



e-Modul

FISIKA



XI



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas
2019



e-Modul

FISIKA



XI



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas
2019



Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar

Penyusun :

Desi Irja Juanda, S.Pd
SMA Negeri 3 Nabire

Reviewer :

Muhammad Firdaus, S.Si

Validator :

Harjono, S.Pd.,M.Si

e-Modul 2018

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Daftar Isi

Daftar Isi

Peta Konsep

Glosarium

Pendahuluan

Identitas Modul

Kompetensi Dasar

Deskripsi

Petunjuk Penggunaan Modul

Materi Pembelajaran

Kegiatan Pembelajaran I

1. Tujuan

2. Uraian Materi

3. Rangkuman

Kegiatan Pembelajaran II

1. Tujuan

2. Uraian Materi

3. Rangkuman

Kegiatan Pembelajaran III

1. Tujuan

2. Uraian Materi

3. Rangkuman

Latihan PG

Evaluasi Diri

Evaluasi

Daftar Pustaka

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Peta Konsep



Gambar :

Peta Konsep :

<https://www.slideshare.net/dzikrinurviwizyy/peta-konsep-benda-tegar>



Daftar Isi

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Glosarium

Torsi adalah hasil kali gaya dengan lengan gaya yang menyebabkan benda berputar pada porosnya

Momen inersia adalah ukuran kelembaban suatu benda untuk berotasi terhadap porosnya

Momentum adalah besaran vektor

Rotasi adalah perputaran benda pada sumbu tetap

Translasi adalah gerak yang arah geraknya lurus

Benda Tegar adalah suatu benda yang tidak akan pernah berubah kedudukannya apabila dibeikan gaya

Benda Pejal adalah benda berbentuk padat dan tidak berongga

Titik berat adalah titik pusat berat suatu benda



Daftar Isi

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Pendahuluan

IDENTITAS MODUL

Nama Mata Pelajaran	: Fisika
Kelas / Semester / Alokasi Waktu	: XI / I (Ganjil) / 9 JP
Judul eModul	: Dinamika Rotasi Benda Tegar

KOMPETENSI DASAR

- 3.1 Menerapkan konsep torsi, momen inersia, titik berat, dan momentum sudut pada benda tegar (statis dan dinamis) dalam kehidupan sehari-hari
 - 3.1.1 Menganalisis gerak translasi dan gerak rotasi dirumuskan secara kuantitatif.
 - 3.1.2 Mendeskripsikan pengaruh torsi diformulasikan pada kasus pengaruh torsi pada benda dalam kaitannya dengan gerak rotasi benda tersebut.
 - 3.1.3 Menganalisis perbandingan dinamika translasi dan rotasi.

3.1.4 Menjelaskan momen Inersia Benda Tegar.

3.1.5 Menganalisis dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar.

3.1.6 Menentukan koordinat titik berat suatu bendat.

.

4.1 Melakukan percobaan dan menerapkan konsep titik berat dan keseimbangan benda tegar.

DESKRIPSI

Rotasi adalah perputaran benda pada suatu sumbu yang tetap, misalnya atlet loncat indah selalu menampilkan atraksi yang menarik dalam melakukan aksinya. Saat meloncat atlet melakukan lurus ke atas, lalu menggulungkan badannya. pada akhirnya, atlet tersebut kembali meluruskan badannya dan masuk ke dalam air. Gerakan yang dilakukan atlet tersebut tersebut termasuk dalam dinamika rotasi.

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Perhatikan petunjuk berikut untuk memahami materi-materi dalam e-Modul ini, antara lain:

- 1). Bacalah modul ini secara berurutan dan pahami isinya
- 2). Pelajari contoh-contoh penyelesaian permasalahan secara seksama.
- 3). Kerjakan semua tugas-tugas yang ada dan dalam mengerjakan lembar latihan, jangan melihat kunci jawaban terlebih dahulu sebelum menyelesaikan latihan.
- 4). Konsultasikan dengan guru apabila mendapat kesulitan dalam mempelajari modul ini atau coba buka internet untuk memperdalam konsep.

"Pendidikan setingkat dengan olahraga dimana memungkinkan setiap orang untuk bersaing" – **Joyce Meyer**

"Sekolah maupun kuliah tidak mengajarkan apa yang harus kita pikirkan dalam hidup ini. Mereka mengajarkan kita cara berpikir logis, analitis dan praktis." – **Azis White**.

MATERI PEMBELAJARAN

Materi Pokok Pada emodul ini meliputi :

- Dinamika Rotasi.
- Keseimbangan Benda Tegar
- Titik berat



Daftar Isi

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Kegiatan Pembelajaran I

1. TUJUAN

Melalui proses mengamati, menanya, mencoba, menalar dan mengomunikasikan, peserta didik dapat:

- b. Memformulasikan pengaruh torsi pada sebuah benda dalam kaitannya dengan gerak rotasi benda tersebut
- c. Mengungkap analogi hukum II Newton tentang gerak translasi dan gerak rotasi
- d. Menggunakan konsep momen inersia untuk berbagai bentuk benda tegar
- e. Memformulasikan hukum kekekalan momentum sudut pada gerak rotasi

" Setitik embun dapat melembabkan daun daunan, sederas hujan dapat membahasi daun beserta dahannnya sungguh ilmu yang kamu dapat pada kami bagaikan hujan deras yang tak pernah berhenti membahasi kami. kami tumbuh dan berkembang dan selanjutnya memekari seluruh sekitar kami dan akhirnya membuat mahluk ciptaan Tuhan menjadi bahagia dengan keberadaan kami. Terima kasih telah menjadi hujan deras buat otak dan akhlak kami."

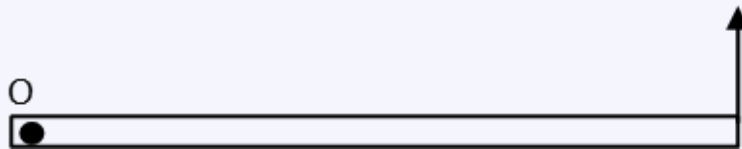
2. URAIAN MATERI DINAMIKA ROTASI

2.1. Momen Gaya

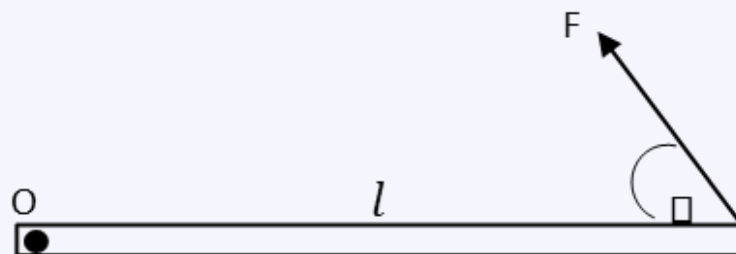
Jika sebuah benda diletakkan di atas bidang datar licin diberi gaya (F) maka benda tersebut akan mengalami gerak translasi.



Bagaimana jika sebuah batang dengan panjang meter, salah satu ujungnya (titik O) di buat poros dan ujung lainnya di beri gaya F maka batang akan mengalami gerak rotasi.

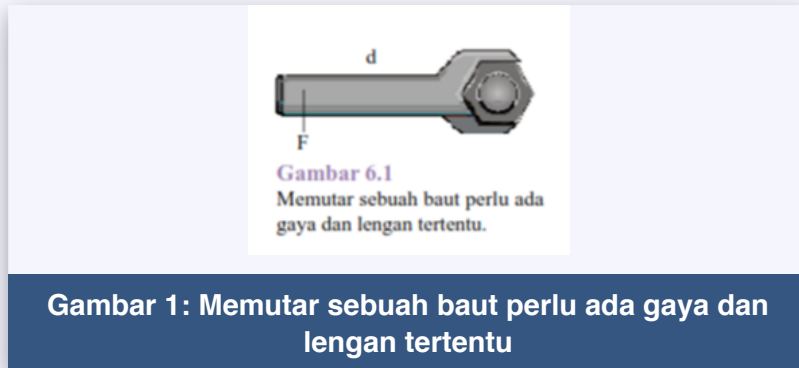


Besaran fisika yang menyebabkan benda mengalami rotasi di sebut momen gaya (Torsi). Momen gaya didefinisikan sebagai perkalian silang antara lengan gaya dan lengan gaya.



Lihat pada gambar diatas, untuk memutar baut diperlukan lengan d dan gaya F . Besar momen gaya didefinisikan sebagai hasil kali antara gaya yang bekerja dengan lengan yang saling tegak lurus.

Bagaimana jika membutuhkan sudut tertentu? Besarnya dapat memenuhi persamaan berikut.



Secara matematika dituliskan:

$$\tau = FL \sin \theta$$

Keterangan :

τ = Momen gaya (N.m)

L = Lengan gaya (m)

F = Gaya (N)

θ = sudut antara gaya dan lengan gaya

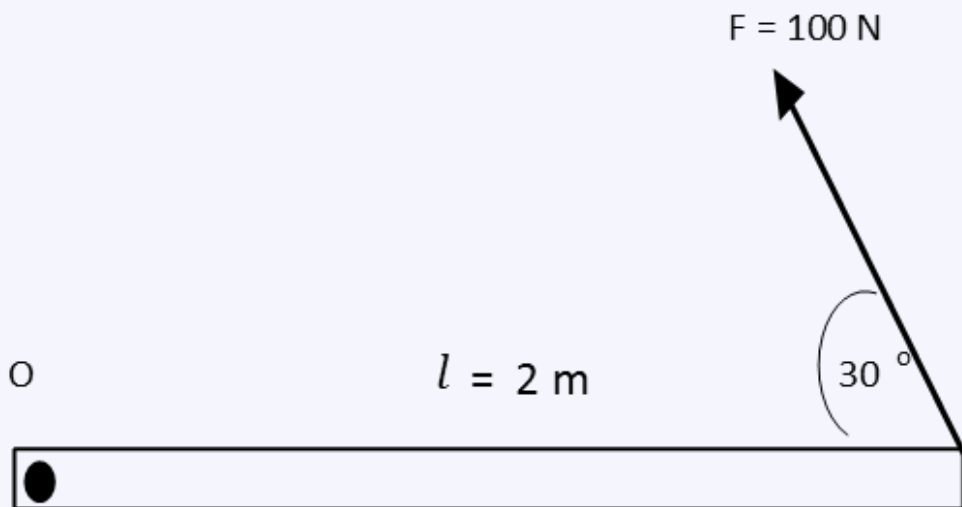
Catatan:

Momen gaya bertanda (+) jika putaran searah putaran jarum jam

Momen gaya bertanda (-) jika putaran berlawanan arah putaran jarum jam

Contoh soal!

Contoh 1 :



Tentukan momen gaya di titik O !

Penyelesaian:

$$\tau = FL \sin \theta$$

$$\tau_o = -2 \cdot 100 \cdot \sin 30^\circ = -200 \cdot 0,5 = -100 \text{ N} \cdot \text{m}$$

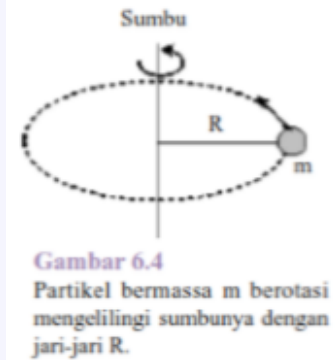
(100 Nm berlawanan arah putaran jarum jam)

2.2. MOMEN INERSIA

Pada gerak rotasi ini, kalian dikenalkan besaran baru lagi yang dinamakan momen inersia. Pasti kalian masi ingat dengan bunyi hukum pertama newton yang mengatakan bahwa benda yang bergerak akan cenderung terus bergerak, dan benda yang diam akan cenderung tetap diam. **Inersia** adalah kecenderungan suatu benda agar tetap mempertahankan keadaannya atau lembam. Oleh karena itu Hukum pertama Newton disebut juga sebagai Hukum Inersia atau Hukum Kelembaman.

Jadi **Momen inersia** berarti besaran yang nilainya tetap pada suatu gerak rotasi. Besaran ini analog dengan massa pada gerak translasi dan lurus. Momen Inersia adalah ukuran kelembaman benda dalam gerak melingkar, maksudnya kelembaman adalah sifat untuk mempertahankan kedudukannya. Maksudnya kalau benda sedang diam maka ia akan bertahan untuk diam, sedangkan kalau benda sedang berputar maka dia akan bertahan untuk berputar.

Besarnya momen inersia sebuah partikel yang berotasi dengan jari-jari R seperti pada gambar 2, didefinisikan sebagai hasil kali massa dengan kuadrat jari-jarinya.



Gambar 2: Partikel bermassa m berotasi mengelilingi sumbunya dengan jari-jari R

Momen gaya merupakan besaran yang di pengaruhi oleh gaya dan lengan. Seperti pada gambar 1, untuk memutar baut di pelukan lengan d dan gaya F . Besar momen gaya didefinisikan sebagai hasil kali antara gaya yang bekerja dengan lengan yang saling tegak lurus. Bagaimana jika membutuhkan sudut tertentu? Besarnya dapat memenuhi persamaan berikut.

Momen Inersia Dirumuskan dengan:

$$I = mr^2$$

Keterangan:

m = massa benda (kg)

r = jari-jari lintasan (m)

I = momen inersia (kg m^2)

contoh soal:

Sebuah titik massa berotasi dengan jari-jari 0,2 m mengelilingi sumbu. jika massa titik massa tersebut bermassa 3 kg. Berapakah momen inersianya?

Penyelisaian:

diketahui :

$$m = 3 \text{ kg}$$

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

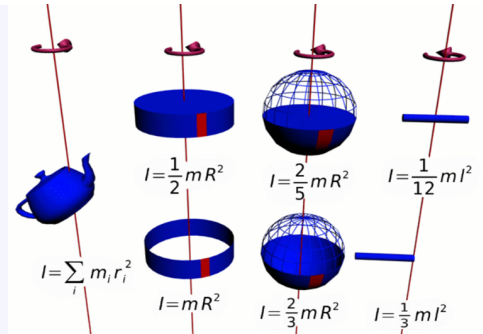
ditanya $I = \dots?$

$$I = m \cdot r^2$$

$$I = 3 \text{ kg} \cdot 0,2 \text{ m}^2$$

$$I = 0,12 \text{ kg m}^2$$

Momen inersia untuk berbagai benda berotasi pada berbagai sumbu dinyatakan dalam **Gambar** berikut.



Gambar 3: momen inersia pada beberapa benda yang berotasi

2.3. HUBUNGAN MOMEN GAYA DAN MOMEN INERSIA

Dengan menggunakan Hukum II Newton kita dapat memperoleh hubungan antara momen gaya dan momen inersia:

$$F = ma = m \cdot r \cdot a \times \frac{r}{r}$$

$$F r r = m a r$$

$$F r r = m a r r$$

karena $\tau = Fr$ dan $mr^2 = I$, sehingga diperoleh hubungan:

$$\tau = I\alpha$$

3. RANGKUMAN

Momen gaya didefinisikan sebagai perkalian gaya dengan lengan gaya yang tegak lurus, secara matematis dinyatakan $\tau = F l$ atau untuk gaya yang membentuk sudut θ terhadap lengan gaya, maka $\tau = F l \sin\theta$

Momen Inersia benda putar memenuhi syarat:

a. sistem partikel : $I = \sum m R^2$

b. sistem tegar : $I = k m R^2$

“ Jika kamu tidak mengejar apa yang kamu inginkan, maka kamu tidak akan mendapatkannya. Jika kamu tidak bertanya maka jawabannya adalah tidak. Jika kamu tidak melangkah maju, kamu akan tetap berada di tempat yang sama ”



Daftar Isi

Kegiatan Pembelajaran II

1. TUJUAN

Melalui proses mengamati, menanya, mencoba, menalar dan mengomunikasikan, peserta didik dapat:

- b. Memformulasikan hubungan Energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi
- c. Menformulasikan hubungan momentum sudut dan inersia benda
- d. Menggunakan konsep hukum kekekalan momentum sudut
- e. Memformulasikan hukum kekekalan momentum sudut pada gerak rotasi

" Setitik embun dapat melembabkan daun daunan, sederas hujan dapat membahasi daun beserta dahannnya sungguh ilmu yang kamu dapat pada kami bagaikan hujan deras yang tak pernah berhenti membahasi kami. kami tumbuh dan berkembang dan selanjutnya memekari seluruh sekitar kami dan akhirnya membuat mahluk ciptaan Tuhan menjadi bahagia dengan keberadaan kami. Terima kasih telah menjadi hujan deras buat otak dan akhlak kami."

2. URAIAN MATERI DINAMIKA ROTASI

2.3. Energi Kinetik Rotasi

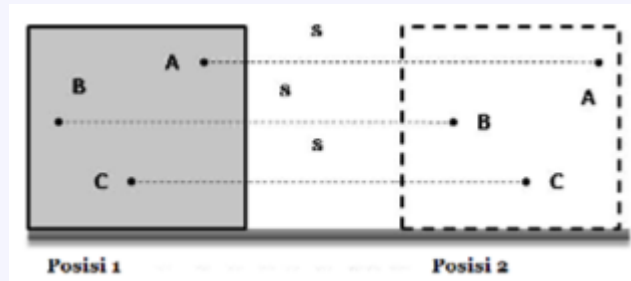


Gerak merupakan perubahan posisi atau kedudukan suatu titik atau benda terhadap titik acuan tertentu. Berdasarkan bentuk lintasannya gerak dapat dibedakan menjadi dua yaitu gerak translasi (pergeseran) dan gerak rotasi (melingkar).

a. Energi gerak translasi

Kata kinetik berasal dari kata Yunani, *kinetikos*, yang artinya "gerak". Jadi energi kinetik itu energi yang dimiliki benda-benda yang bergerak. sedangkan translasi itu bisa diartikan linear atau lurus. Gerak translasi dapat didefinisikan sebagai gerak pergeseran suatu benda dengan bentuk dan lintasan yang sama di setiap titiknya. Jadi sebuah benda dapat dikatakan melakukan gerak translasi (pergeseran) apabila setiap titik pada benda itu menempuh

lintasan yang bentuk dan panjangnya sama. Contoh gerak translasi silahkan lihat gambar di bawah ini.



Gambar di atas merupakan gerak sebuah balok di atas suatu permukaan datar tanpa mengguling, dari posisi 1 ke posisi 2 pada jarak yang sama yaitu sebesar s . Gambar di atas merupakan gerak sebuah balok di atas suatu permukaan datar tanpa mengguling, dari posisi 1 ke posisi 2 pada jarak yang sama yaitu sebesar s .

Setiap benda yang bergerak pasti mempunyai kecepatan (v), dan mempunyai massa (m). Jadi energi kinetik sebenarnya menggambarkan energi yang dimiliki sebuah benda yang bergerak dengan kecepatan tertentu. secara sistematis, energi kinetik suatu benda dinyatakan dalam persamaan:

$$E_{K_{trans}} = \frac{1}{2} mv^2$$

keterangan:

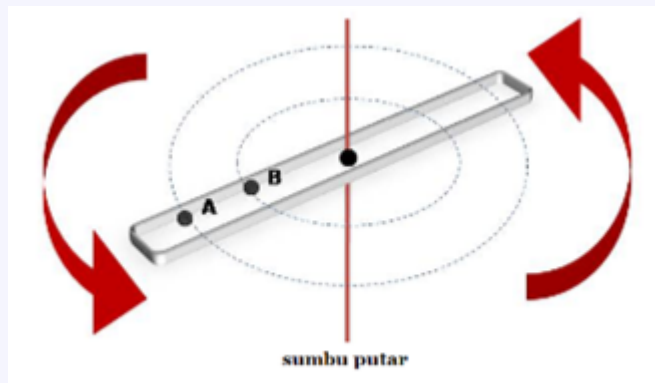
EK_{trans} = energi kinetik

m = massa

v = kecepatan linear

b. Energi gerak rotasi

Gerak rotasi dapat didefinisikan sebagai gerak suatu benda dengan bentuk dan lintasan lingkaran di setiap titiknya. Jadi, benda disebut melakukan gerak rotasi jika setiap titik pada benda itu (kecuali titik-titik pada sumbu putar) menempuh lintasan berbentuk lingkaran. Sumbu putar adalah suatu garis lurus yang melalui pusat lingkaran dan tegak lurus pada bidang lingkaran. Contoh gerak rotasi silahkan lihat gambar di bawah ini.



ot Gambar : gerak rotasi

Gambar di atas merupakan contoh gerak rotasi, di mana setiap titik pada benda yang berotasi bergerak melingkar mengelilingi sumbu putarnya.

ketika benda berotasi, semua partikel yang tersebar di seluruh bagian benda itu juga berotasi, setiapn partikel mempunyai massa

(m). Ketika benda tegar berotasi, setiap partikel itu juga bergerak dengan kecepatan (v) tertentu. Kecepatan setiap partikel bergantung pada jaraknya dari sumbu rotasi. Semakin jauh sebuah partikel dari sumbu rotasi, semakin cepat partikel itu bergerak (kecepatan kecil). Jadi persamaan gerak rotasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$EK_{rot} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Keterangan:

EK_{rot} = energi gerak rotasi

I = momen inersia

ω = kecepatan sudut

Benda yang menggelinding artinya benda tersebut selama berotasi juga mengalami translasi, sehingga benda yang menggelinding memiliki energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi yang besarnya :

$$E_m = EK_{trans} + EK_{rot}$$

$$= \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \frac{1}{2} I \cdot \omega^2$$

Contoh soal

Sebuah roda mobil memiliki massa 20 kg melaju di jalan dengan kecepatan 10 m/s. Jika roda mobil dianggap berbentuk silinder pejal, maka berapakah energi kinetiknya ketika roda tersebut menggelinding ?

Penyelesaian:

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$E_K = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} 2/5 mr^2 (v^2/r^2)$$

ingat :

$$v = wr \text{ atau } w = v/r$$

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{5} mv^2$$

$$E_K = 7/10 mv^2$$

$$E_K = 7/10 \cdot 20 \cdot (10)^2$$

$$E_K = 1400 \text{ Joule.}$$

2.4. MOMENTUM SUDUT

Momentum sudut merupakan besaran vektor. Momentum sudut merupakan momentum yang dimiliki benda-benda yang melakukan gerak rotasi. Momentum sudut sebuah partikel yang berputar terhadap sumbu putar didefinisikan sebagai hasil kali momentum linear partikel tersebut terhadap jarak partikel ke sumbu putarnya.

Arah momentum sudut dari suatu benda yang berotasi dapat ditentukan dengan kaidah aturan tangan kanan. Jika keempat jari menyatakan arah gerak rotasi, maka ibu jari menyatakan arah momentum sudut. Pada gerak translasi benda memiliki momentum linear sedangkan pada gerak rotasi ada momentum sudut.

Arah momentum sudut L tegak lurus dengan arah r dan arah v . Arah momentum sudut sesuai dengan arah putaran sekrup tangan kanan yang ditunjukkan pada gambar:

Untuk benda bermassa m bergerak rotasi pada jarak r dari sumbu rotasi dengan kecepatan linear v , maka persamaan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$L = I \cdot \omega$$

Keterangan

L = Momentum sudut

I = Momen inersia

ω = Kecepatan sudut

Hukum Kekekalan Momentum Sudut

Dari persamaan momentum sudut di atas tampak jika torsi pada suatu sistem adalah nol maka $dL = 0$ atau perubahan momentum sudutnya kekal. Apabila $\tau = 0$ maka L konstan, merupakan hukum kekekalan momentum.



(Orban/Corbis/Sygma)

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Sebagai contoh seorang penari (gambar di atas) balet berputar dengan kecepatan sudut ω , momen inersianya I_m . Bila dia kemudian merentangkan kedua tangannya sehingga momen inersianya menjadi I_a , berapa

kecepatan sudut penari sekarang? kita bisa menyelesaikan dengan menggunakan hukum kekekalan momentum sudut. Pada penari tidak ada gaya luar maka tidak ada torsi dari luar, sehingga momentum sudut kekal:

$$L_m = I\alpha$$

$$L_m\omega_m = I\alpha\omega_m$$

3. RANGKUMAN

Pada benda yang bergerak translasi atau bergerak rotasi akan mempunyai energi kinetik benda:

a. Translasi : $E_{Kt} = \frac{1}{2} m v^2$

b. Rotasi : $E_{Kr} = \frac{1}{2} I \omega^2$

c. Menggelinding : $E_K = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$

Momentum benda yang bergerak

a. Translasi : $p = m \cdot v$

b. Rotasi : $L = I \omega$

Jika pada gerak rotasi suatu benda tidak dipengaruhi momen gaya luar maka momentum sudut benda itu kekal.

“ Jika kamu tidak mengejar apa yang kamu inginkan, maka kamu tidak akan mendapatkannya. Jika kamu tidak bertanya maka jawabannya adalah tidak. Jika kamu tidak melangkah maju, kamu akan tetap berada di tempat yang sama ”



Daftar Isi

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Kegiatan Pembelajaran III

1. TUJUAN

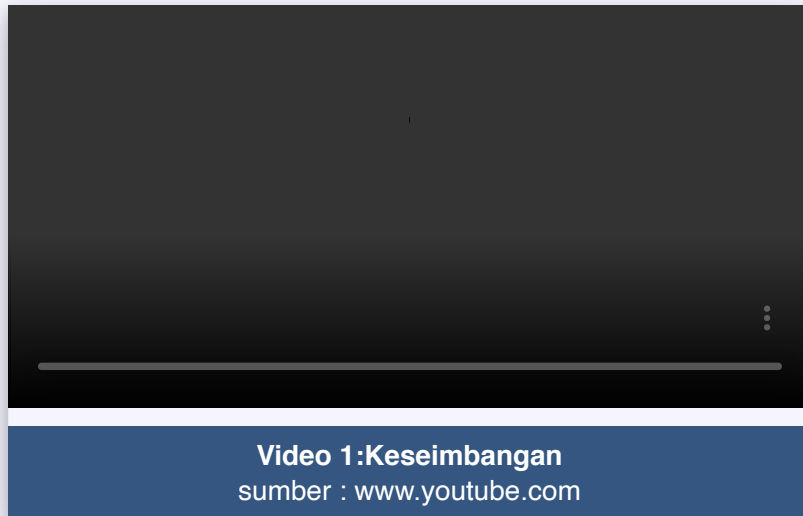
Melalui proses mengamati, menanya, mencoba, menalar dan mengomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Mengaplikasikan konsep keseimbangan Torsi dan keseimbangan gaya untuk memecahkan permasalahan keseimbangan
- b. Menentukan titik berat suatu benda

" Setitik embun dapat melembabkan daun daunan, sederas hujan dapat membahasi daun beserta dahannnya sungguh ilmu yang kamu dapat pada kami bagaikan hujan deras yang tak pernah berhenti membahasi kami. kami tumbuh dan berkembang dan selanjutnya memekari seluruh sekitar kami dan akhirnya membuat mahluk ciptaan Tuhan menjadi bahagia dengan keberadaan kami. Terima kasih telah menjadi hujan deras buat otak dan akhlak kami."

2. URAIAN MATERI DINAMIKA ROTASI

Sebelum kita membahas tentang Keseimbangan benda tegar dan titik Bera, mari kita simak video berikut:



2.5. Keseimbangan Benda Tegar

Keseimbangan adalah suatu kondisi benda dengan resultan gaya dan resultan momen gaya sama dengan nol.

Keseimbangan biasa terjadi pada:

1. Benda yang diam (statik)

contoh semua bangunan gedung, jembatan, pelabuhan, dan lain-lain.

2. Benda yang bergerak lurus beraturan

contoh gerak meteor di ruang hampa, gerak kereta api di luar kota, elektron mengelilingi inti atom, dan lain-lain.

Keseimbangan benda tegar dibedakan menjadi dua:

1. Keseimbangan partikel

2. Keseimbangan benda

Keseimbangan benda tegar adalah kondisi dimana momentum benda tegar sama dengan nol. Artinya jika awalnya benda tegar tersebut diam, maka akan tetap diam.

Namun jika awalnya benda tegar tersebut bergerak dengan kecepatan konstan, maka ia akan tetap bergeser dengan kecepatan konstan.

sedangkan benda tegar sendiri adalah benda yang bentuknya (geometrinya) akan selalu tetap sekalipun dikenakan gaya dan bentuknya tidak akan berubah, contohnya: meja, kursi, bola, dll.

Perlu diperhatikan bahwa momentum terbagi menjadi dua, yakni momentum linier dan momentum angular. Pertama-tama kita meninjau momentum linier $p = 0$. Momentum linier dan impuls dihubungkan dengan persamaan $\sum F \cdot \Delta t = \Delta p$ dapat juga ditulis menjadi $\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ karena p konstan maka akibatnya Δp sama dengan 0. Sehingga $\sum F = 0$.

Kemudian dengan cara yang sama kita meninjau momentum angular L . Momentum angular dan impuls angular dihubungkan oleh persamaan $\sum \tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$. Karena L konstan maka akibatnya ΔL sama dengan nol. Sehingga $\sum \tau = 0$.

Akhirnya dapat disimpulkan bahwa suatu benda/ sistem dikatakan setimbang jika ia memenuhi dua syarat berikut:

1. $\sum F = 0$

2. $\sum \tau = 0$

Seperti yang telah dijelaskan di atas tentang syarat-syarat keseimbangan statis, sebuah benda berada dalam keadaan diam jika tidak ada gaya total dan torsi total yang bekerja pada benda tersebut. dengan kata lain, jika gaya total dan torsi total = 0, maka benda berada dalam keseimbangan statis (statis = diam).

Dalam kehidupan sehari-hari tidak selalu kita jumpai benda selalu dalam keadaan diam, mungkin pada mulanya diam, tetapi jika diberi gangguan (misalnya ditiup angin) benda bisa saja bergerak, pertanyaannya apakah setelah bergerak benda itu kembali lagi keposisinya semula atau benda tidak akan kembali ke posisi semula?. Hal ini sangat bergantung pada jenis benda tersebut.

Jika sebuah benda yang sedang diam mengalami gangguan (terdapat gaya total atau torsi total yang bekerja pada benda tersebut), tentu saja benda akan berpindah tempat. Setelah bergerak terdapat tiga kemungkinan yakni:

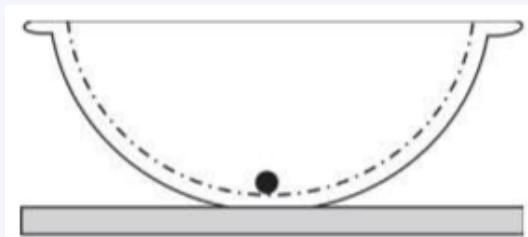
1. Benda akan kembali keposisinya semula

2. Benda berpindah lebih dari posisinya semula
3. Benda tetap berada pada posisinya yang baru.

Jenis-Jenis Keseimbangan

1. Keseimbangan Stabil.

Misalnya mula-mula benda dalam keadaan diam, dalam hal ini tidak ada gaya total atau torsi total yang bekerja pada gaya tersebut. Jika pada benda dikerjakan gaya atau torsi, benda akan bergerak. Benda dikatakan berada dalam keseimbangan stabil jika setelah bergerak, benda kembali keposisi semula. dalam hal ini gaya total atau torsi total muncul setelah benda bergerak(sesuai dengan kemungkinan 1).



2. Keseimbangan Labil.

Sebuah benda dikatakan berada dalam keadaan labil jika setelah bergerak benda bergerak lebih jauh lagi dari posisinya semula (tidak dapat kembali keposisi semula), contohnya : pohon yang jatuh. Dalam hal ini sesuai dengan kemungkinan ke 2.

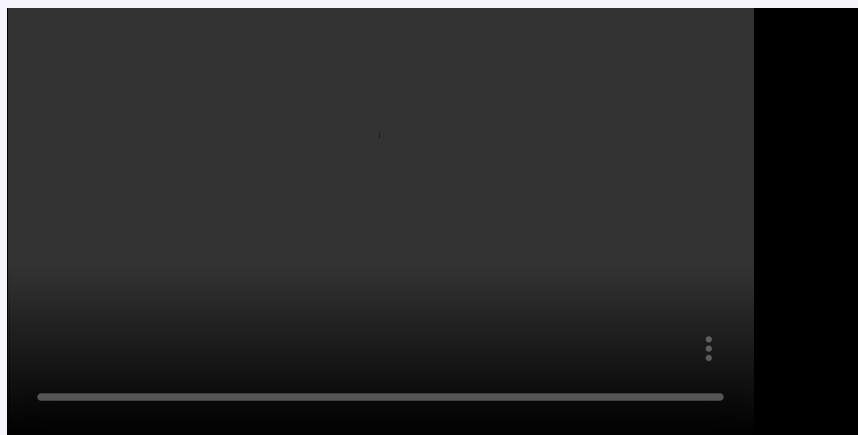


3. Keseimbangan Netral

Sebuah benda dikatakan berada dalam keseimbangan netral jika setelah digerakkan, benda tersebut tetap diam diposisi yang baru (sesuai dengan kemungkinan ke 3).



Berikut video mengenai keseimbangan benda tegar yang bisa di peragakan oleh peserta didik dengan menggunakan alat yang mudah diperoleh.



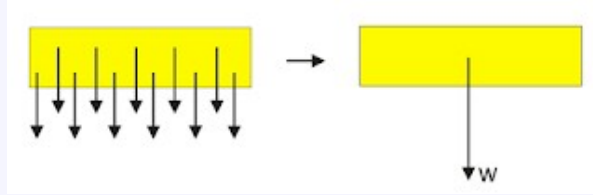
Video 2: Keseimbangan benda tegar

2.6. Titik Berat

Titik berat adalah titik tangkap gaya dari suatu benda atau sistem benda. Titik berat menurut bentuk benda dibedakan menjadi 3 natara lain:

- Benda berbentuk garis/kurva, contoh: kabel, lidi, benang, sedotan, dll.
- Benda berbetuk bidang/luasan, contoh: kertas karton, tripleks, kaca, penggaris, dll.
- Benda berbentuk bangunan/ruang, contoh: kubus, balok, bola, kerucut, tabung, dll.

Setiap benda yang menempati ruang pasti memiliki massa dan berat. massa merupakan unsur instrinsik yang dimiliki oleh setiap benda. Jadi massa itu bagian yang tak terpisahkan dari benda, yang selalu ada bersama dengan benda tersebut. sedangkan gaya berat (biasa disebut berat saja) atau biasa pula disebut sebagai gaya gravitasi merupakanbesar gaya yang timbul akibat adanya interaksi antar benda bermassa. Misalnya berat sebuah batu adalah 10 newton, maka berat disini merupakan gaya interaksi batu tersebut terhadap bumi. Berat bumi ini merupakan hasil permukaan hasil perkalian massa dengan percepatan gravitasi, perhatikan gamabr berikut:

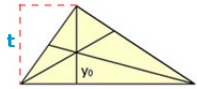
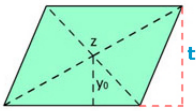
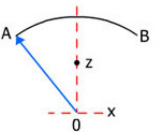
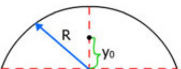


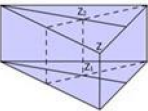
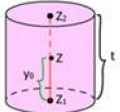
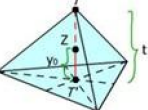
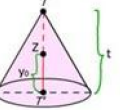
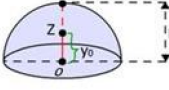
Partikel sekecil apapun juga pasti akan memiliki berat total yang dimiliki oleh suatu benda merupakan jumlah total dari setiap gaya berat (gaya gravitasi) yang dialami oleh setiap partikel-partikel penyusunnya. jadi berat batu yang tadi 10 Newton merupakan hasil dari penjumlahan berat-berat dari partikel-partikel penyusun buku tersebut. semua gaya tersebut mengarah ke bawah (pusat bumi)/ seperti tampak pada gambar, diantara semua gaya-gaya tersebut, terdapat satu titik yang merupakan pusat dari semua gaya-gaya yang dihasilkan dari partikel penyusun. Titik tersebutlah yang kemudian disebut sebagai titik berat. Apabila sebuah benda tegar datar (dua dimensi), misalnya karton berbentuk persegi, di tumpuk pada titik beratnya, maka akan terjadi keseimbangan. Titik berat karton tersebut berada pada bagian tengah/pusat bangun datar.

Cara Menentukan Titik Berat Benda

Sekarang bagaimana kita menentukan letak titik berat suatu benda? untuk benda homogen (penyusun zatnya sama) yang memiliki bentuk yang teratur, maka cara menentukannya tidak terlalu sulit. dimana titik berat suatu benda selalu berada di pusat persebaran massa berkonsentrasi.

Perhatikan titik berat dari gambar berikut.

Nama benda	Gambar benda	Letak titik berat	Keterangan
1. Bidang segitiga		$y_0 = \frac{1}{3} t$	t = tinggi segitiga
2. Jajaran Genjang		$y_0 = \frac{1}{2} t$	t = tinggi
3. Bidang juring lingkaran		$y_0 = \frac{2}{3} R \frac{\text{talibusur AB}}{\text{busur AB}}$	R = jari-jari lingkaran
4. Bidang setengah lingkaran		$y_0 = \frac{4R}{3\pi}$	

Nama benda	Gambar benda	Letak titik berat	Keterangan
1. Prisma pejal beraturan		Z pada titik tengah z_1z_2 $y_0 = \frac{1}{2} l$ $V = \text{luas alas} \times \text{tinggi}$	z_1 = titik berat bidang alas z_2 = titik berat bidang atas l = panjang sisi tegak V = volume
2. Silinder pejal		$y_0 = \frac{1}{2} t$ $V = \pi R^2 \cdot t$	t = tinggi silinder R = jari-jari lingkaran
3. Limas pejal beraturan		$y_0 = \frac{1}{4} t = \frac{1}{4} t$ $V = \frac{\text{luas alas} \times \text{tinggi}}{3}$	$TT' = t$ = tinggi limas beraturan
4. Kerucut pejal		$y_0 = \frac{1}{4} t$ $V = \frac{\pi R^2 \cdot t}{3}$	t = tinggi kerucut R = jari-jari lingkaran
5. Setengah bola		$y_0 = \frac{3}{8} R$ $V = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{2}{3} \pi R^3$	R = jari-jari bola

Itulah cara menentukan titik berat dengan memperhatikan bentuk bangun dari benda.

Selanjutnya bagaimana menentukan titik berat secara kuantitatif? secara sistematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$x = \frac{w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + \dots}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots} = \frac{\sum w_n x_n}{\sum w_n}$$

$$y = \frac{w_1y_1 + w_2y_2 + w_3y_3 + \dots}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots} = \frac{\sum w_n y_n}{\sum w_n}$$

Keterangan:

x,y = koordinat disumbu kartesius (m)

w = berat partikel (kg)

Rumus tersebut di atas dapat juga diturunkan seperti pada di bawah ini. Dan untuk benda yang berbetuk dua dimensi dantiga dimensi adalah sebagai berikut:

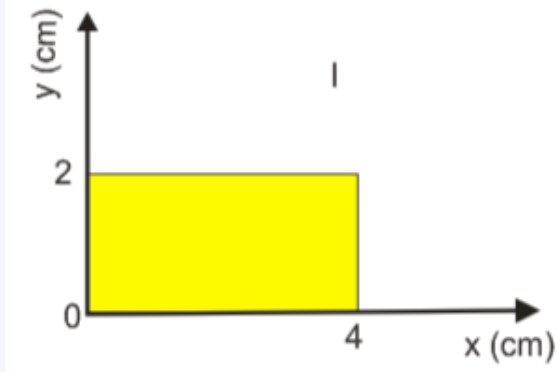
$$x = \frac{\sum m_n x_n}{\sum m_n}, y = \frac{\sum m_n y_n}{\sum m_n} \dots\dots\dots \text{Untuk menggunakan massa}$$

$$x = \frac{\sum A_n x_n}{\sum A_n}, y = \frac{\sum A_n y_n}{\sum A_n} \dots\dots\dots \text{Untuk benda dua dimensi dengan A = area (luas)}$$

$$x = \frac{\sum V_n x_n}{\sum V_n}, y = \frac{\sum V_n y_n}{\sum V_n} \dots\dots\dots \text{Untuk benda tiga dimensi dengan V =volume}$$

Contoh soal

Tentukan titik berat dari benda berikut ini!



Untuk titik berat dari bangun dengan melihat sekilas maka akan dapat di tebak bahwa koordinat titik berat dilihat mulai dari angka 0 sampai 4 pada garis x, dn pada garis y = 0 - 2 yaitu:

pada garis x = 2

pada garis y = 1

sehingga didapat (2,1)

untuk luas bangun di tentukan dengan luas dari benda tersebut yaitu:

luas persegi panjang adalah $P \times L = 4 \times 2 = 8 \text{ cm}$.

$$x = \frac{A_1 x_1}{A_1} = \frac{8 \cdot 2}{8} = 2 \text{ cm}$$

$$y = \frac{A_1 y_1}{A_1} = \frac{8 \cdot 1}{8} = 1 \text{ cm}$$

Jadi koordinat yang diperoleh adalah (2,1) cm.

Di atas telah dibahas tentang bagaimana menentukan titik berat pada benda yang beraturan, Kemudian berikut adalah video untuk menentukan titik berat pada benda tak beraturan.



Video 3: Menentukan titik berat pada benda yang beraturan

3. RANGKUMAN

Syarat keseimbangan benda terjadi jika, jumlah gaya dan jumlah torsi yang bekerja benda jumlahnya nol, atau

1. $\sum F = 0$

2. $\sum \tau = 0$

Setiap benda mempunyai titik tangkap gaya yaitu suatu titik jika ditopang pada titik tersebut maka benda akan mengalami keseimbangan yang disebut sebagai titik berat atau bisa juga disebut sebagai pusat massa.

“ Jika kamu tidak mengejar apa yang kamu inginkan, maka kamu tidak akan mendapatkannya. Jika kamu tidak bertanya maka jawabannya adalah tidak. Jika kamu tidak melangkah maju, kamu akan tetap berada di tempat yang sama ”



Daftar Isi

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

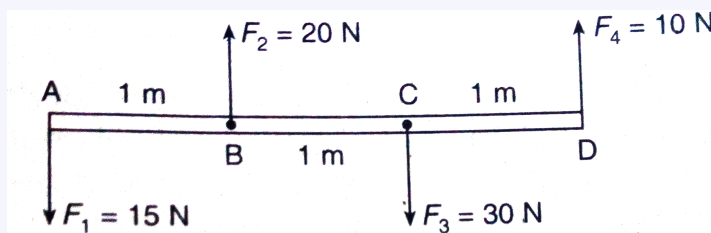
Latihan Pilihan Ganda

1. Bola tolak peluru seberat 4 kg digelindingkan di atas tanah. Jika diameter bola 10,5 cm, momen inersia bola tersebut sebesar ...

- ☐ A $4,41 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
- ☐ B $2,22 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
- ☐ C $5,26 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
- ☐ D $6,23 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$
- ☐ E $7,24 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$

BENAR

2. Empat buah gaya bekerja pada batang seperti gambar berikut:

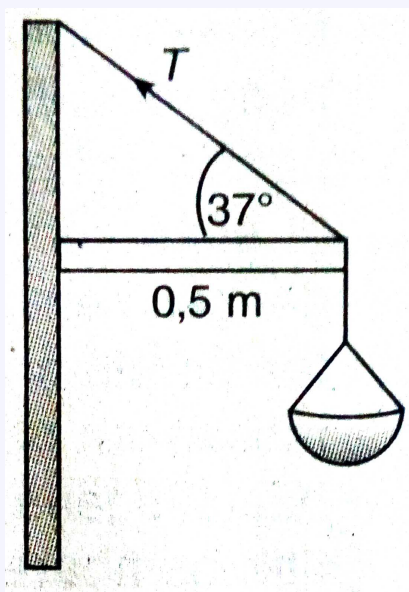


Jika massa batang diabaikan, momen gaya yang bekerja pada batang pada titik D sebagai sumbu putar sebesar ...

- ☐ A 115 Nm
- ☐ B 35 Nm
- ☐ C 55 Nm
- ☐ D 25 Nm
- ☐ E 15 Nm

BENAR

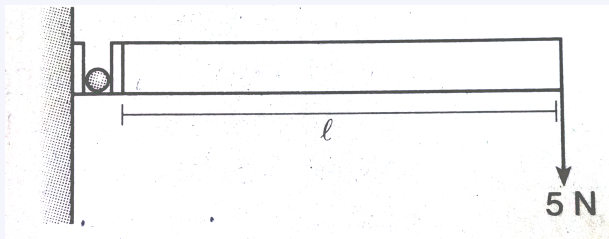
3. Lampu digantungkan pada batang dengan panjang 0,5 m seperti gambar di bawah. Jika massa lampu 0,5 kg dan massa batang penggantung 1 kg, tegangan pada kawat sebesar ...



- ☐ A 5,0 N
- ☐ B 7,5 N
- ☐ C 16,67 N
- ☐ D 12,5 N
- ☐ E 10,0 N

BENAR

-
4. Jendela rumah yang terhubung dengan engsel dilustrasikan sebagai berikut.

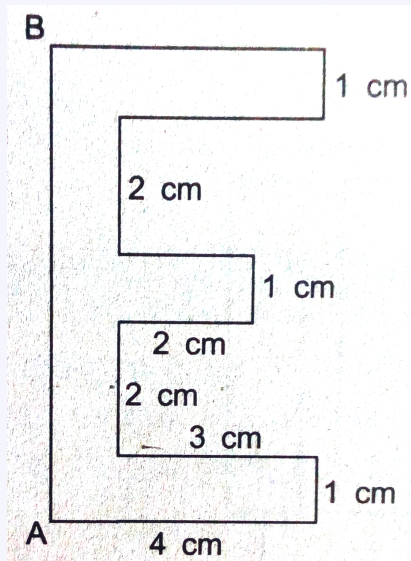


Jika nilai $l = 50\text{ cm}$, momen gaya total saat membuka pintu sebesar ...

- ☐ A 4,25 Nm
- ☐ B 3,50 Nm
- ☐ C 3,75 Nm
- ☐ D 2,50 Nm
- ☐ E 5,00 Nm

BENAR

5. Perhatikan bangun berikut!



Titik berat bangun di atas jika diukur tegak lurus dari garis AB sejauh ...

- ☐ A 1,0 cm
- ☐ B 1,25 cm
- ☐ C 2,0 cm
- ☐ D 1,75 cm
- ☐ E 1,50 cm



Daftar Isi

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

No.	Pertanyaan	Jawaban	
01.	Saya Mampu mengidentifikasi besar torsi yang bekerja pada suatu benda	☐ Ya	☐ Tidak
02.	Saya Mampu menjelaskan momen inersia pada benda tegar	☐ Ya	☐ Tidak
03.	Saya Mampu menghitung besar torsi yang bekerja pada benda	☐ Ya	☐ Tidak
04.	Saya Mampu menghitung energi kinetik benda yang menggelinding	☐ Ya	☐ Tidak
05.	Saya Mampu menggunakan konsep keseimbangan untuk menyelesaikan permasalahan keseimbangan	☐ Ya	☐ Tidak
06.	Saya Mampu menentukan letak titik berat benda	☐ Ya	☐ Tidak

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review

pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.



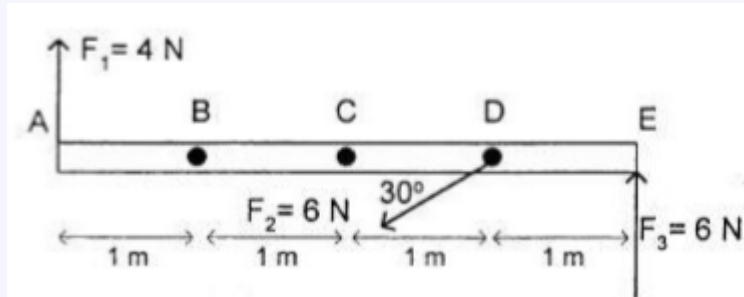
Daftar Isi

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

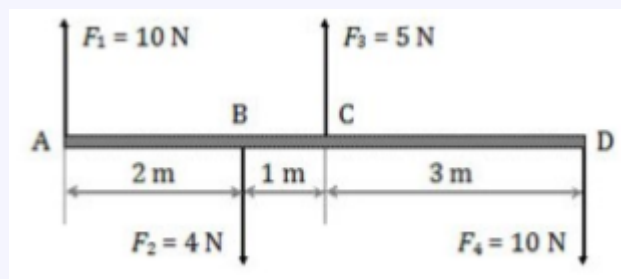
Evaluasi

01. Perhatikan gambar berikut!



Jika massa batang diabaikan, besar momen gaya terhadap titik C adalah ...

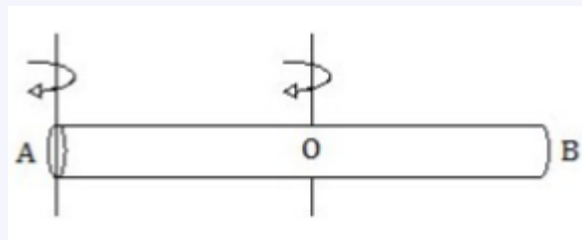
- ☐ A. 1 Nm
 - ☐ B. 4 Nm
 - ☐ C. 12 Nm
 - ☐ D. 20 Nm
 - ☐ E. 28 Nm
02. Perhatikan gambar berikut Gaya F_1 , F_2 , F_3 , dan F_4 bekerja pada batang ABCD seperti pada gambar.



Jika massa batang diabaikan maka nilai momen gaya terhadap titik A adalah

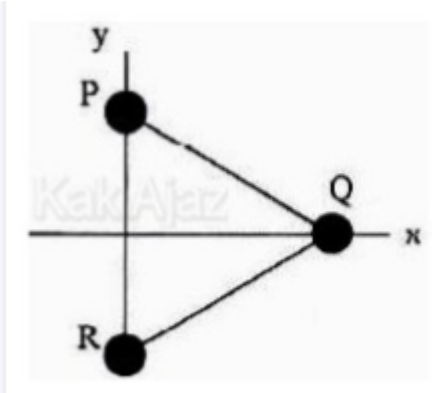
- ☐ A. 15 Nm
- ☐ B. 38 Nm
- ☐ C. 35 Nm
- ☐ D. 53 Nm
- ☐ E. 68 Nm

03. Batang AB massanya 2 kg diputar melalui ujung A ternyata momen inersianya 8 kg.m².



Bila diputar melalui pusat O ($AO = OB$), momen inersianya menjadi

- ☐ A. 2 kg m²
 - ☐ B. 4 kg m²
 - ☐ C. 8 kg m²
 - ☐ D. 12 kg m²
 - ☐ E. 16 kg m²
04. Tiga benda P, Q, dan R terletak pada bidang x-y yang saling dihubungkan dengan batang tipis dan ringan membentuk sistem benda tegar. Data benda diberikan pada tabel:



Benda	Massa (kg)	Koordinat (meter)
P	1	(0, 3)
Q	2	(4, 0)
R	1	(0, -3)

Sistem diputar pada poros yang menembus bidang melalui benda Q dan tegak lurus bidang gambar, maka besar momen inersia sistem adalah

- ☐ A. 5 kg m^2
- ☐ B. 14 kg m^2
- ☐ C. 20 kg m^2
- ☐ D. 40 kg m^2
- ☐ E. 50 kg m^2

05. Atlet loncat indah bermassa 60 kg melakukan lompatan lurus dengan kecepatan sudut $0,5\pi \text{ rad/s}$ terhadap pusat massanya. Selanjutnya, atlet tersebut menggulung badannya dan membentuk lingkaran dengan jari-jari sekitar 34 cm. Anggap badan atlet adalah batang homogen dengan panjang 1,8 m. Kecepatan sudut atlet saat menggulung tubuhnya sebesar ...

- ☐ A. $2,42\pi$ rad/s
- ☐ B. $2,92\pi$ rad/s
- ☐ C. $3,54\pi$ rad/s
- ☐ D. $3,76\pi$ rad/s
- ☐ E. $4,12\pi$ rad/s

06. Bandul bermassa 0.01 kg diikat pada tali, lalu tali diputar sehingga bandul berputar horizontal dengan jari-jari 0,5 m. Bandul memerlukan waktu 0.314 sekon untuk melakukan satu putaran. Jika tali diperpendek menjadi setengah kali panjang tali semua, kecepatan sudut putaran menjadi ...

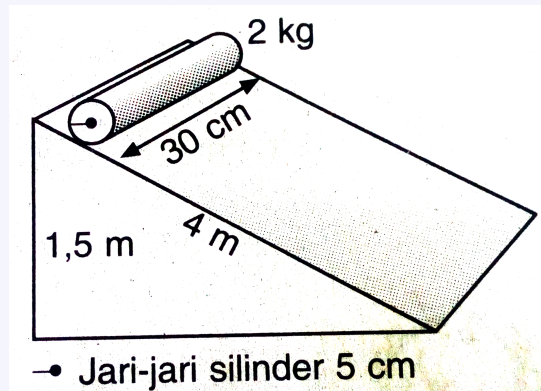
- ☐ A. 20 rad/s
- ☐ B. 40 rad/s
- ☐ C. 50 rad/s
- ☐ D. 80 rad/s
- ☐ E. 100 rad/s

07. Bola pejal bermassa 2 m digelindingkan pada lantai dan mengalami gerak translasi dan gerak rotasi. Jika kecepatan linier dan kacepatan sudut berturut-turut v dan ω , energi kinetic bola pejal sebesar ...

- ☐ A. $\frac{2}{5} m/v^2$
- ☐ B. $\frac{1}{2} m/v^2$
- ☐ C. $\frac{7}{5} m/v^2$
- ☐ D. $\frac{3}{2} m/v^2$
- ☐ E. $\frac{9}{5} m/v^2$

08. Silinder pejal berjari-jari 5 cm menggelinding diatas bidang miring seperti ditunjukkan pada gambar. Kecepatan silinder saat

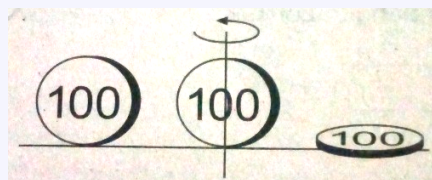
menyentuh lantai sebesar ...



- ☐ A. $4\sqrt{5} \text{ m/s}$
- ☐ B. $2\sqrt{5} \text{ m/s}$
- ☐ C. $5\sqrt{3} \text{ m/s}$
- ☐ D. $4\sqrt{3} \text{ m/s}$
- ☐ E. $2\sqrt{3} \text{ m/s}$

09.

Perhatikan gambar berikut!

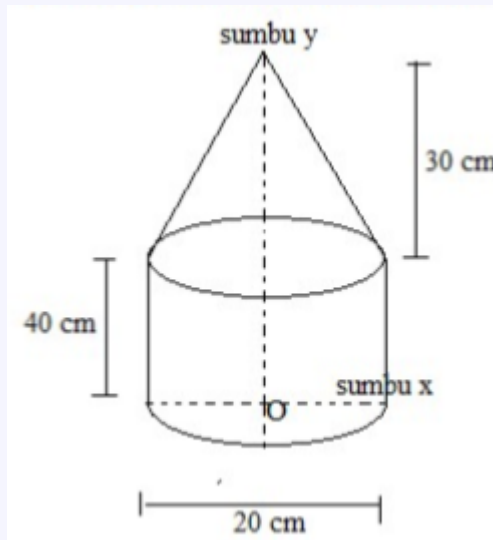


Aldi bermain koin. Koin diberi gangguan sehingga berputar. Lama-lama koin berhenti dan jatuh. Berdasarkan kasus tersebut, koin mengalami keseimbangan ...

- ☐ A. Stabil
- ☐ B. Labil

- ☐ C. Netral
- ☐ D. Indeveren
- ☐ E. Tetap

10. Gambar berikut adalah susunan benda pejal homogen yang terdiri dari silinder pejal dan kerucut pejal. Koordinat titik berat susunan benda terhadap titik O adalah ...



- ☐ A. (0 ; 20) cm
- ☐ B. (0 ; 20,5) cm
- ☐ C. (0 ; 25,5) cm
- ☐ D. (0 ; 35) cm
- ☐ E. (0 ; 50) cm



Hasil Evaluasi

Nilai	Deskripsi



Daftar Isi

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Daftar Pustaka

- Assidiq, Abdul Kahfi. 2009. *Kamus Lengkap Fisika*. Yogyakarta: Panji Pustaka.
- Hartanta dan reza Widya Satria. 2006. *Fisika Mengungkap Fenomena Alam untuk XI*. Klaten: Cempaka Putih.
- Isyono, Edi. 2007. *Fisika Kelas XI untuk SMA/MA*. Klaten: Intan Pariwara
- Redaksi Kawan pustaka. 2005 *Rangkuman Rumus Matematika, Fisika, dan Kimia SMA*. Jakarta: Kawan Pustaka.
- Siswanto dan Sukaryadi. 2007. *Kompetensi Fisika*. Yogyakarta: PT Citra Aji Parama.
- Slavin, Robert E. 2008. *Cooperative Learning, Teori, Riset, dan Praktik*. Bandung: Nusa Media.
- Pujianto, Adip Ma'rifu Sururi, Risdiyani Chasanah, dan Rinawan Abadi. 2016. *Buku Siswa Fisika untuk SMA/MA, Kelas XI, Program Peminatan Matematika dan ilmu-ilmu Alam*. Klaten: Intan Pariwara.
- 2016. *Buku Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XI, Program Peminatan Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam*. Klaten: Intan Pariwara.

e-Modul 2019

Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan