan dengan menggunakan metode jajargenjang. Cara menggambar vektor resultan dengan menggunakan metode jajargenjang ditunjukkan dalam kotak berikut ini.

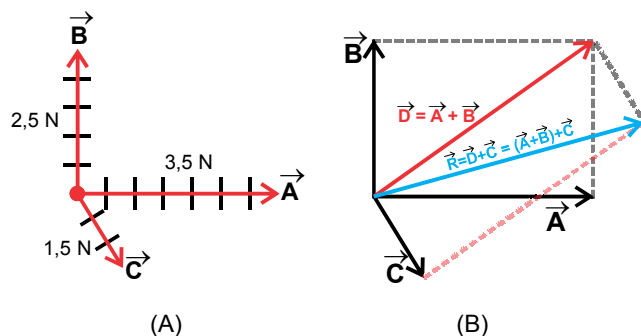
MELUKIS VEKTOR RESULTAN DENGAN METODE JAJARGENJANG

Aturan melukis penjumlahan vektor (resultan) dengan metode jajargenjang adalah sebagai berikut.

1. Lukislah vektor pertama dan vektor kedua dengan titik pangkal berimpit.
2. Lukislah sebuah jajargenjang dengan kedua vektor itu sebagai sisi-sisinya.
3. Vektor resultan adalah diagonal jajargenjang yang titik pangkalnya sama dengan titik pangkal kedua vektor (lihat Gambar 24(A) dan Gambar 24(B)).



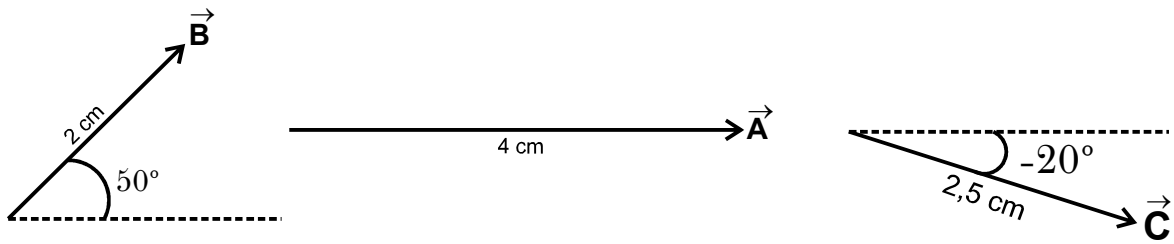
Gambar 24. Menggambar vektor resultan $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ dengan metode jajargenjang



Gambar 25. Menggambar vektor resultan $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$ dengan metode jajargenjang. Mula-mula dilukis $\vec{D} = \vec{A} + \vec{B}$ dilanjutkan dengan $\vec{R} = \vec{D} + \vec{C}$.

Pada Gambar 24(B) ditunjukkan metode jajargenjang untuk menggambar vektor resultan dari dua buah vektor gaya \vec{F}_1 dan \vec{F}_2 , dan pada Gambar 25(B) ditunjukkan metode jajargenjang untuk menggambar vektor resultan dari tiga buah vektor perpindahan \vec{A} , \vec{B} , dan \vec{C} .

Ayo uji pemahaman kalian!



1. Diketahui vektor-vektor \vec{A} , \vec{B} , dan \vec{C} seperti pada gambar diatas. Lukislah vektor-vektor berikut menggunakan metode jajargenjang!
(a) Vektor \vec{P} dimana vektor $\vec{P} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$
(b) Vektor \vec{Q} dimana vektor $\vec{Q} = \vec{A} - \vec{B} + \vec{C}$
(c) Vektor \vec{R} dimana vektor $\vec{R} = \vec{A} - \vec{B} - \vec{C}$
2. Diskusikan dengan teman sebangku anda, manakah yang lebih efektif dalam menggambarkan vektor resultan dari dua buah vektor atau lebih: metode poligon ataukah metode jajargenjang? Berikan alasan anda!
3. Perbedaan utama antara besaran skalar dan besaran vektor adalah dalam hal arah. Diskusikan dan jelaskan pernyataan tersebut dengan memberi contoh bersama teman sebangkumu!

Tulislah jawaban kalian di lembar ini! Jika tidak muat, kalian bisa memperbanyak lembar jawaban ini dan tempel di lembar latihan ini!

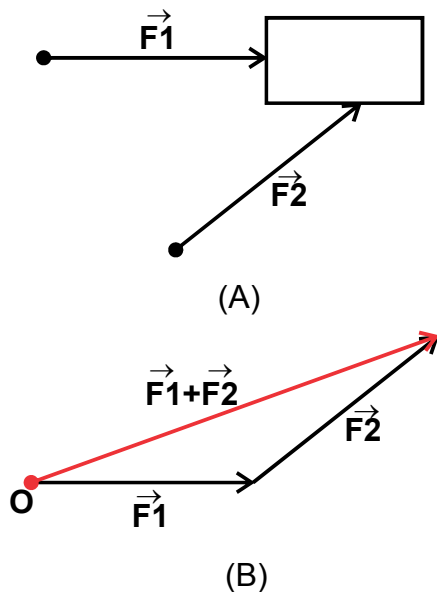
This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the entire width of the page. There are no margins, text, or other markings present.

[illegible]

[illegible]

MENENTUKAN VEKTOR RESULTAN DENGAN CARA VEKTOR KOMPONEN

Ada dua metode yang dapat anda gunakan untuk menentukan (besar dan arah) vektor resultan (vektor jumlah): metode grafis dan metode analitis. Anda dapat melukis vektor resultan dari dua vektor atau lebih dengan metode poligon. Besar vektor resultan dapat anda peroleh dengan mistar, dan arahnya terhadap suatu acuan (biasanya diambil sebagai sumbu x) dapat anda ukur dengan busur derajat. Menentukan vektor resultan dengan cara mengukur (bukan menghitung dengan rumus) seperti inilah yang disebut metode grafis. Sedangkan menentukan vektor resultan secara eksak dengan menggunakan rumus (bukan dengan mengukur) disebut metode analitis. Salah satu metode analitis menentukan vektor resultan dengan menggunakan vektor komponen.

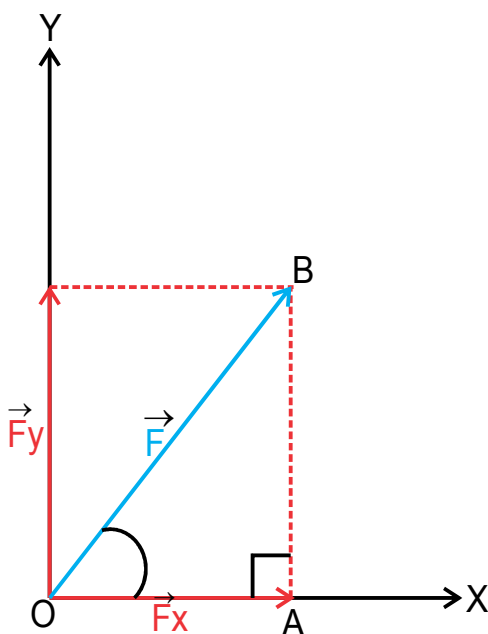


Gambar 26. Melukis jumlah dua buah vektor dengan metode segitiga.

Jika anda tinjau ulang lukisan jumlah vektor $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ pada Gambar 26, anda dapat juga mengatakan hal kebalikannya, yaitu vektor $(\vec{F}_1 + \vec{F}_2)$ dapat anda uraikan dalam sebuah bidang datar menjadi dua vektor komponen \vec{F}_1 dan \vec{F}_2 . Di sini kita batasi pembahasan kita tentang uraian sebuah vektor dalam bidang datar menjadi dua vektor komponen yang saling tegak lurus.

Setiap vektor selalu dapat kita uraikan menjadi dua vektor yang saling tegak lurus. Vektor pertama terletak pada sumbu x, kita sebut vektor komponen pada sumbu x. Vektor kedua terletak pada sumbu y, kita sebut vektor komponen pada sumbu y.

Pada Gambar 27 ditunjukkan sebuah vektor \vec{F} yang dapat kita uraikan menjadi komponen pada sumbu x, \vec{F}_x , dan komponen pada sumbu y, yaitu \vec{F}_y . Misalkan sudut antara vektor \vec{F} dengan sumbu x positif adalah α , maka besar komponen-komponen \vec{F}_x dan \vec{F}_y dapat kita peroleh dari perbandingan sinus dan kosinus dalam segitiga siku-siku OAB (lihat Gambar 27).



Gambar 27. Uraian vektor F menjadi komponen pada sumbu X, F_x , dan komponen pada sumbu Y, F_y

$$\cos \alpha^\circ = \frac{\vec{F}_x}{\vec{F}} \quad \vec{F}_x = \vec{F} \cos \alpha^\circ$$

$$\sin \alpha^\circ = \frac{\vec{F}_y}{\vec{F}} \quad \vec{F}_y = \vec{F} \sin \alpha^\circ$$

Kita akan berlatih bagaimana cara menguraikan gaya. Kita sering menguraikan gaya menjadi komponen-komponen pada arah sumbu x dan y agar proses penjumlahan gaya lebih mudah dan praktis. Kita ketahui sebelumnya bahwa ketika kita mempelajari tentang struktur, kita akan mempelajari salah satu pengoperasian vektor. Sebagai contoh kita akan meninjau struktur kabel crane pada Gambar 28 yang dilingkari. Kita akan berlatih bagaimana menguraikan tegangan kabel crane tersebut menjadi komponen x dan y terlebih dahulu.

Gaya tegangan kabel kita gambarkan dengan menggunakan diagram xy seperti Gambar 29. Vektor gaya yang searah dengan sumbu x kita beri nama \vec{F}_x , sedangkan vektor gaya yang searah sumbu y kita beri nama \vec{F}_y . Kita ketahui bahwa sebuah gaya dengan komponen sumbu x dan y nya selalu membentuk segitiga siku-siku. Besarnya tegangan tali crane diketahui sebesar 25 kN dan membentuk sudut 37° terhadap sumbu x. Ketika telah diketahui besarnya gaya dan arah gaya, kita akan lebih mudah menentukan besarnya \vec{F}_x dan \vec{F}_y dengan menggunakan rumus trigonometri. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

$$\sin(37^\circ) = \frac{(\dots\dots\dots)}{(\dots\dots\dots)}$$

$$\vec{F}_y = (\dots\dots\dots)(\dots\dots\dots)$$

$$\vec{F}_y = \dots\dots\dots$$

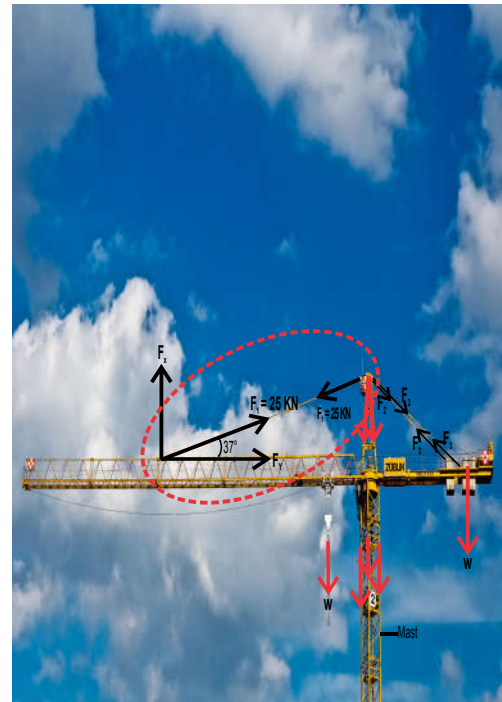
$$\cos(37^\circ) = \frac{(\dots\dots\dots)}{(\dots\dots\dots)}$$

$$\vec{F}_x = (\dots\dots\dots)(\dots\dots\dots)$$

$$\vec{F}_x = \dots\dots\dots$$

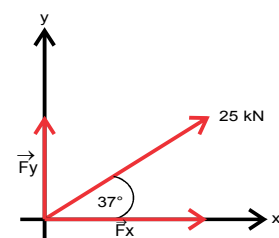
Setelah kalian menjawab pertanyaan diatas maka didapat besarnya \vec{F}_x dan \vec{F}_y sebesar.....

Setelah kalian menjawab pertanyaan diatas, maka anda telah menemukan besarnya \vec{F}_x dan \vec{F}_y . Kemudian karena telah disinggung sebelumnya, sekarang buktikan apakah besarnya $(25^2) = (\vec{F}_x^2) + (\vec{F}_y^2)$?

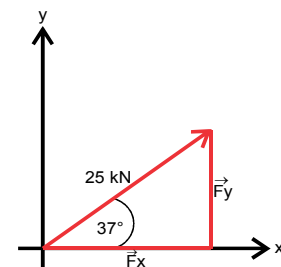


Gambar 28. Crane yang salah satu kabelnya mengalami tegangan tali sebesar 25 kN dan akan dicari komponen gaya pada sumbu x dan sumbu y

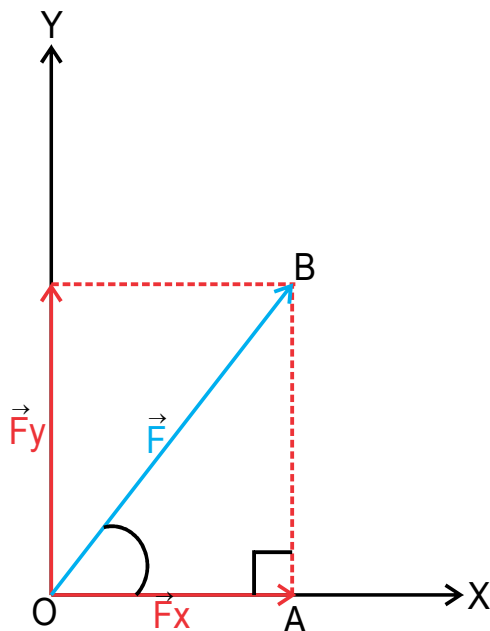
Sumber: <https://get.pxhere.com>



Gambar 29. Gaya tegangan tali pada crane yang digambarkan dalam bidang datar



Gambar 30. Mencari nilai \vec{F}_x dan \vec{F}_y dengan metode segitiga karena vektor \vec{F} selalu membentuk segitiga siku-siku dengan komponen vektornya pada sumbu x dan y.



Gambar 31. Uraian vektor \vec{F} menjadi komponen pada sumbu X, \vec{F}_x , dan komponen pada sumbu Y, \vec{F}_y

BAGAIMANA BESAR DAN ARAH VEKTOR JIKA KEDUA VEKTOR KOMPONENNYA DIKETAHUI?

Misalkan sebuah vektor \vec{F} memiliki komponen-komponen \vec{F}_x dan \vec{F}_y . Besar vektor \vec{F} dapat kita cari dengan menggunakan dalil Pythagoras pada segitiga siku-siku, dan arah vektor dapat kita cari dengan menggunakan perbandingan trigonometri tangen (lihat Gambar 31)

Besar vektor (\vec{F})

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Arah vektor

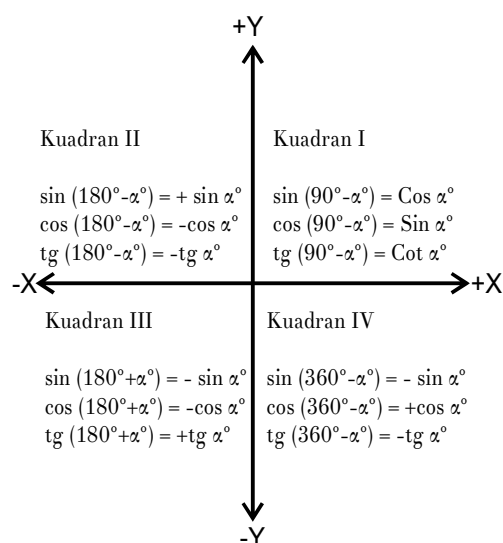
$$\text{Tg } \alpha = \frac{\vec{F}_y}{\vec{F}_x}$$

Untuk menentukan besar vektor anda langsung dapat menggunakan persamaan untuk mencari besar vektor dan ingat \vec{F} selalu positif. Sedangkan untuk menentukan arah vektor (sudut yang dibentuk terhadap sumbu x positif), anda harus memperhatikan tanda \vec{F}_x dan tanda \vec{F}_y , yang akan menentukan kuadran dari vektor dalam sistem koordinat.

Tabel di bawah dapat kalian gunakan untuk menentukan letak kuadran dari vektor tersebut.

Tabel 1. Letak kuadran dari sebuah vektor

Kuadran	Tanda			
	I	II	III	IV
\vec{F}_x	+	-	-	+
\vec{F}_y	+	+	-	-



Gambar 32. Nilai fungsi trigonometri di berbagai kuadran

Untuk memberi gambaran awal bagaimana cara mencari nilai resultan gaya jika diketahui gaya komponen pada sumbu x dan sumbu y, coba kerjakan bersama teman sebangku kalian contoh soal berikut.

Latihan 8

Ayo uji pemahaman kalian!

1. Bagaimana jika gaya yang diketahui merupakan komponen gaya sumbu x dan sumbu y nya seperti Gambar 33(A)? Gaya yang bekerja searah sumbu x sebesar 7 kN dan gaya yang bekerja searah sumbu y sebesar 9 kN. Kita akan mencari besarnya vektor gaya utama (vektor gaya berwarna biru) serta menentukan arah gayanya.
2. Untuk mengetahui besarnya gaya utama, kita harus menjumlahkan dua gaya tersebut. Ada dua cara untuk menjumlahkan dua gaya tersebut. Cara pertama yaitu dengan memindah gaya komponen pada sumbu x tanpa mengubah arah gayanya seperti Gambar 33(B). Kemudian letakkan ekor gaya komponen sumbu x tadi ke kepala gaya komponen sumbu y seperti menjumlahkan dua buah vektor dengan metode segitiga.
3. Atau dengan cara memindahkan gaya komponen pada sumbu y seperti Gambar 33(C). Cara memindahkannya sama, yaitu dengan memindahkan gaya komponen sumbu y tersebut dan meletakkan ekor gaya komponen sumbu y tersebut ke kepala gaya komponen sumbu x tanpa merubah arah gayanya. Nilai gaya \vec{F}_x dan \vec{F}_y semuanya positif, berarti vektor \vec{R} terletak pada kuadran I.

Setelah itu kita akan mencari besarnya gaya \vec{R} tersebut dengan menggunakan rumus phytagoras.

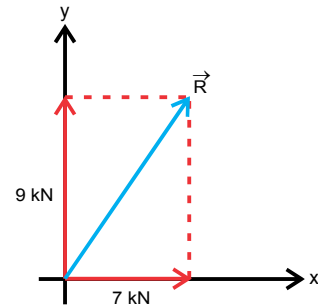
$$\vec{R}^2 = (\dots\dots)^2 + (\dots\dots)^2$$

$$\vec{R} = \sqrt{\dots\dots\dots}$$

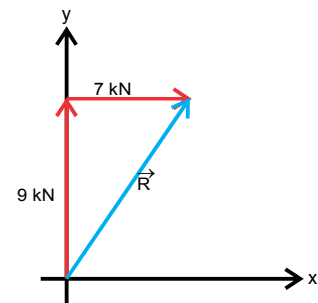
Sedangkan arah gaya tersebut kita cari:

$$\text{tg } (\alpha^\circ) = \frac{(\dots\dots)}{(\dots\dots)}$$

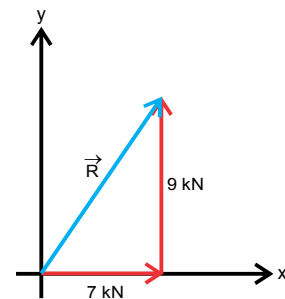
$$\alpha = \dots\dots^\circ$$



(A)



(B)

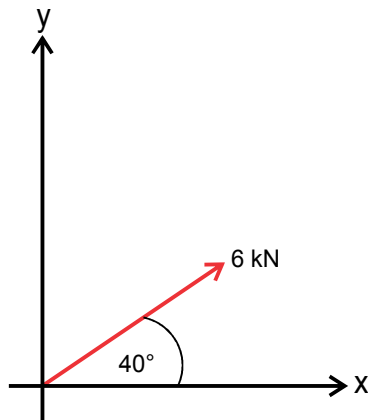


(C)

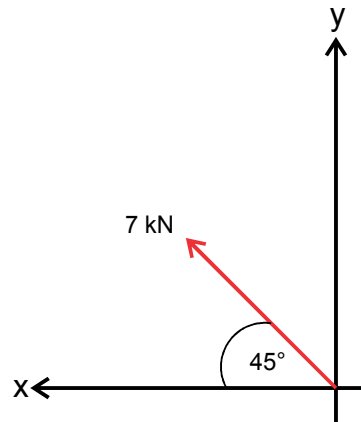
Gambar 33. Menentukan vektor resultan jika diketahui vektor komponen pada sumbu x dan vektor komponen pada sumbu y.

Latihan 9

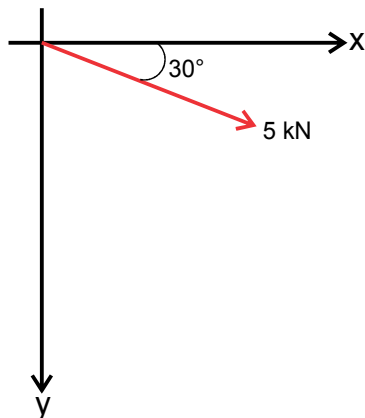
Ayo uji pemahaman kalian!



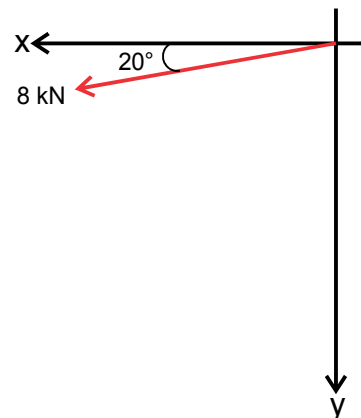
\vec{A}



\vec{C}



\vec{B}



\vec{D}

Selanjutnya kita akan belajar untuk mengerjakan soal penjumlahan dan pengurangan gaya. Diketahui vektor gaya \vec{A} , \vec{B} , \vec{C} dan \vec{D} . Besar dan arah gaya masing-masing gaya seperti pada gambar diatas, coba bersama teman sebangkumu kerjakan beberapa soal berikut:

1. $\vec{A} + \vec{B}$
2. $\vec{A} - \vec{B}$
3. $\vec{B} + \vec{C} + \vec{D}$
4. $\vec{B} - \vec{C} - \vec{D}$
5. $-\vec{A} - \vec{B}$
6. $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D}$

[illegible]

Ayo Uji Pemahamanmu!

(A) Manfaat apa yang bisa kalian dapatkan sebagai orang yang akan bekerja di dunia konstruksi kedepannya dengan mempelajari pengoperasian vektor? Coba kalian cari pemanfaatan ilmu tentang pengoperasian vektor yang kalian pelajari sebelumnya di sekitar kalian yang berkaitan dengan dunia konstruksi!

Tulislah jawaban kalian di lembar ini! Jika tidak muat, kalian bisa memperbanyak lembar jawaban ini dan tempel di lembar latihan ini!

[illegible]

This image shows a full page of primary-ruled paper. It features multiple sets of horizontal dashed lines, each set consisting of three lines (two outer lines and one middle line) to guide letter height and placement. The lines are evenly spaced across the entire page, providing a template for handwriting practice. There is no text or other markings on the paper.

LEMBAR PENILAIAN AUTENTIK

ASPEK YANG DINILAI	B	C	K	KOMENTAR GURU
Keaktifan dalam diskusi				
Antusiasme bertanya				
Perhatian dalam proses pembelajaran				
Kemandirian dalam mengerjakan tugas individu				
Keaktifan dalam mengeksplorasi materi secara individu				
Kemampuan menyampaikan pendapat secara individu				
Kerja sama dengan individu lain dalam diskusi				

Keterangan:

B : Baik

C : Cukup

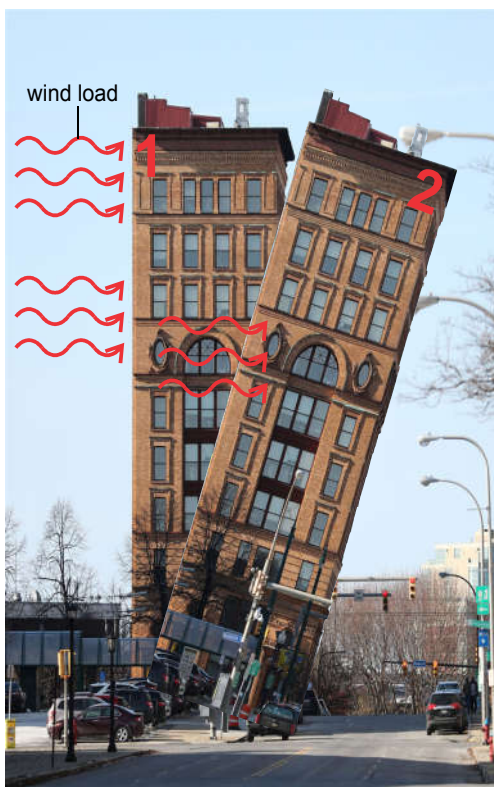
K : Kurang

[illegible]

5

KESEIMBANGAN

A. PENDAHULUAN



Gambar 34. Bangunan gedung bertingkat harus dapat menahan beban yang bekerja dan mempertahankan kesetimbangannya

Sumber: <https://images.buffalonews.com>

Keseimbangan gaya hampir sama dengan kesetaraan gaya, perbedaannya pada arah gayanya.

Pada kesetaraan gaya, antara gaya pengganti dengan gaya yang diganti arah yang dituju sama, sedangkan pada keseimbangan gaya, arah yang dituju berlawanan.

Dalam mempelajari mekanika teknik terutama mempelajari tentang struktur, keseimbangan gaya sangatlah penting untuk kita pahami sebelum mempelajari tentang struktur lebih lanjut. Keseimbangan yang akan dibahas di sini adalah keseimbangan statis dimana benda yang akan kita bahas merupakan benda yang tidak bergerak (statis). Perhatikan Gambar 34 di samping. Bangunan tersebut ketika terkena hembusan angin secara tidak langsung angin tersebut membebani bangunan (wind load). Sebuah bangunan harus direncanakan bisa menahan beban yang bekerja dan jika bangunan tersebut bergerak, bangunan tersebut harus bisa kembali ke posisi semula (stabil) seperti Gambar 34 nomor 1.

Bangunan tersebut harus bisa memberikan gaya reaksi (gaya tahanan) yang sama besar dan berlawanan arah dengan gaya yang diberikan oleh angin agar bisa tetap dalam posisinya. Jika bangunan tersebut tidak bisa memberikan gaya reaksi yang sama besar dengan gaya yang diberikan oleh angin maka bangunan tersebut akan terguling seperti gambar 34 nomor 2.

Untuk mempelajari keseimbangan kita akan mengganti dengan benda yang lebih mudah dipahami. Kita akan mengamati sebuah partikel. Agar sebuah partikel dalam keadaan seimbang maka resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut harus sama dengan nol. Perhatikan Gambar 36 di samping. Partikel tersebut dalam keadaan seimbang karena partikel tersebut memiliki resultan gaya sebesar nol karena gaya-gaya yang bekerja saling menghilangkan. Pada Gambar 37 kita mencoba untuk menghilangkan salah satu gayanya, maka yang akan terjadi partikel tersebut **bergerak** dan partikel tersebut tidak dalam keadaan seimbang karena benda tersebut memiliki resultan gaya yang tidak sama dengan nol dan gaya-gaya yang bekerja tidak saling menghilangkan. Kita bisa menuliskan keadaan keseimbangan statis seperti ini:

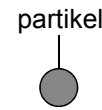
$$\sum F = 0$$

Maksud dari persamaan diatas adalah sebuah benda dikatakan dalam keadaan seimbang jika gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut sama dengan nol. Didalam bidang dua dimensi sebuah gaya didefinisikan kedalam arah sumbu x dan arah sumbu y. Jika kita meninjau benda dalam bidang dua dimensi maka persamaan keseimbangannya menjadi:

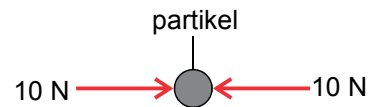
$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

Kita bisa menggunakan dua persamaan diatas untuk mencari suatu benda apakah dalam keadaan seimbang atau tidak. Persamaan diatas memiliki maksud bahwa sebuah benda dikatakan seimbang jika gaya-gaya yang bekerja dalam arah sumbu x dan arah sumbu y harus bernilai sama dengan nol.



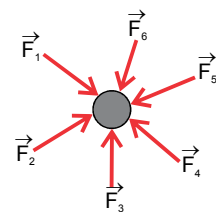
Gambar 35. Sebuah partikel yang belum mendapat gaya luar



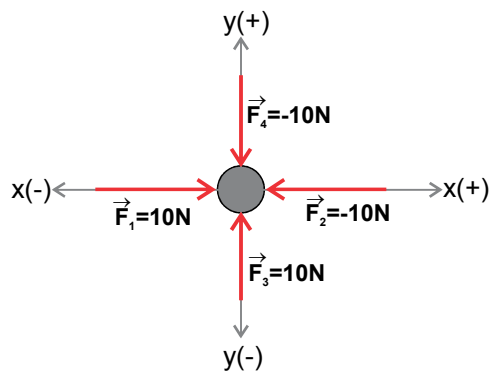
Gambar 36. Sebuah partikel yang sedang bekerja dua buah gaya. Gaya pertama sebesar 10 N ke arah kanan dan gaya kedua sebesar 10 N ke arah kiri



Gambar 37. Partikel mulai bergerak ke kanan ketika gaya 10 N ke arah kiri dihilangkan



Gambar 38. Sebuah partikel yang bekerja beberapa gaya harus saling menghilangkan agar partikel dalam keadaan setimbang



Gambar 39. Penetapan tanda vektor gaya berdasarkan arah gerakannya

Sebagai contoh kita akan membuktikan apakah partikel pada Gambar 36 sebelumnya dalam keadaan seimbang atau tidak. Kita melihat partikel tersebut bekerja dua buah gaya, gaya pertama sebesar 10 N ke arah timur dan gaya kedua sebesar 10 N ke arah barat.

Sebelumnya kita perhatikan Gambar 39 disamping. Disini dibuat kesepakatan jika sebuah gaya mengarah ke arah barat maka nilai gaya tersebut negatif dan jika mengarah ke arah timur maka gaya tersebut bernilai positif. Jika gaya tersebut mengarah ke utara gaya tersebut bernilai positif dan mengarah ke selatan gaya tersebut bernilai negatif. Kesepakatan ini tidak baku dan mutlak menjadi acuan. Kalian bisa membuat perjanjian tanda sendiri.

Selanjutnya kita tinjau kembali partikel pada Gambar 36. Partikel tersebut tidak bekerja gaya searah sumbu y, maka persamaan $\sum \vec{F}_y = 0$ tidak digunakan. Kita tinjau gaya \vec{F}_1 dan \vec{F}_2 bekerja horizontal (searah sumbu x) maka sesuai persamaan keseimbangan sebelumnya:

$$\sum \vec{F}_x = 0$$

$$10\text{N} - 10\text{N} = 0$$

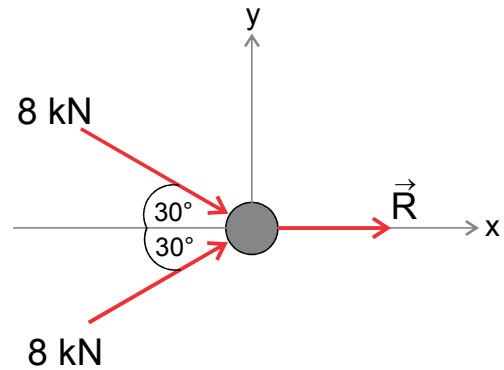
Maka benda diatas termasuk dalam **keadaan seimbang** karena memenuhi persamaan keseimbangan.

Setelah diberikan gambaran awal bagaimana keseimbangan itu, maka bersama teman kalian definisikan dengan kalimat kalian sendiri bahwa keseimbangan merupakan

Latihan 11

Ayo uji pemahaman kalian!

- Perhatikan Gambar 40 disamping. Untuk memahami bagaimana penerapan persamaan keseimbangan lebih dalam lagi, coba perhatikan partikel pada soal disamping. Partikel tersebut direncanakan akan bekerja tiga buah gaya. Dua buah gaya sudah diketahui besar dan arahnya. Gaya pertama sebesar 8 kN dan membentuk sudut 30° dengan sumbu x dan gaya kedua sebesar 8 kN dan membentuk sudut 30° dengan sumbu x seperti gambar disamping. Kita akan mencari besar dan arah gaya \vec{R} agar partikel tersebut tetap dalam keadaan seimbang.



Gambar 40. Sebuah partikel yang bekerja tiga buah gaya

- Perhatikan Gambar 41 disamping. Untuk langkah selanjutnya akan dicari besarnya gaya komponen pada sumbu x dan gaya komponen pada sumbu y pada setiap gaya yang bekerja pada partikel tersebut. Kita akan mencari gaya komponen pada sumbu x dan sumbu y pada gaya yang telah diketahui besar dan arahnya dengan menggunakan konsep metode segitiga sebelumnya. Kemudian kita cari besar gaya \vec{R} agar benda tersebut dalam keadaan setimbang menggunakan persamaan kesetimbangan.

Gaya pada Gambar 38.A Gaya pada Gambar 38.B

$$\sin(30^\circ) = \frac{(\dots\dots\dots)}{(\dots\dots\dots)} \quad \sin(30^\circ) = \frac{(\dots\dots\dots)}{(\dots\dots\dots)}$$

$$\vec{F}_{y1} = (\dots\dots\dots)(\dots\dots\dots) \quad \vec{F}_{y2} = (\dots\dots\dots)(\dots\dots\dots)$$

$$\vec{F}_{y1} = \dots\dots\dots \text{ kN} \quad \vec{F}_{y2} = \dots\dots\dots \text{ kN}$$

$$\cos(30^\circ) = \frac{(\dots\dots\dots)}{(\dots\dots\dots)} \quad \cos(30^\circ) = \frac{(\dots\dots\dots)}{(\dots\dots\dots)}$$

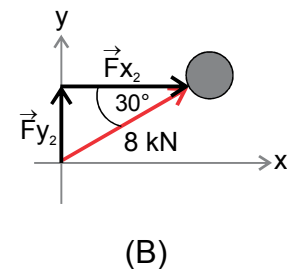
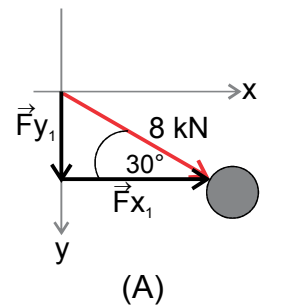
$$\vec{F}_{x1} = (\dots\dots\dots)(\dots\dots\dots) \quad \vec{F}_{x2} = (\dots\dots\dots)(\dots\dots\dots)$$

$$\vec{F}_{x1} = \dots\dots\dots \text{ kN} \quad \vec{F}_{x2} = \dots\dots\dots \text{ kN}$$

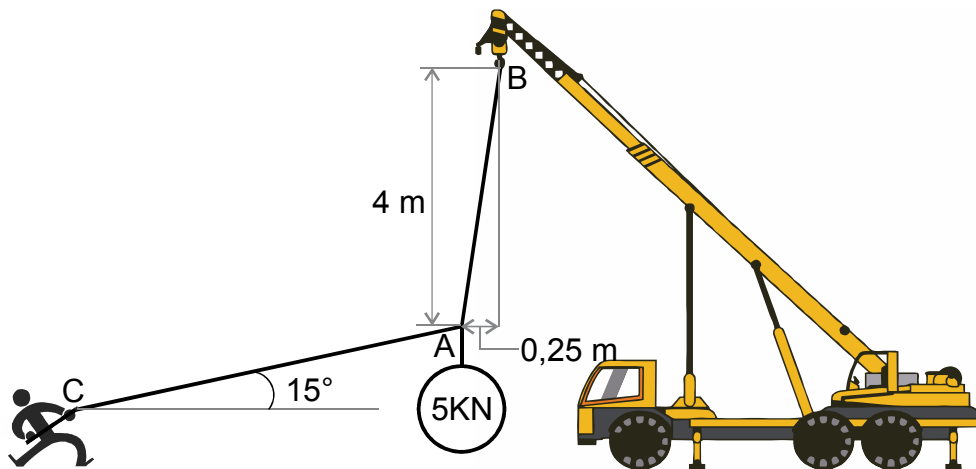
$$\sum \vec{F}_x = 0$$

$$\dots\dots\dots(\vec{F}_{x1}) + \dots\dots\dots(\vec{F}_{x2}) + \vec{R} = 0$$

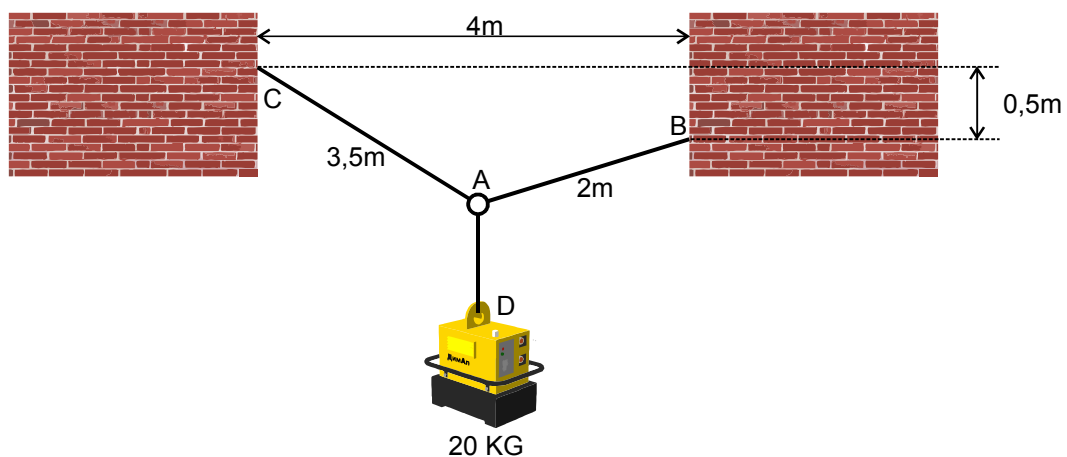
$$\dots\dots\dots(\vec{F}_{x1}) + \dots\dots\dots(\vec{F}_{x2}) = -\vec{R}$$



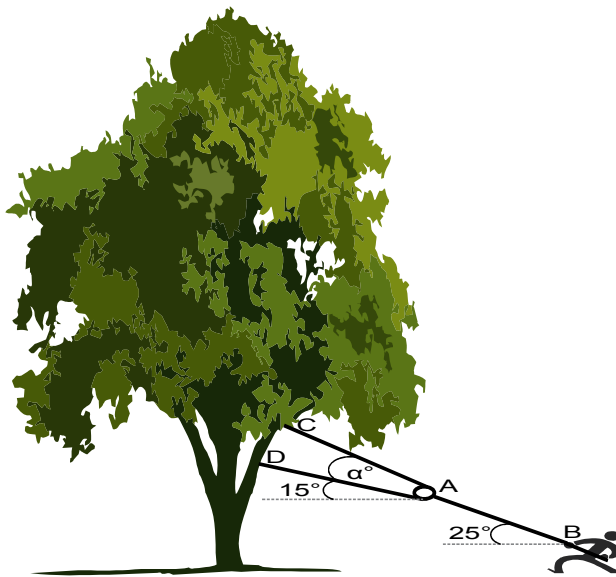
Gambar 41. Mencari komponen gaya \vec{F}_x dan \vec{F}_y pada setiap gaya yang bekerja



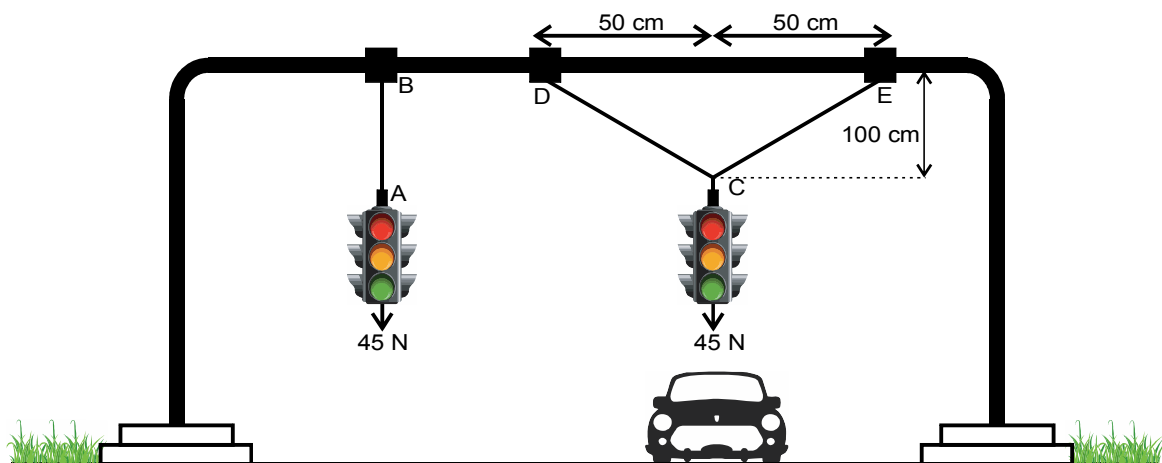
1. Perhatikan gambar diatas. Sebuah crane digunakan untuk memindahkan pipa beton yang beratnya 5 kN. Pipa tersebut nantinya akan digunakan untuk membuat saluran drainase. Coba cari besarnya tegangan tali AB dan tegangan tali AC!



2. Sebuah mesin disel digantungkan menggunakan tali karena kondisi yang tidak memungkinkan untuk diletakkan di tanah. Tali tersebut dihubungkan ke dinding dengan menggunakan hook tepat di titik B dan C. Apabila mesin tersebut beratnya 20 kg, berapa besarnya tegangan tali AB dan AC?



3. Seorang pekerja sedang berusaha menarik pohon yang sudah ia tebang sebelumnya menggunakan tali. Pohon tersebut ditebang karena dikhawatirkan ketika terjadi hujan dan angin kencang, pohon tersebut tumbang ke arah pemukiman. Jika diketahui tegangan tali AB sebesar 300 N, Coba cari besarnya tegangan tali CAD dan besarnya α° !



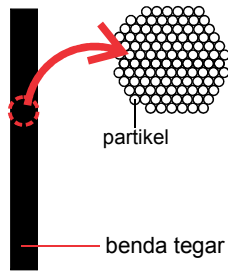
4. Setelah mempelajari bagaimana kesetimbangan dan syarat kesetimbangan, maka kita akan belajar untuk mencari besarnya tegangan tali yang digunakan untuk kebutuhan konstruksi. Kita ambil contoh sebuah *traffic light* seperti gambar di bawah. *Traffic light* yang digunakan mempunyai berat sebesar 45 N. Kemudian *traffic light* tersebut di pasang menggantung menggunakan sebuah tali baja. Maka carilah besarnya tegangan kawat baja AB, CD, dan CE!

[illegible]

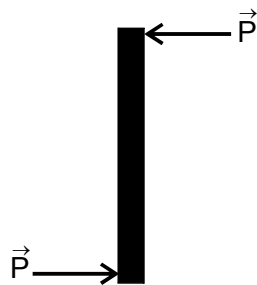
[illegible]

KESETIMBANGAN PADA BENDA TEGAR

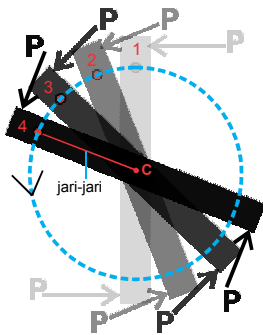
Perhatikan Gambar 42 di samping. Sebelum mempelajari kesetimbangan benda tegar, kita harus pahami terlebih dahulu bahwa sebuah benda tegar terbentuk oleh kumpulan partikel yang sangat banyak dan membentuk sebuah benda yang solid. **Coba amati benda tegar pada Gambar 39 disamping dan menurut kalian apa itu benda tegar?**



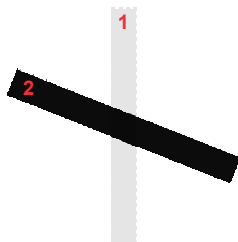
Gambar 42. Sebuah benda tegar tersusun dari kumpulan partikel



Gambar 43. Sebuah benda tegar yang akan bekerja dua buah gaya



Gambar 44. Benda tegar yang berotasi ketika gaya mulai bekerja



Gambar 45. Benda tegar berpindah posisi setelah bekerja gaya momen

Kemudian perhatikan Gambar 43 di samping. Sebuah benda tegar bekerja dua buah gaya seperti gambar di samping. Kedua gaya tersebut memiliki besar gaya yang sama yaitu sebesar \vec{P} , akan tetapi arah gayanya berbeda. Gaya pertama memiliki arah gaya ke arah barat dan arah gaya kedua ke arah timur. Kita akan menganalisis benda tersebut apakah dalam keadaan setimbang atau tidak.

$$\sum \vec{F}_x = 0$$

$$\vec{P} - \vec{P} = 0 \text{ (persamaan terpenuhi)}$$

$$\sum \vec{F}_y = 0$$

Terpenuhi karena tidak ada gaya searah sumbu y

Gambar 44 di samping merupakan gambaran bagaimana keadaan benda tegar selanjutnya jika gaya tersebut mulai bekerja. Benda tersebut bergerak berputar berlawanan arah jarum jam. Kemudian kita perhatikan lingkaran merah yang merupakan bagian dari benda tersebut. Jika gaya tersebut terus bekerja terhadap benda tersebut maka lingkaran merah tersebut membentuk lintasan gerak berupa lingkaran. Lingkaran merah tersebut memiliki jarak terhadap titik C yang jarak tersebut merupakan jari-jari dari lintasan gerak berputar lingkaran merah tersebut.

Gaya yang bekerja pada benda kita hilangkan dan posisi benda menjadi seperti benda nomor 2 pada Gambar 45. Kita ketahui bahwa benda sebelum terkena gaya memiliki posisi benda seperti pada gambar bernomor 1 diatas. Kita telah menganalisis berdasarkan persamaan kesetimbangan sebelumnya, bahwa benda tersebut memenuhi syarat kesetimbangan, yaitu jumlah gaya yang bekerja searah sumbu x bernilai nol dan jumlah gaya yang bekerja searah sumbu y juga bernilai nol. Akan tetapi benda tetap bergerak berputar.

Setelah kita analisis menggunakan persamaan kesetimbangan sebelumnya, ternyata persamaan tersebut belum cukup untuk menjadikan syarat sebuah benda tegar agar tetap dalam keadaan setimbang. Dan kita ketahui bahwa gaya \vec{P} membuat benda cenderung berotasi pada sumbu putarnya (titik C). Kita ambil jarak terdekat antara titik C dengan garis kerja gaya, yaitu garis yang tegak lurus dengan garis kerja gaya. Setelah gaya \vec{P} mulai bekerja maka benda tersebut berotasi terhadap sumbu putarnya (titik C) melawan arah jarum jam dan membentuk lintasan melingkar. Gaya yang telah kita bahas diatas merupakan **MOMEN GAYA**. Maka dari itu persamaan kesetimbangan pada materi sebelumnya belum cukup untuk menjadikan syarat sebuah benda tegar menjadi setimbang. Maka syarat kesetimbangan untuk benda tegar sebagai berikut:

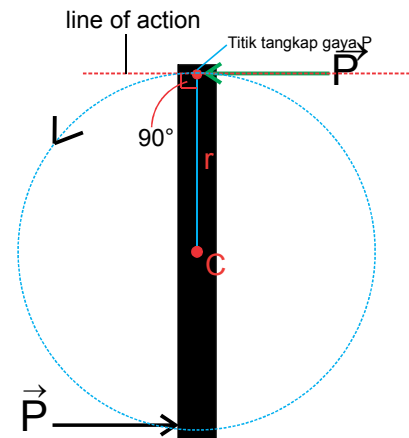
$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

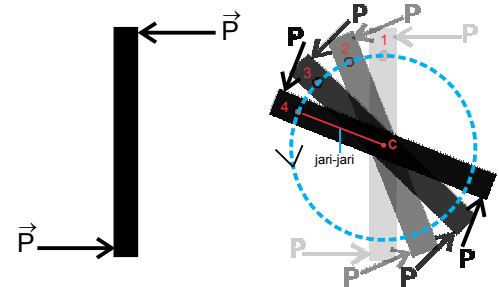
$$\sum M = 0$$

1. Jumlah gaya yang bekerja pada benda searah sumbu x harus sama dengan nol.
2. Jumlah gaya yang bekerja pada benda searah sumbu y harus sama dengan nol.
3. Jumlah momen yang bekerja pada benda harus sama dengan nol.

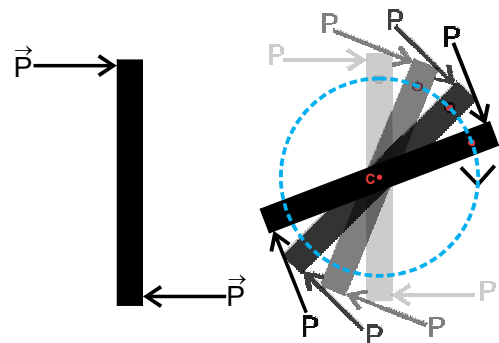
Jika kita perhatikan Gambar 47 dan Gambar 48 di samping, momen gaya memiliki arah gaya yang berbeda. Momen gaya pada Gambar 47 di samping berputar berlawanan arah jarum jam, sedangkan momen gaya pada Gambar 48 searah jarum jam. Karena gaya merupakan besaran yang memiliki arah, maka disini di buat kesepakatan untuk mempermudah dalam proses perhitungan. Momen bernilai positif jika arah putarannya searah jarum jam. Sedangkan momen bernilai negatif jika arah putarannya berlawanan dengan arah jarum jam.



Gambar 46. Momen gaya yang bekerja pada benda tegar



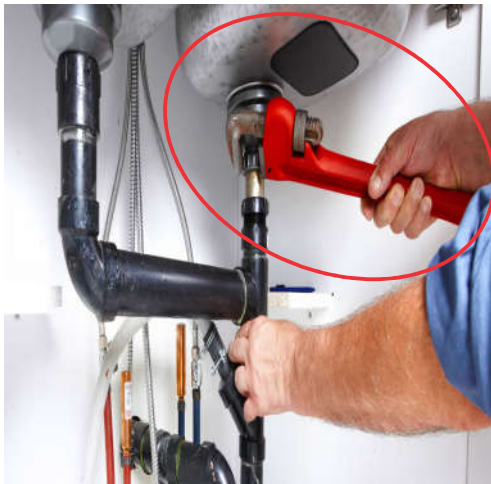
Gambar 47. Momen gaya bernilai negatif jika arah putarannya berlawanan arah jarum jam



Gambar 48. Momen gaya bernilai positif jika arah putarannya searah arah jarum jam

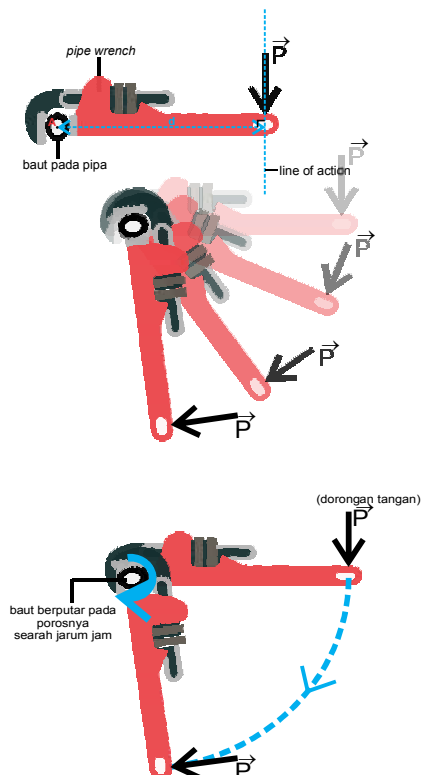
Latihan 13

Ayo uji pemahaman kalian!



Gambar 49. Ketika tukang membenahi saluran air di wastafel yang mampat atau rusak tukang menggunakan pipe wrench untuk memutar baut

Sumber: <http://marzplumbing.kijenga.pro>



Gambar 50. Diagram benda bebas pipe wrench

Penerapan ilmu momen gaya yang sederhana dan mudah ditemui disekitar kita adalah ketika kita mengencangkan baut dan melonggarkan baut menggunakan kunci pas (*pipe wrench*). Kita ketahui bahwa ketika kita mengencangkan atau melonggarkan baut menggunakan kunci pas, baut tersebut akan berputar. Jika kita mengencangkan baut, kita memutarnya searah jarum jam. Jika kita ingin melonggarkan baut, kita memutarnya berlawanan arah jarum jam. Maka bisa disimpulkan bahwa momen gaya membuat benda.....

Setelah mempelajari bahwa momen gaya juga bisa membuat benda bergerak, berdasarkan pemahaman kalian, momen gaya adalah

Berdasarkan Gambar 50 di samping, maka rumus momen gaya:

$$\text{Momen} = \vec{P} \times d$$

P =(newton)

d =(meter)

Setelah kita ketahui bahwa syarat kesetimbangan benda tegar salah satunya adalah jumlah momen yang bekerja pada benda tersebut harus nol, maka untuk memperjelas bagaimana cara mengetahui suatu benda tegar dalam keadaan setimbang atau tidak perhatikan Gambar benda disamping. Sebuah benda bekerja empat buah gaya, dua buah gaya bekerja dititik B dan dua buah sisanya bekerja pada titik A. Kita akan ketahui apakah benda tersebut dalam keadaan setimbang jika gaya tersebut bekerja pada benda.

$$1. \sum \vec{F}_x = 0$$

$$\dots\dots\dots + \dots\dots\dots = 0$$

$$\dots\dots\dots = 0$$

$$2. \sum \vec{F}_y = 0$$

$$\dots\dots\dots + \dots\dots\dots = 0$$

$$\dots\dots\dots = 0$$

Langkah selanjutnya yaitu mencari jumlah momen yang bekerja pada benda tersebut. Untuk mencari jumlah momennya, kita perlu memilih titik untuk meninjau beberapa gaya yang bekerja pada benda dan kemudian menjumlahkannya. Kita bisa memilih di titik A, B atau C. Untuk contoh saya akan meninjau momen gaya pada titik B. Perhitungan momennya seperti berikut:

Momen di titik B = x

$$M_B = (\dots\dots)(\dots\dots) + (\dots\dots)(\dots\dots) + (\dots\dots)(\dots\dots) + (\dots\dots)(\dots\dots)$$

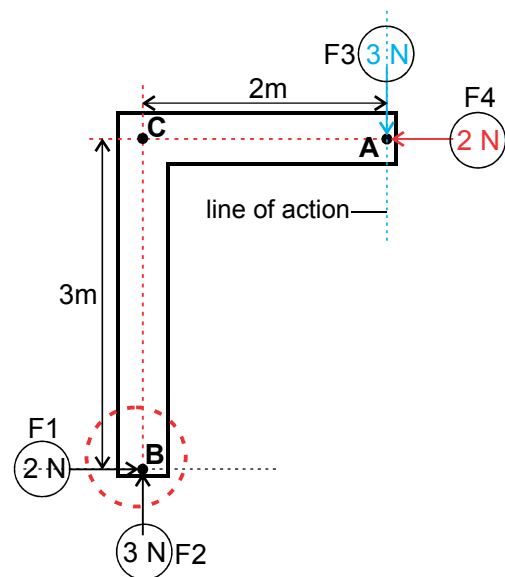
Kita lihat gaya \vec{F}_1 dan gaya \vec{F}_2 . Kedua gaya tersebut tidak memiliki jarak tegak lurus terhadap titik B, maka besarnya d untuk kedua gaya tersebut 0 m. Dalam menghitung momen gaya jangan lupa kita harus membedakan arah dari momen gaya tersebut. Untuk perhitungan kali ini momen yang arah putarannya searah jarum jam merupakan momen positif. Sedangkan momen yang arah putarannya berlawanan dari arah jarum jam merupakan momen negatif. Perhitungannya menjadi seperti berikut:

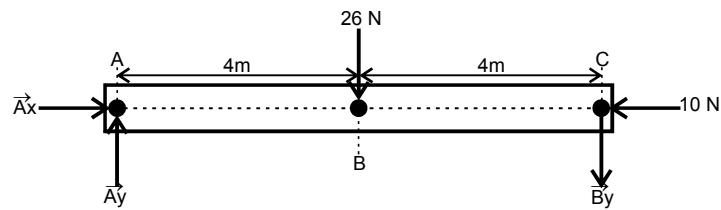
$$M_B = -(\dots\dots)(\dots\dots) + (\dots\dots)(\dots\dots) + (\dots\dots)(\dots\dots) - (\dots\dots)(\dots\dots)$$

$$M_B = \dots\dots\dots - \dots\dots\dots$$

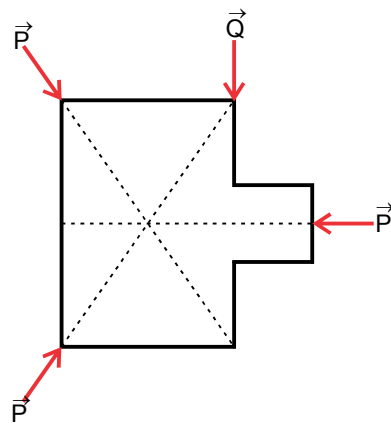
$$M_B = \dots\dots\dots$$

Maka benda tersebut dalam keadaan.....

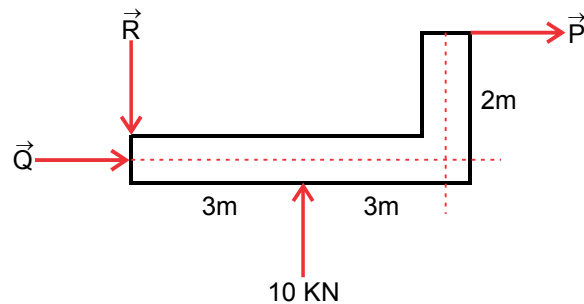




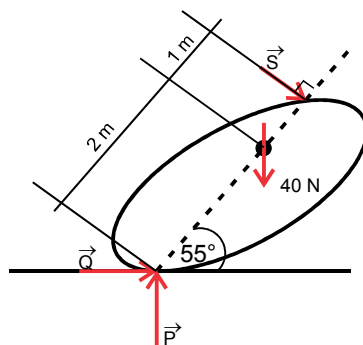
1. Perhatikan gambar diatas. Sebuah batang suatu konstruksi mendapatkan gaya seperti gambar diatas, coba kalian tentukan besarnya gaya \vec{A}_y , \vec{A}_x , dan \vec{B}_y agar benda tersebut dalam keadaan setimbang agar konstruksi tersebut tetap aman!



2. Perhatikan gambar diatas. Sebuah balok kayu diberikan gaya seperti gambar di atas. Jika besarnya gaya \vec{P} dan \vec{Q} tidak sama dengan nol, maka coba kalian buktikan bahwa balok kayu diatas dalam keadaan setimbang atau tidak!



3. Perhatikan gambar diatas. Sebuah batang suatu konstruksi mendapatkan gaya seperti gambar diatas, coba kalian tentukan besarnya gaya \vec{P} , \vec{Q} , dan \vec{R} agar benda tersebut dalam keadaan setimbang agar konstruksi tersebut tetap aman!



4. Perhatikan gambar diatas. Sebuah benda mendapatkan gaya seperti gambar diatas, coba kalian tentukan besarnya gaya \vec{P} , \vec{Q} , dan \vec{S} agar benda tersebut dalam keadaan setimbang!

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible]

[illegible]

Ayo Uji Pemahamanmu!

(A) Amatilah bangunan bertingkat di sekitar kalian, kemudian buktikan apakah bangunan tersebut dalam keadaan setimbang atau tidak!

(C) Menurut kalian, apakah semua orang yang bekerja di bidang konstruksi harus mengerti tentang dasar ilmu kesetimbangan? Berikan alasan kalian!

(D) Apa yang bisa kalian dapatkan dari belajar materi kesetimbangan sebelumnya? Coba jelaskan alasan kalian!

[illegible]

[illegible]

LEMBAR PENILAIAN AUTENTIK

ASPEK YANG DINILAI	B	C	K	KOMENTAR GURU
Keaktifan dalam diskusi				
Antusiasme bertanya				
Perhatian dalam proses pembelajaran				
Kemandirian dalam mengerjakan tugas individu				
Keaktifan dalam mengeksplorasi materi secara individu				
Kemampuan menyampaikan pendapat secara individu				
Kerja sama dengan individu lain dalam diskusi				

Keterangan:

B : Baik

C : Cukup

K : Kurang

[illegible]

6

DIAGRAM BENDA BEBAS (*FREE BODY DIAGRAM*)

A . PENDAHULUAN

Pernahkah kalian melihat jembatan di daerah tempat tinggal kalian? Apakah kalian pernah berfikir bagaimana jembatan yang sangat besar bisa tidak jatuh dan kuat ketika dilewati banyak kendaraan yang berat? Gambar 51 di samping merupakan salah satu contoh jembatan di daerah Michigan, Amerika. Jembatan yang melintasi sungai Peshekee ini digunakan untuk melintas kereta api dan sampai sekarang masih dibuka untuk perlintasan kereta api. Setelah kalian mempelajari tentang apa itu gaya beserta sifatnya, kemudian mempelajari kesetimbangan benda, dan juga mempelajari apa itu momen gaya, maka selanjutnya kita akan mempelajari apa itu *free body diagram* (diagram benda bebas). Materi sebelumnya kita ketahui bahwa syarat kesetimbangan benda tegar ada tiga persamaan, yaitu:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M = 0$$



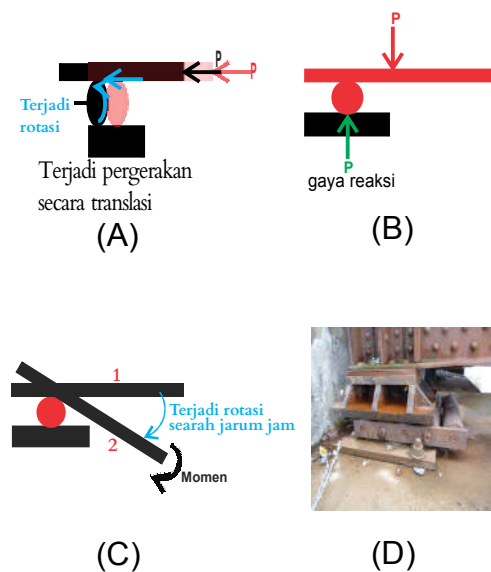
Gambar 51. Jembatan yang menggunakan jenis tumpuan sendi dan rol
Sumber: <https://historicbridges.org>

Persamaan tersebut memuat besar gaya yang bekerja dan juga jarak dari gaya tersebut. Akan sangat membantu jika kita bisa mengetahui seluruh gaya dan jaraknya dalam bentuk diagram. Maka dari itu kita perlu paham dalam membuat *free body diagram* agar dalam menghitung suatu struktur lebih mudah. Menurut kalian *free body diagram* adalah

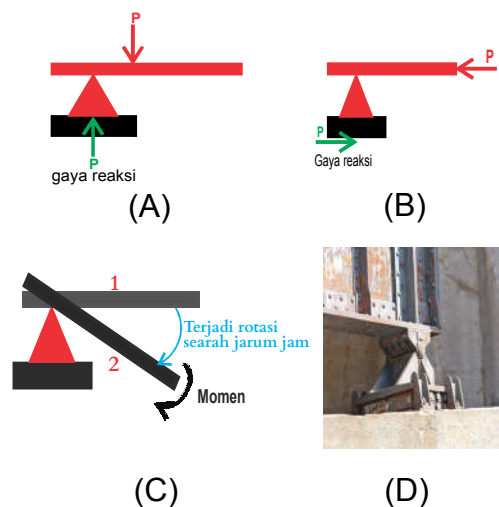
Coba perhatikan jembatan Gambar 51, berdasarkan materi tentang gaya eksternal dan gaya internal. Jika ditinjau dari struktur yang dilingkari, gaya eksternal jembatan tersebut antara lain

Setelah kalian menemukan gaya eksternal jembatan tersebut, kita akan mencari gaya internal struktur jembatan dengan menggunakan *free body diagram*. Kita akan berfokus terlebih dahulu pada tumpuan pada ujung jembatan. Pada tumpuan akan timbul gaya reaktif akibat adanya gaya aksi suatu benda ke tumpuan. Kita telah mempelajari sebelumnya bahwa kesetimbangan benda tegar memiliki tiga syarat yaitu $\sum F_x=0$, $\sum F_y=0$, dan $\sum M=0$. Maka suatu benda tegar kita akan tinjau berdasarkan tiga persamaan tersebut. Pada Gambar 51 menunjukkan jika jembatan menggunakan jenis tumpuan sendi dan tumpuan rol sebagai tumpuannya.

Struktur yang ditumpu tumpuan rol seperti Gambar 52 ketika bekerja gaya searah sumbu x, tumpuan tersebut tidak bisa memberikan gaya tahanan (reaksi) yang sama besar dengan gaya yang bekerja. Tumpuan akan ikut bergerak menggelinding mengikuti arah gaya yang bekerja dan berakibat struktur yang menumpunya ikut bergerak. Ketika bekerja gaya searah sumbu y, struktur yang di tumpu tumpuan rol bisa memberikan gaya tahanan yang sama besar searah sumbu y dan membuat struktur yang menumpunya tersebut tetap setimbang dan tidak bergerak. Akan tetapi, jika struktur yang ditumpu tumpuan rol tersebut bekerja momen gaya, tumpuan tersebut tidak bisa memberikan gaya tahanan yang sama besar terhadap momen gaya yang bekerja. Akibatnya struktur yang menumpu pada tumpuan rol ikut berotasi mengikuti arah gaya yang bekerja. Struktur yang ditumpu tumpuan sendi seperti Gambar 53 ketika bekerja gaya searah sumbu x, tumpuan tersebut bisa memberikan gaya tahanan (reaksi) yang sama besar dengan gaya yang bekerja dan struktur yang menumpu pada tumpuan sendi tetap dalam keadaan setimbang.



Gambar 52. Jenis tumpuan rol tidak dapat menahan gaya horizontal dan momen akan tetapi dapat menahan gaya vertikal
Sumber: <https://historicbridges.org>



Gambar 53. Jenis tumpuan sendi tidak dapat menahan momen akan tetapi dapat menahan gaya vertikal dan horizontal
Sumber: <https://historicbridges.org>

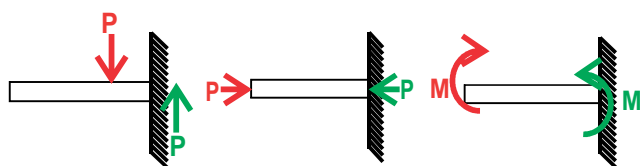
Struktur yang ditumpu dengan tumpuan sendi ketika bekerja gaya searah sumbu y , tumpuan tersebut bisa memberikan gaya tahanan (reaksi) yang sama besar dengan gaya yang bekerja dan struktur yang menumpu pada tumpuan sendi tetap dalam keadaan setimbang juga. Akan tetapi jika struktur yang ditumpu oleh tumpuan sendi bekerja momen gaya, tumpuan tersebut tidak dapat memberikan gaya tahanan (reaksi) yang sama, akibatnya struktur yang menumpu pada tumpuan sendi ikut berotasi mengikuti arah gaya yang bekerja.

Tumpuan yang sering digunakan pada konstruksi selanjutnya adalah tumpuan jepit seperti pada Gambar 53. Tumpuan jepit bisa ditemukan pada sambungan balok dengan kolom atau pada pelat balkon rumah yang dipasang kantilever. Struktur yang ditumpu dengan tumpuan jepit ketika bekerja gaya searah sumbu x , tumpuan tersebut bisa memberikan gaya tahanan (reaksi) yang sama besar dengan gaya yang bekerja dan struktur yang menumpu pada tumpuan jepit tetap dalam keadaan setimbang juga.

Struktur yang ditumpu dengan tumpuan jepit ketika bekerja gaya searah sumbu y , tumpuan tersebut bisa memberikan gaya tahanan (reaksi) yang sama besar dengan gaya yang bekerja dan struktur yang menumpu pada tumpuan jepit tetap dalam keadaan setimbang juga. Berbeda dengan dua tumpuan sebelumnya, tumpuan jepit ketika bekerja momen gaya, tumpuan tersebut dapat memberikan gaya tahanan (reaksi) yang sama besar dengan momen gaya yang bekerja. Akibatnya struktur yang ditumpu dengan tumpuan jepit bisa memberikan gaya tahanan terhadap gaya yang searah sumbu x , sumbu y , dan momen gaya. Perlu diingat besarnya gaya tahanan yang diberikan tumpuan tergantung bagaimana tumpuan tersebut didesain. Setelah mempelajari perilaku tumpuan sendi, tumpuan rol, dan tumpuan jepit, sekarang kita akan belajar untuk membuat *free body diagram*.



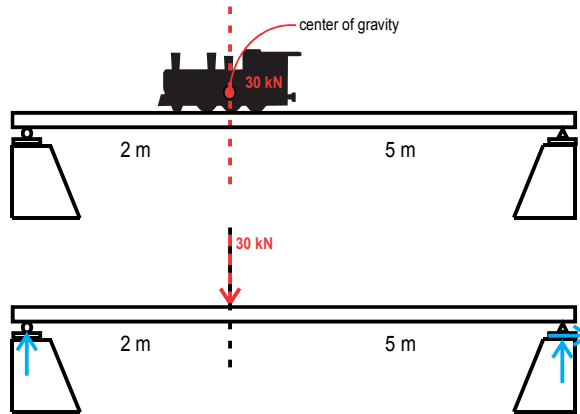
Gambar 54. Tumpuan jepit pada balok bangunan
Sumber: <https://static1.squarespace.com>



Gambar 55. Jenis tumpuan jepit dapat menahan momen, gaya vertikal dan gaya horizontal

Latihan 10

Ayo uji pemahaman kalian!



Coba perhatikan gambar diatas. Gambar tersebut merupakan diagram benda bebas dari jembatan pada Gambar 48. Jembatan tersebut menggunakan tumpuan sendi dan tumpuan rol pada kedua ujungnya.

Pertama kita menggambar gaya reaksi pada masing-masing tumpuan. Pada tumpuan rol gaya reaksinya vertikal searah sumbu y, dan diberi notasi A_y . Kemudian kita beralih ke tumpuan sendi. Kita ketahui tumpuan sendi dapat memberikan reaksi searah sumbu x dan sumbu y yang kemudian kita beri notasi B_x dan B_y . Berat dari lokomotif kereta kita asumsikan bekerja pada center of gravity. Gaya yang bekerja sebesar 30 kN. Selanjutnya kita akan mencari gaya reaksi agar benda dalam keadaan setimbang.

$$1. \sum F_x = 0$$

$$B_x = 0$$

$$2. \sum F_y = 0$$

$$B_y + A_y - 30 \text{ kN} = 0$$

$$3. \sum M_A = 0$$

$$(\dots)(\dots) - (\dots)(\dots) = 0$$

$$(\dots) - (\dots)(\dots) = 0$$

$$(\dots)(\dots) = (\dots)$$

$$(B_y) = \frac{(\dots)}{(\dots)}$$

$$(B_y) = \dots$$

$$4. \sum F_y = 0$$

$$B_y + A_y - 30 \text{ kN} = 0$$

$$A_y = -B_y + 30 \text{ kN}$$

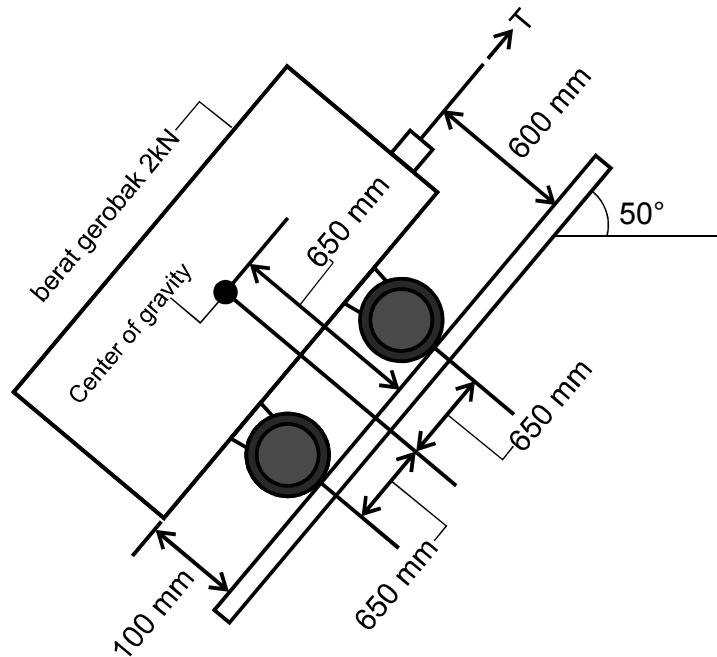
$$A_y = \dots$$

$$B_y = \dots$$

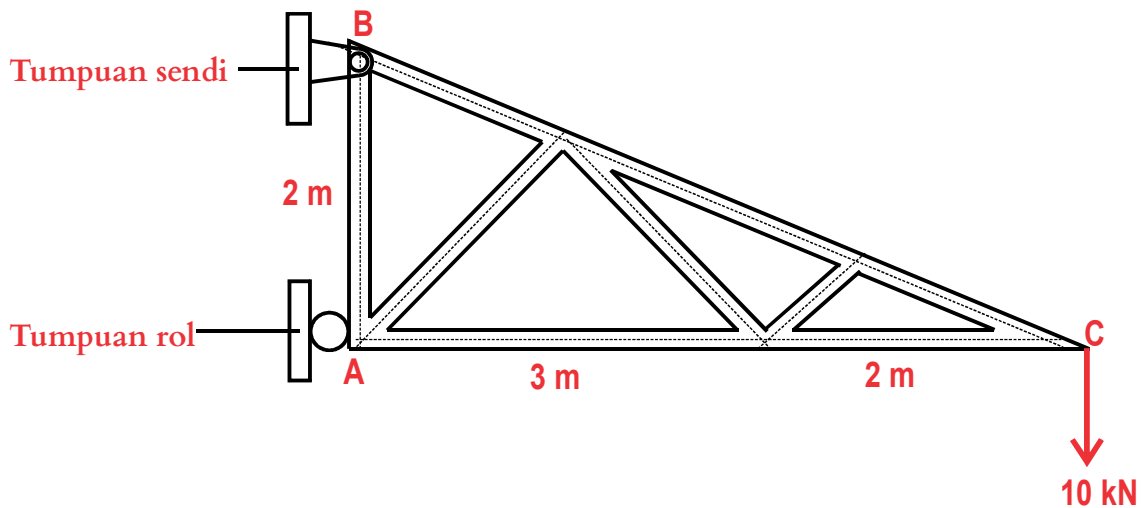
$$B_x = 0$$

Strategi:

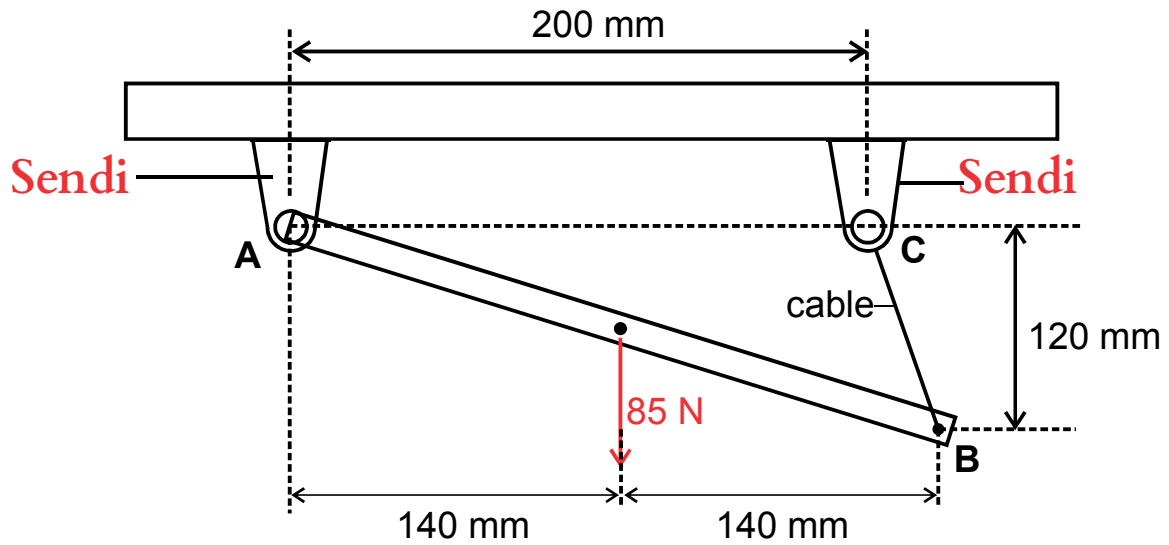
Untuk mencari gaya reaksi tiap jenis tumpuan, ingat kembali tentang penjelasan sebelumnya. Tiap tumpuan memiliki kemampuannya masing-masing dalam menahan sebuah gaya. Tumpuan sendi bisa menahan gaya horizontal dan vertikal, maka gaya reaksinya berupa gaya vertikal dan horizontal. Sedangkan tumpuan rol bisa menahan gaya vertikal saja, maka gaya reaksinya berupa gaya vertikal saja.



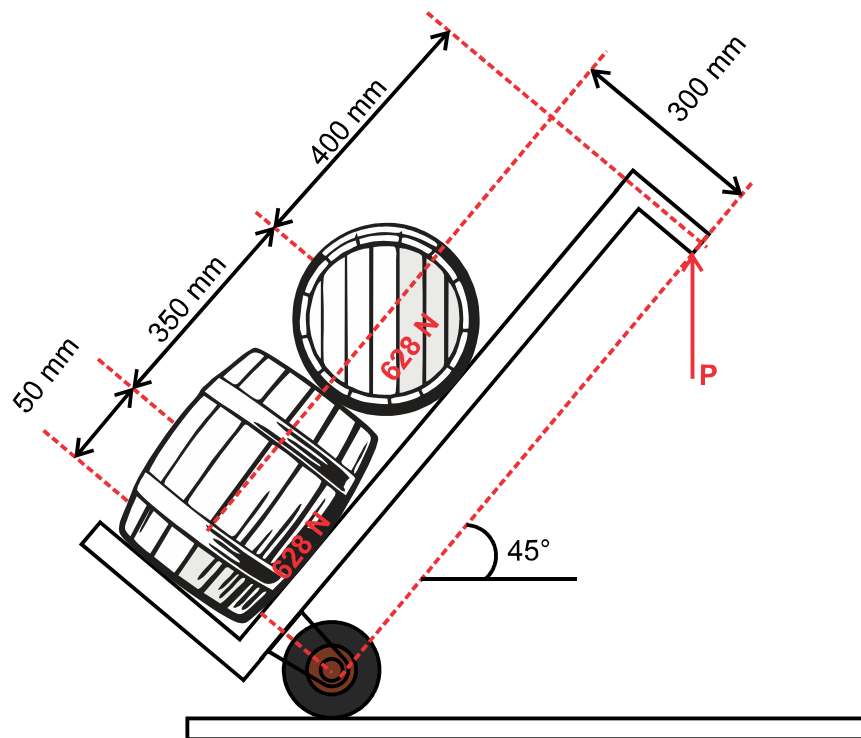
1. Perhatikan gambar diatas. Sebuah gerobak ditarik menggunakan tali seperti gambar diatas. Coba kalian tentukan free body diagramnya dan tuliskan persamaan kesetimbangannya, kemudian temukan gaya T yang belum diketahui agar setimbang!



2. Perhatikan gambar diatas. Sebuah konstruksi mendapatkan gaya seperti gambar diatas, coba kalian tentukan free body diagramnya dan tuliskan persamaan kesetimbangannya, kemudian temukan gaya yang belum diketahui agar setimbang!



3. Perhatikan gambar diatas. Sebuah struktur dengan dua tumpuan sendi dan salah satu ujungnya di hubungkan menggunakan kabel bekerja gaya sebesar 85 N. Coba kalian tentukan free body diagramnya dan tuliskan persamaan kesetimbangannya, kemudian temukan besar gaya tegangan tali yang belum diketahui agar setimbang!



4. Perhatikan gambar diatas. Dua buah tong berisi air sedang diangkat menggunakan alat pengangkut sederhana seperti gambar diatas. Jika berat masing-masing tong 628 N. Coba kalian tentukan free body diagramnya dan tuliskan persamaan kesetimbangannya, kemudian temukan besar gaya angkat P yang belum diketahui agar setimbang!

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of multiple rows of horizontal dashed lines spaced evenly down the page, providing a guide for letter height and placement. The background is plain white, and there are no margins or additional markings.

This image shows a full page of a worksheet designed for handwriting practice. It features approximately 20 horizontal rows. Each row is defined by two parallel dashed lines, creating a series of uniform gaps for letter height. The lines are evenly spaced across the entire page, providing a guide for consistent letter formation. There is no text or other markings on the page.

Ayo Uji Pemahamanmu!

- Tulislah jawaban kalian di lembar ini! Jika tidak muat, kalian bisa memperbanyak lembar jawaban ini dan tempel di lembar latihan ini!

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a full page of primary-ruled paper. It features multiple sets of horizontal dashed lines, each set consisting of three lines (top, middle, bottom) to guide letter height. The lines are evenly spaced across the entire page, providing a template for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the paper.

LEMBAR PENILAIAN AUTENTIK

ASPEK YANG DINILAI	B	C	K	KOMENTAR GURU
Keaktifan dalam diskusi				
Antusiasme bertanya				
Perhatian dalam proses pembelajaran				
Kemandirian dalam mengerjakan tugas individu				
Keaktifan dalam mengeksplorasi materi secara individu				
Kemampuan menyampaikan pendapat secara individu				
Kerja sama dengan individu lain dalam diskusi				

Keterangan:

B : Baik

C : Cukup

K : Kurang

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features multiple sets of horizontal lines, each set consisting of three lines: a solid top line, a dashed middle line, and a solid bottom line. These sets are repeated down the entire page to provide a guide for letter height and placement. The paper is otherwise completely empty, with no margins, text, or other markings.

7

LENTUR, GAYA AKSIAL (TARIK DAN TEKAN) SERTA GAYA GESER

A . PENDAHULUAN

Sebelumnya kita mempelajari bahwa setiap benda tegar akan memberikan gaya reaksi yang sama besar jika bekerja suatu gaya pada benda tersebut. Seperti halnya hukum newton ke tiga yang menerangkan jika suatu benda memberikan gaya pada benda kedua, benda kedua tersebut memberikan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah terhadap benda pertama.

Gaya eksternal dan gaya internal memiliki prinsip yang sama seperti halnya hukum newton ke tiga. Ketika kalian menggunakan sebuah bangunan kalian memberikan gaya eksternal kepada bangunan tersebut atau bisa dikatakan kalian memberikan gaya pada bangunan. Kemudian bangunan tersebut memberikan gaya reaksi (gaya internal) di dalam struktur sebagai respon telah bekerja gaya eksternal pada bangunan tersebut mungkin struktur akan melentur atau tertarik atau keduanya secara bersamaan.

Mempelajari gaya dalam sangat berguna untuk mempelajari ilmu kekuatan bahan bangunan misalnya. Dengan mengetahui bagaimana perilaku bahan bangunan ketika bekerja gaya kita dapat memilih bahan bangunan yang tepat ketika membangun.



Gambar 56. Struktur bangunan yang terdiri dari plat lantai, kolom dan balok

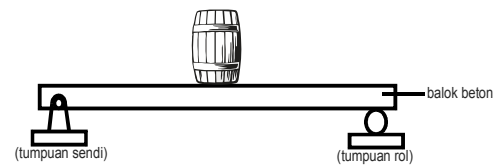
Sumber: <https://cdn.forconstructionpros.com>

Coba kalian perhatikan Gambar 56 yang dilingkari. Bagian tersebut adalah bagian dari struktur bangunan yang kita sebut dengan balok.

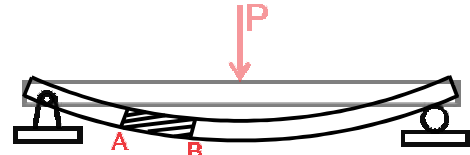
Akan diberikan gambaran sederhana bagaimana perilaku balok beton tersebut ketika bekerja sebuah gaya. Coba perhatikan Gambar 57 di samping. Sebuah balok beton dengan tumpuan sederhana yang dibebani sebuah gaya terpusat di tengah bentang. Kemudian balok tersebut melentur sebagai akibat bekerja gaya terpusat tadi. Gaya lentur ini sangat kecil dan sulit untuk diamati secara langsung tanpa menggunakan alat karena balok beton tersebut termasuk struktur kaku. Akan tetapi balok tersebut tetap melentur sekalipun kecil. Untuk mempermudah kalian dalam memahami bagaimana balok tersebut melentur, lenturan kita gambarkan sangat melentur seperti Gambar 58.

Kemudian kita akan tinjau bagian kecil (bagian A-B) dari balok yang telah melentur tersebut. Untuk mempermudah memahami apa yang terjadi dengan potongan A-B ketika melendut, kita bayangkan bagian kecil tersebut terbuat dari bahan yang mudah melentur mungkin seperti karet atau platisin. Ketika balok tersebut bekerja gaya eksternal P , maka timbulah gaya internal yang membuat bagian tersebut melentur dan membaginya menjadi dua wilayah, yaitu wilayah yang mengalami tekan dan wilayah yang mengalami tarik seperti Gambar 59.

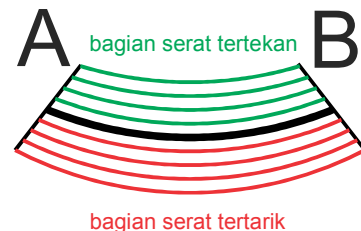
Ketika serat tersebut kita luruskan tanpa mengubah panjang terakhir setelah terkena gaya, maka akan menghasilkan bentuk piramida seperti Gambar 60. Bagian hijau adalah bagian yang memendek sedangkan bagian merah adalah bagian yang memanjang akibat bekerjanya gaya internal balok. Sedangkan bagian hitam yang ditengah merupakan bagian yang tidak mengalami perubahan ukuran dan relatif sama ukurannya dengan sebelum gaya internal bekerja. Bagian ini nantinya akan menjadi letak garis netral, dimana bagian tersebut gaya yang bekerja sama dengan nol karena besarnya gaya tarik dan tekan sama. Perhatikan gaya-gaya pada ujungnya (yang dilingkari), gaya-gaya tersebut menghasilkan momen gaya sebesar M_1 dan M_2 . Kita bisa ketahui bahwa momen tersebut berasal dari gaya internal dan selanjutnya kita sebut dengan *bending moment*.



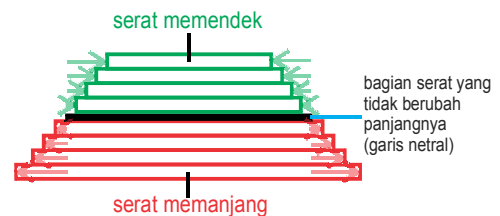
Gambar 57. Balok beton yang dibebani terpusat di tengah bentang



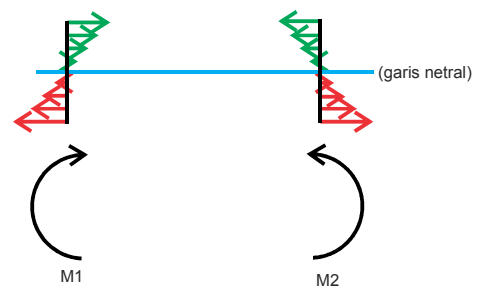
Gambar 58. Balok beton yang melentur akibat dibebani terpusat



Gambar 59. Bagian balok yang melentur mengalami gaya tarik dan gaya tekan sekaligus



Gambar 60. Bagian balok yang tertarik cenderung memanjang dari ukuran semula dan bagian yang tertekan cenderung memendek dari ukuran semula



Gambar 61. Balok dapat melentur akibat adanya momen gaya yang bekerja pada balok tersebut.

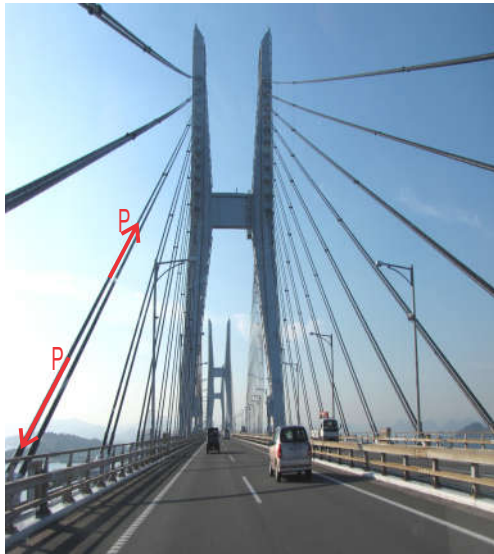
Latihan 18
Ayo uji pemahaman kalian!



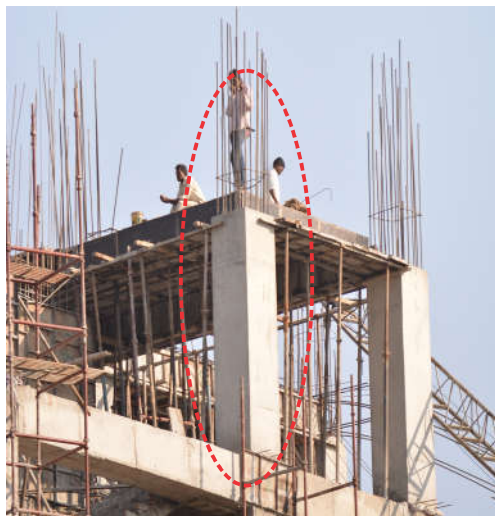
Gambar 62. Seorang pekerja bangunan yang sedang mengerjakan pekerjaan beton
Sumber: <https://www.pennyhydraulics.com>

Pernahkah kalian bertanya mengapa ketika kita membangun rumah, pada bagian pengecoran beton, kita melihat beton tersebut dicor menjadi satu dengan besi yang telah dirangkai? Kenapa ya? Apakah hanya menggunakan beton saja tanpa adanya besi tidak cukup kuat dalam menahan beban? Mengapa dalam pengecoran tersebut besi yang dipilih dan bukan benda lain seperti kayu, bambu atau bahan bangunan lainnya? Coba diskusikan bersama teman sebangkumu dan kemudian presentasikan hasil diskusi kalian di depan kelas!

[illegible]



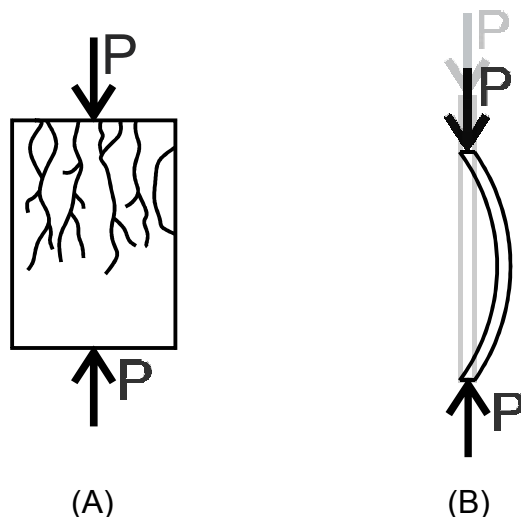
Gambar 63. Struktur kabel jembatan yang mengalami tarik
 Sumber: <https://cdn.forconstructionpros.com>



Gambar 64. Struktur kolom yang menerima tekan
 Sumber: <https://get.pxhere.com>

Perhatikan gambar kabel pada Gambar 63. Kabel tersebut bekerja gaya eksternal sepanjang sumbu memanjang kabel menarik kabel tersebut. Karena kabel tersebut bekerja gaya eksternal tersebut, maka kabel tersebut mengalami gaya tarik saja. Kabel tersebut memang didesain hanya bisa menahan gaya tarik saja dan hanya mengalami tarik murni, akibatnya kabel tersebut sangat lemah menerima gaya tekan. Jika kabel tersebut telah mencapai kuat tarik maksimalnya dan tetap menerima gaya tarik lebih dari yang dapat di tahan kabel tersebut, maka kabel tersebut akan putus.

Berbeda lagi dengan struktur kolom pada Gambar 64. Kolom tersebut menerima gaya eksternal sepanjang sumbu memanjang kolom menekan kolom tersebut. Karena kolom tersebut bekerja gaya eksternal tersebut, maka kolom tersebut menerima gaya tekan murni. Kegagalan kolom bisa di bagi menjadi dua, jika kolom tersebut termasuk kolom pendek, maka kolom tersebut akan mememndek dan hancur. Jika kolom tersebut termasuk kolom langsing, maka kolom tersebut jika dibebani terus menerus melebihi kapasitas pikulnya, maka kolom tersebut akan melentur dan akan mengalami *buckling*. Kapasitas pikul beban batang tekan yang relatif panjang mempunyai kecenderungan berkurang apabila batang semakin panjang.



Gambar 65. Kolom pendek ketika menerima gaya tekan akan mengalami retak dan hancur dan kolom langsing ketika menerima gaya tekan akan mengalami *buckling*

Momen dan gaya internal dapat timbul di dalam serat suatu benda yang mengalami sistem gaya eksternal. Di sini akan ditinjau terlebih dulu gaya tekan dan tarik internal pada suatu batang.

Perhatikan kembali kabel jembatan pada Gambar 63 sebelumnya. Akan di berikan gambaran gaya internal pada kabel seperti Gambar 64. Dengan intuisi, jelaslah bahwa ada gaya tarik yang timbul di dalam kabel. Gaya tarik tersebut timbul akibat adanya gaya eksternal yang bekerja di sepanjang sumbu memanjang kabel. Gaya tarik tersebut akan menyebabkan kabel tersebut terputus jika gaya tarik yang bekerja terus bertambah dan melebihi kapasitas pikul bebannya. Umumnya kapasitas pikul beban tarik bergantung pada jenis material yang dipakai dan pada luas penampang batang. Begitu pula dengan kolom beton pada gambar 64, kolom tersebut menerima gaya tekan sepanjang sumbu memanjang kolom.

Gaya tarik dan gaya tekan yang kolinier dengan sumbu memanjang batang sering disebut dengan gaya normal. Menurut kalian gaya normal adalah.....

.....

.....

.....

.....

.....

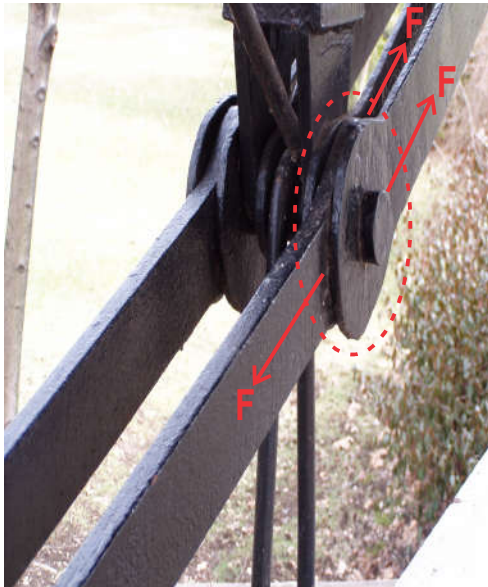
.....

.....

Maka dapat kita simpulkan bahwa suatu elemen struktur lebih peka terhadap gaya tertentu dan tidak lebih peka terhadap gaya lainnya. Sebagai contoh elemen struktur yang mengalami tarik murni dapat memikul beban tarik besar untuk suatu ukuran tertentu elemen tersebut. Elemen struktur pendek yang mengalami beban tekan juga dapat memikul beban tekan yang relatif sama. Akan tetapi, apabila elemen struktur tersebut panjang, maka kapasitas pikul bebannya akan berkurang apabila elemen struktur tersebut semakin panjang. Elemen yang mengalami lentur hanya dapat memikul beban relatif kecil dibandingkan dengan gaya tarik murni untuk suatu ukuran tertentu. Pengenalan adanya kapasitas pikul beban suatu elemen struktur terhadap tarik, tekan, dan lentur adalah hal mendasar dalam merencanakan struktur yang efisien.



Gambar 66. Gaya internal berupa tegangan tarik pada potongan kabel jembatan pada Gambar 59.



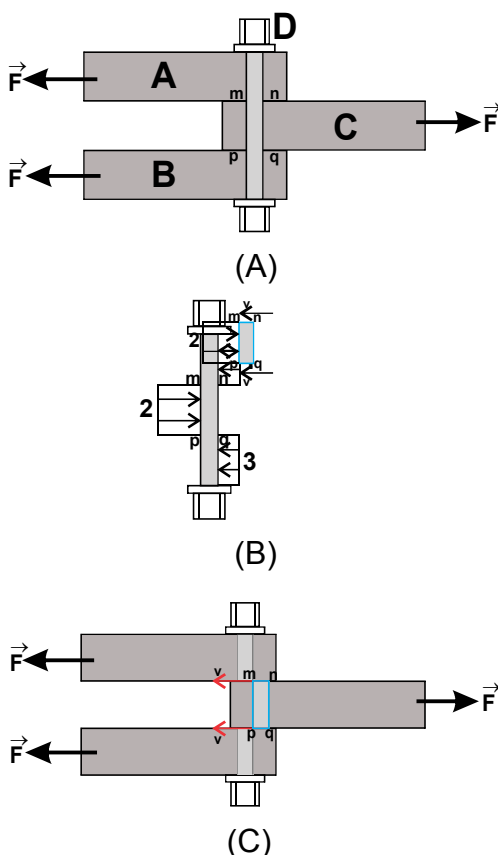
Gambar 67. Sambungan baut sering digunakan dalam menghubungkan dua atau lebih batang logam

Sumber: <https://historicbridges.org>

Geser adalah keadaan gaya yang berkaitan dengan aksi gaya-gaya berlawanan arah yang menyebabkan satu bagian struktur tergelincir terhadap bagian di dekatnya. tegangan akan timbul (disebut tegangan geser) dalam arah tangensial permukaan yang tergelincir. Salah satu pemanfaatan mempelajari gaya geser adalah dalam merencanakan sambungan dalam struktur baja. Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang di samping las yang cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. Pada Gambar 67 terdapat sambungan dengan baut. sambungan ini terdiri atas batang logam A, batang logam B, batang logam C, dan baut D yang menembus lubang di batang logam A, B, dan C seperti terlihat pada Gambar 68 (A). Akibat aksi **beban tarik** \vec{F} , batang logam A, B, dan C akan menekan baut dengan cara tumpu (bearing), dan tegangan kontak, yang disebut tegangan tumpu (bearing stress), akan timbul.

Selain itu, batang logam A, B, dan C cenderung menggeser baut, dan kecenderungan ini ditahan oleh tegangan geser pada baut. Tegangan tumpu yang diberikan oleh batang logam A dan B ada di bagian kanan dari diagram benda bebas dan diberi label 1 dan 3. tegangan dari batang C ada di bagian kiri dan diberi label 2 seperti terlihat pada Gambar 68(B). Diagram benda bebas dalam gambar 68(B) menunjukkan bahwa ada kecenderungan untuk menggeser baut di sepanjang penampang mn dan pq. dari diagram benda bebas mnpq dari baut (lihat gambar 68(C)), terlihat gaya geser V bekerja pada permukaan potongan dari baut. Pada gambar 8 ada dua bidang geser mn dan pq sehingga baut ini dikatakan mengalami geser ganda (atau dua irisan).

Coba cari tahu bagaimana gaya geser dapat timbul? Dampak apa yang akan terjadi pada benda jika gaya geser yang bekerja sangat besar melampaui tegangan geser internal benda tersebut? Apa itu bidang gaya geser dan apa itu gaya geser positif dan negatif pada bidang gaya geser?



Gambar 68. Sambungan baut yang mengalami kegagalan geser akibat bekerja gaya tarik dengan arah tertentu pada baut

[illegible]

Ayo uji pemahaman kalian!

Setelah kalian mengetahui gaya dalam pada struktur bangunan, coba perhatikan gambar di bawah ini. Gambar 69 (A) di bawah merupakan pengujian kuat tekan beton dan Gambar 69 (B) merupakan pengujian kuat lentur beton. Coba kalian cari tahu apa kegunaan pengujian tersebut. Kemudian kalian cari tahu hubungannya dengan gaya tarik, gaya tekan, lentur, dan momen.



(A)



(B)

Gambar 69 (A). Pengujian kuat tekan beton **(B)** Pengujian kuat lentur beton

Sumber: <https://i.ytimg.com>

Tulislah jawaban kalian di lembar ini, jika tidak muat, kalian bisa memperbanyak lembar jawaban ini dan tempel di lembar latihan ini.

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary-ruled notebook paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible]

Ayo uji pemahaman kalian!

(A) Menurut kalian, apa saja gaya dalam struktur bangunan? Coba beri penjelasan jawaban kalian dengan beberapa contohnya.

Tulislah jawaban kalian di lembar ini, jika tidak muat, kalian bisa memperbanyak lembar jawaban ini dan tempel di lembar latihan ini.

[illegible]

[illegible]

LEMBAR PENILAIAN AUTENTIK

ASPEK YANG DINILAI	B	C	K	KOMENTAR GURU
Keaktifan dalam diskusi				
Antusiasme bertanya				
Perhatian dalam proses pembelajaran				
Kemandirian dalam mengerjakan tugas individu				
Keaktifan dalam mengeksplorasi materi secara individu				
Kemampuan menyampaikan pendapat secara individu				
Kerja sama dengan individu lain dalam diskusi				

Keterangan:

B : Baik

C : Cukup

K : Kurang

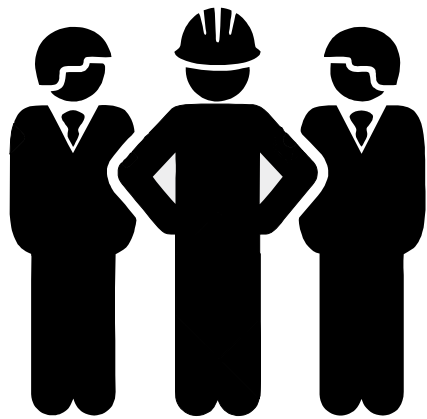
[illegible]

“

Apa yang kalian
peroleh setelah belajar
dengan lembar kerja
siswa ini?

”

[illegible]



DAFTAR PUSTAKA

- Ariestadi, Dian. (2008). Teknik Struktur Bangunan Jilid 2. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Frick, Heinz. (1978). Mekanika Teknik 1 Statika dan Kegunaannya. Semarang: Kanisius
- Handayani, Sri., Ari Damari. (2009). Fisika Untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Murfihenni, Weni. (2014). Mekanika Teknik Semester I. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan
- Nurachmandani, Setya. (2009). Fisika 2 Untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Schodek, Daniel L. (1998). Struktur. Bandung: PT Rafika Aditama
- Suparman. (2014). Mekanika Teknik I. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Widodo, Tri. (2009). Fisika Untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional

“

Momen dan gaya internal timbul di dalam struktur sebagai akibat adanya sistem gaya eksternal yang bekerja pada struktur dan berlaku bersama-sama sebagai sesuatu yang mempertahankan keseimbangan partikel atau elemen dari suatu struktur

”

MEKANIKA

TEKNIK



**MEMAHAMI DAN
MENYUSUN **GAYA**
DALAM STRUKTUR BANGUNAN**

Mekanika adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan terapan yang berhubungan dengan gaya dan gerak. Dasar ilmu ini adalah keseimbangan, yaitu kondisi yang ada apabila suatu sistem gaya bekerja pada benda. Sebutan statika digunakan untuk menunjukkan bagian dari mekanika yang khusus berhubungan dengan hubungan di antara gaya-gaya yang bekerja pada benda tegar (rigid bodies) yang berada dalam keseimbangan dan diam. Dasar mekanika adalah konsep gaya-gaya dan komposisi serta resultan gaya. Gaya adalah interaksi antara benda-benda. Interaksi gaya mempunyai pengaruh terhadap bentuk atau arah gerak, atau keduanya, pada benda yang terlibat. Konsep dasar mengenai gaya menjadi kunci utama sebelum mempelajari materi teknik sipil selanjutnya.

Dalam lembar kerja siswa ini akan dibahas khusus tentang statika yang berfokus tentang memahami apa itu gaya dalam struktur bangunan serta bagaimana cara menyusun gaya. Pembuatan materi dibuat sebisa mungkin untuk mengaitkan ilmu yang dipelajari dan manfaatnya ketika telah bekerja di dunia konstruksi. Lembar kerja siswa ini diharapkan mampu memberikan gambaran bagaimana ilmu gaya digunakan dalam pekerjaan konstruksi.