

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

[FISIKA]

**[1.1 Besaran, Satuan dan Angka
Penting]**



[Susilo]

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017**

1.1 Materi Pokok: Besaran, Satuan dan Angka Penting

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

1.1 Memahami hakikat fisika dan prinsip-prinsip pengukuran (ketepatan, ketelitian, dan aturan angka penting)

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menentukan hasil pengukuran menggunakan aturan angka penting dari hasil pengukuran panjang suatu benda menggunakan micrometer skrup atau jangka sorong (IPK)

Besaran Satuan Dimensi dan Angka Penting

Besaran dan Satuan

Dalam kehidupan sehari-hari, kita pernah berkata bahwa ukuran kereta api itu panjang sekali, atau pohon itu tinggi dan rindang. Ada dilain waktu, teman kita yang bertanya : waktu sekarang menunjukkan pukul berapa? Dari beberapa ungkapan diatas, seperti **panjang** atau tinggi dan **waktu**, merupakan besaran yang dikenal dalam fisika. Dengan demikian definisi besaran dalam fisika dapat ditulis : **Besaran adalah segala sesuatu yang dapat diukur yang memiliki nilai dan satuan.** Besaran ini dinyatakan dalam angka melalui hasil pengukuran. Oleh karena suatu besaran berbeda dengan besaran lainnya, maka ditetapkanlah satuannya untuk tiap besaran. **Contoh** : Besaran panjang satuannya meter. Besaran waktu satuannya detik atau sekon, dan seterusnya. Jadi **Satuan** adalah **sesuatu atau ukuran yang digunakan untuk menyatakan suatu besaran.** Dalam Fisika dikenal dua jenis besaran, yaitu **besaran pokok dan besaran turunan.**

Besaran pokok dan Besaran Turunan

Besaran pokok :

Besaran pokok adalah **besaran yang satuannya telah ditetapkan terlebih dahulu dan tidak diturunkan dari besaran lain**. Didalam System Internasional terdapat 7(tujuh) besaran pokok yang memiliki dimensi dan 2(dua) besaran tambahan yang tidak memiliki dimensi. Tabel dibawah menunjukkan 7(tujuh) besaran pokok dalam System Internasional, yang memiliki dimensi dengan satuannya.

Tabel 1. Besaran pokok dalam Sistem Internasional (SI)

No	Besaran Pokok		Satuan SI		
	Nama	Simbul	Nama	Simbul	Dimensi
1	Panjang	<i>l</i>	meter	m	L
2	Masa	<i>m</i>	kilogram	kg	M
3	Waktu	<i>t</i>	sekon	s	T
4	Suhu	<i>T</i>	Kelvin	K	θ
5	Kuat arus	<i>i</i>	ampere	A	I
6	Intensitas cahaya	<i>I</i>	candela	cd	J
7	Jumlah molekul zat	<i>N</i>	mole	mol	N

Besaran pokok lainnya yang merupakan besaran pokok tambahan dan tidak memiliki dimensi ada 2 (dua), yaitu Besaran sudut datar dengan satuan Radian dan Besaran Sudut Ruang dengan satuan Steradian

Besaran Turunan :

Besaran turunan adalah besaran yang diturunkan dari satu atau lebih besarn pokok. Contoh: Besaran Pokok Panjang mempunyai turunan Luas dan Volume. Beberapa besaran Fisika yang termasuk besaran turunan adalah, Massa jenis, Kecepatan, Percepatan, Berat, gaya, Momentum, Impuls, Momen gaya, Medan Listrik, Usaha, Energi, daya dan masih banyak lagi.

Besaran turunan adalah besaran yang satuannya tersusun dari satuan besaran pokok.

Susunan satuan besaran turunan tergantung pada cara merumuskan besaran turunan, misalnya:

- Masa jenis = masa/volume
 $= \text{kg}/\text{m}^3 = \text{kg m}^{-3}$
- Gaya = masa x percepatan
 $= \text{kg m}/\text{s}^2 = \text{kg ms}^{-2}$
- Luas = panjang x lebar

- $= m \times m = m^2$
- d. Kecepatan = jarak/waktu
 $= m/s = ms^{-1}$
- e. Tekanan = gaya/(luas penampang)
 $= N/m^2 = Nm^{-2}$
- f. Usaha = gaya x jarak
 $= N \times m = Nm$

Satuan :

Satuan adalah sesuatu atau ukuran yang digunakan untuk menyatakan suatu besaran. Ada 2(dua) macam sistem satuan yang banyak digunakan untuk pengukuran besaran, yaitu sistem Inggris dan sistem Metrik. Sistem Metrik lebih banyak dipakai oleh sebagian besar negara di Eropa dan lainnya, sedangkan sistem Inggris hanya dipakai oleh Negara-negara Inggris, Amerika dan bekas jajahannya.

Dalam sidangnya pada tahun 1960, CGPM (Conference Generale des Poldes et Mesures) telah meresmikan suatu sistem satuan yang dikenal dengan System Internationale d'Unites, disingkat SI.

System ini terdiri atas 7 (tujuh) besaran pokok dan 2(dua) besaran tambahan yang dapat anda lihat pada tabel besaran 1-1 tersebut diatas.

Satuan System International tersebut ditetapkan sebagai berikut:

Untuk Besaran Pokok :

Panjang

Satuan panjang adalah meter.

Definisi satu meter :

satu meter adalah jarak yang ditempuh cahaya (dalam vakum) dalam selang waktu $1/299\,792\,458$ sekon.

Massa :

Massa zat merupakan kuantitas yang terkandung dalam suatu zat. Satuan massa adalah kilogram (disingkat kg)

adalah massa sebuah kilogram standar yang disimpan di lembaga Timbangan dan Ukuran Internasional (CGPM ke-1, 1899)

Waktu :

Satuan waktu adalah sekon (disingkat s) atau detik

Definisi :

adalah selang waktu yang diperlukan oleh atom sesium-133 untuk melakukan getaran sebanyak 9 192 631 770 kali dalam transisi antara dua tingkat energi di tingkat energi dasarnya (CGPM ke-13; 1967)

Kuat arus listrik :

Satuan kuat arus listrik adalah Ampere (disingkat A)

Definisi

adalah kuat arus tetap yang jika dialirkan melalui dua buah kawat yang sejajar dan sangat panjang, dengan tebal yang dapat diabaikan dan diletakkan pada jarak pisah 1 meter dalam vakum, menghasilkan gaya 2×10^{-7} newton pada setiap meter kawat.

Suhu

Satuan suhu adalah Kelvin (disingkat K)

Definisi :

adalah $1/273,16$ kali suhu termodinamika titik tripel air (CGPM ke-13, 1967).

Dengan demikian, suhu termodinamika titik tripel air adalah 273,16 K. Titik tripel air adalah suhu dimana air murni berada dalam keadaan seimbang dengan es dan uap jenuhnya.

Jumlah molekul

Satuan jumlah molekul adalah Mol.

Intensitas Cahaya

Satuan intensitas cahaya adalah kandela (disingkat cd).

Definisi

adalah intensitas cahaya suatu sumber cahaya yang memancarkan radiasi monokromatik pada frekuensi 540×10^{12} hertz dengan intensitas radiasi sebesar $1/683$ watt per steradian dalam arah tersebut (CGPM ke-16, 1979)

Besaran turunan :

Contoh besaran turunan:

Luas

Satuan dari luas adalah meter kuadrat disingkat m^2

Volume

Satuan dari volume adalah meter kubik disingkat m^3

Kecepatan

Satuan kecepatan adalah meter per detik disingkat m/s .

Percepatan

Satuan percepatan adalah meter per detik kuadrat disingkat m/s^2 .

Gaya

Satuan gaya adalah Newton disingkat N. Dalam Sistem Satuan Internasional (SI) satuan gaya adalah $kg\ m/s^2$. Didalam penggunaan satuan, anda sering menemui nama awalan satuan seperti kilo \rightarrow kilometer = 10^3 , tera \rightarrow tera byte = 10^{12} byte dan seterusnya.

Berikut ini dapat anda lihat Tabel Faktor pengali dan Nama Awalan untuk satuan (Tabel 1)

Tabel 1. Faktor pengali dan awalannya.

Pengali	Nama awalan	Simbol
10^{12}	tera	T
10^9	gega	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	K
10^{-1}	desi	d
10^{-2}	senti	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	mikro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	piko	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

Dimensi :

Definisi Dimensi adalah cara untuk menyusun suatu besaran yang susunannya berdasarkan besaran pokok dengan menggunakan lambang / huruf tertentu yang ditempatkan dalam kurung siku.

Dimensi dari besaran pokok dapat anda lihat pada tabel besaran 1-1. Dengan mengetahui satuan yang dimiliki dari suatu besaran, anda dapat menentukan rumus dimensi besaran turunan lainnya.

Contoh : Dimensi dari besaran pokok panjang dengan satuan meter adalah $[L]$, dimensi dari besaran pokok Massa dengan satuan kg adalah $[M]$. Untuk menuliskan dimensi dari besaran turunan dapat anda lihat sebagai berikut :

- Massa jenis (ρ) memiliki satuan kg/m^3 dengan dimensi = $[M]/[L]^3$ ditulis $[M][L]^{-3}$
- Kecepatan (v) adalah perubahan posisi benda (perpindahan) tiap satuan waktu mempunyai satuan m/s dengan dimensi = L/T ditulis LT^{-1}
- Percepatan (a) adalah perubahan kecepatan tiap satuan waktu, mempunyai satuan m/s^2 dengan dimensi = L/T^2 ditulis LT^{-2}

Angka Penting :

Dalam kegiatan mengukur dengan menggunakan alat ukur seperti jangka sorong misalnya, anda tentu akan memperoleh hasil pengukuran berupa angka-angka. Sebagai contoh, saat anda mengukur diameter tabung, anda memperoleh angka 3,24 cm. Maka angka 3 dan 2 merupakan angka pasti dan angka 4 merupakan angka taksiran sesuai ketelitian alat ukur. Angka pasti atau eksak merupakan angka hasil pengukuran yang tidak diragukan nilainya. Angka taksiran merupakan angka hasil pengukuran yang masih diragukan nilainya. Semua angka hasil pengukuran merupakan Angka Penting. Jadi Angka penting terdiri dari angka pasti yang terbaca pada skala alat ukur dan angka taksiran (perkiraan) yang sesuai dengan tingkat ketelitian alat ukur yang digunakan. Oleh karena itu, jumlah angka penting hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan Mistar, jangka Sorong dan Mikrometer Sekrup tentunya akan berbeda, sesuai dengan tingkat ketelitian masing-masing alat ukur tersebut.

Aturan menentukan jumlah Angka Penting

1. Semua angka bukan nol adalah angka penting. Contoh : hasil pengukuran panjang pensil adalah 21,4 cm. maka jumlah angka pentingnya memiliki 3 angka penting
2. Semua angka nol yang terletak diantara bukan angka nol, adalah angka penting. Contoh : Hasil menimbang sebuah mangga, adalah 507,09 gram. Jumlah angka pentingnya adalah 5 angka penting.

Contoh soal:

1. Sebuah kubus memiliki panjang rusuk 10 cm. Dengan menggunakan aturan angka penting dan notasi ilmiah, volume kubus tersebut adalah

- A. 1,000 cm³
- B. 1×10 cm³
- C. $1,0 \times 10^3$ cm³
- D. $1,00 \times 10^3$ cm³

Penyelesaian:

rusuk = 10 cm, mempunyai 2 angka penting sehingga hasil akhir juga mempunyai 2 angka penting $V = r^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$ atau, $1,0 \times 10^3$ cm³

Kunci: C.

2. Lintasan sebuah partikel dinyatakan dengan $x = A + Bt + Ct^2$. Dalam rumus itu x menunjukkan tempat kedudukan dalam cm, t waktu dalam sekon, A, B, dan C masing-masing merupakan konstanta. Satuan C adalah

- A. cm/s
- B. cm/s²
- C. cm.s
- D. s/cm

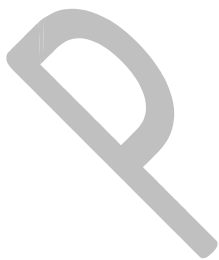
Penyelesaian:

jika x dalam cm, maka Ct^2 juga harus dalam cm, karena t dalam sekon maka C harus mempunyai satuan cm/s²

Kunci : B.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.2 Penjumlahan Vektor]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.2 Materi Pokok: Penjumlahan Vektor

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menerapkan prinsip penjumlahan vektor (dengan pendekatan geometri)

c. **Uraian Materi Pembelajaran** (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menentukan resultan sejumlah vektor

PENJUMLAHAN VEKTOR

Untuk keperluan penghitungan tertentu, kadangkadang sebuah **vektor** yang terletak dalam bidang koordinat sumbu x dan sumbu y harus diuraikan menjadi komponen-komponen yang saling tegak lurus (sumbu x dan sumbu y). Komponen ini merupakan nilai efektif dalam suatu arah yang diberikan. Cara menguraikan **vektor** seperti ini disebut **analisis**. Misalnya, **vektor** *A* membentuk sudut α terhadap sumbu x positif, maka komponen vektornya adalah:

$$A_x = A \cos \alpha$$

$$A_y = A \sin \alpha$$

Besar (nilai) vektor **A** dapat diketahui dari persamaan:

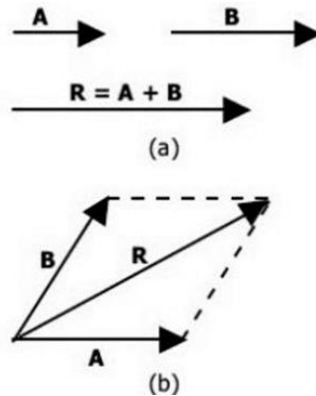
$$|A| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

Sementara itu, arah vektor ditentukan dengan persamaan:

$$\tan \alpha = \frac{A_y}{A_x}$$

Penjumlahan Vektor

Penjumlahan dua buah vektor ialah mencari sebuah vektor yang komponen-komponennya adalah jumlah dari kedua komponen-komponen vektor pembentuknya.



Gambar 2.1. Menjumlahkan dua buah vektor.

Dengan kata lain untuk “menjumlahkan dua buah vektor” adalah “mencari resultan”. Untuk vektor-vektor segaris, misalnya vektor **A** dan **B** dalam posisi segaris dengan arah yang sama seperti tampak pada Gambar (a) berikut maka resultan (jumlah) vektor dituliskan:

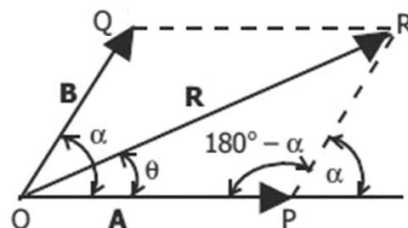
$$\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$$

Pada kasus penjumlahan vektor yang lain, seperti yang ditunjukkan gambar (b) diatas terdapat dua vektor yang tidak segaris yang mempunyai titik pangkal sama tetapi dengan arah yang berbeda, sehingga membentuk sudut tertentu. Untuk vektor-vektor yang membentuk sudut α , maka jumlah vektor dapat dilukiskan dengan menggunakan metode tertentu. Cara ini disebut dengan **metode jajaran genjang**.

Cara melukiskan jumlah dua buah vektor dengan metode jajaran genjang sebagai berikut:

- titik tangkap **A** dan **B** dibuat berimpit dengan memindahkan titik tangkap **A** ke titik tangkap **B**, atau sebaliknya;
- buat jajaran genjang dengan **A** dan **B** sebagai sisi-sisinya;
- tarik diagonal dari titik tangkap sekutu, maka $\mathbf{A} + \mathbf{B} = \mathbf{R}$ adalah diagonal jajaran genjang.

Metode Jajaran Genjang Untuk Penjumlahan Vektor



Gambar 2.2. Penjumlahan dua vektor.

Gambar diatas menunjukkan penjumlahan dua vektor **A** dan **B**. Dengan menggunakan persamaan tertentu, dapat diketahui besar dan arah resultan kedua vektor tersebut. Persamaan tersebut diperoleh dengan menerapkan aturan cosinus pada segitiga *OPR*, sehingga dihasilkan:

$$(OR)^2 = (OP)^2 + (PR)^2 - 2(OP)(PR) \cos (180^\circ - \alpha)$$

$$(OR)^2 = (OP)^2 + (PR)^2 - 2(OP)(PR)(-\cos \alpha)$$

$$(OR)^2 = (OP)^2 + (PR)^2 + 2(OP)(PR) \cos \alpha$$

Diketahui bahwa $OP = \mathbf{A}$, $PR = OQ = \mathbf{B}$, $OR = \mathbf{R}$, sehingga:

$$R^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha$$

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha}$$

R adalah diagonal panjang jajaran genjang, jika α lancip. Sementara itu, α adalah sudut terkecil yang dibentuk oleh **A** dan **B**.

Sebuah vektor mempunyai besar dan arah. Jadi setelah mengetahui besarnya, kita perlu menentukan arah dan resultan vektor tersebut. Arah **R** dapat ditentukan oleh sudut antara **R** dan **A** atau **R** dan **B**.

Misalnya sudut θ merupakan sudut yang dibentuk **R** dan **A**, maka dengan menggunakan aturan sinus pada segitiga *OPR* akan diperoleh:

$$\frac{R}{\sin (180 - \alpha)} = \frac{B}{\sin \theta} = \frac{R}{\sin \alpha}$$

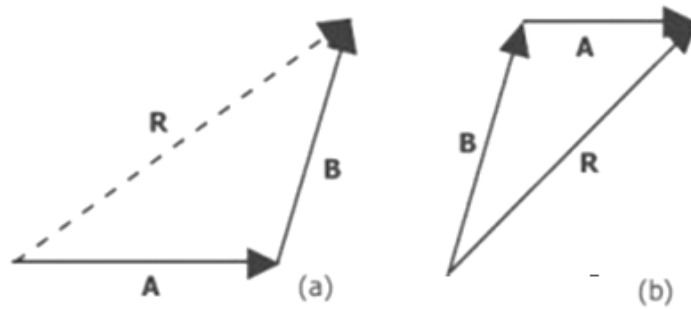
$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{B}{\sin \theta}$$

Sehingga :

$$\sin \theta = \frac{B \sin \alpha}{R}$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka besar sudut θ dapat diketahui.

Metode Segitiga Untuk Penjumlahan Vektor



Gambar 2.3. Metode segitiga dalam menjumlah dua vektor

Metode segitiga merupakan cara lain untuk menjumlahkan dua vektor, selain metode jajaran genjang. Dua buah vektor **A** dan **B**, yang pergerakannya ditunjukkan metode segitia 2.3.a diatas, akan mempunyai resultan yang persamaannya dituliskan:

$$\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$$

Resultan dua vektor akan diperoleh dengan menempatkan pangkal vektor yang kedua pada ujung vektor pertama. Resultan vektor tersebut diperoleh dengan menghubungkan titik pangkal vektor pertama dengan ujung vektor kedua.

Pada metode segitiga 2.3.b diatas pergerakan dimulai dengan vektor **B** dilanjutkan dengan **A**, sehingga diperoleh persamaan:

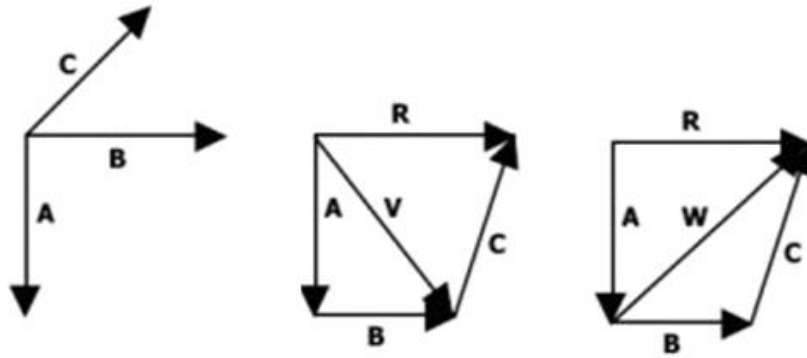
$$\mathbf{R} = \mathbf{B} + \mathbf{A}$$

Jadi,

$$\mathbf{A} + \mathbf{B} = \mathbf{B} + \mathbf{A}$$

Hasil yang diperoleh ternyata tidak berubah. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penjumlahan vektor bersifat komutatif. Tahapan-tahapan penjumlahan vektor dengan metode segitiga adalah sebagai berikut:

- a) pindahkan titik tangkap salah satu vektor ke ujung berikutnya,
- b) hubungkan titik tangkap vektor pertama ke ujung vektor kedua yang menunjukkan resultan kedua vektor tersebut,
- c) besar dan arah R dicari dengan aturan cosinus dan sinus.



Gambar 2.4. Menjumlahkan tiga buah vektor

Jika penjumlahan lebih dari dua buah vektor, maka dijumlahkan dulu dua buah vektor, resultannya dijumlahkan dengan vektor ke-3 dan seterusnya. Misalnya, penjumlahan tiga buah vektor **A**, **B**, dan **C** yang ditunjukkan pada penjumlahan lebih dari 2 vektor berikut.

Penjumlahan 2 Vektor

Pertama-tama kita jumlahkan vektor **A** dan **B** yang akan menghasilkan vektor **V**. Selanjutnya, vektor **V** tersebut dijumlahkan dengan vektor **C** sehingga dihasilkan resultan **R**, yang dituliskan:

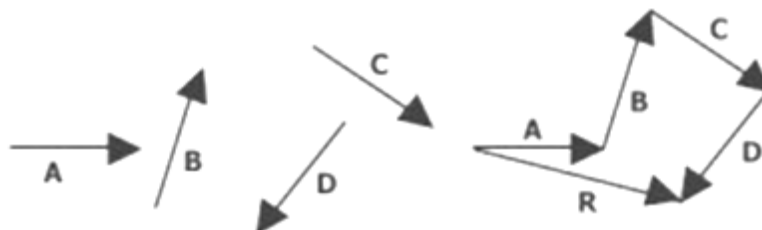
$$R = (A + B) + C = V + C$$

Cara lain yaitu dengan menjumlahkan vektor **B** dan **C** untuk menghasilkan **W**, yang kemudian dijumlahkan dengan vektor **A**, sehingga diperoleh resultan **R**, yaitu:

$$R = A + (B + C) = A + W$$

Jika banyak vektor, maka penjumlahan vektor dilakukan dengan menggunakan **metode poligon** (segi banyak) seperti berikut.

Metode Poligon Untuk Penjumlahan Vektor



Gambar 2.5. Menjumlahkan vektor dengan metode poligon

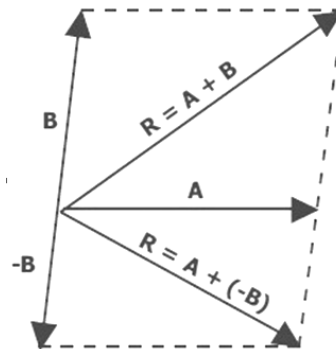
Pengurangan Vektor

Pengurangan vektor pada prinsipnya sama dengan penjumlahan, tetapi dalam hal ini salah satu vektor mempunyai arah yang berlawanan. Misalnya, vektor **A** dan **B**, jika dikurangkan maka:

$$\mathbf{A} - \mathbf{B} = \mathbf{A} + (-\mathbf{B})$$

Di mana, $-\mathbf{B}$ adalah vektor yang sama dengan **B**, tetapi berlawanan arah.

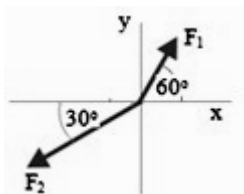
Selisih Vektor A-B



Gambar 2.6. Pengurangan vektor

Contoh Soal

1. $F_1 = 6 \text{ N}$, $F_2 = 10 \text{ N}$. Resultan kedua vektor gaya adalah...



Pembahasan

$$F_{1x} = F_1 \cos 60^\circ = (6)(0,5) = 3 \text{ N (positif karena searah x positif)}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos 30^\circ = (10)(0,5\sqrt{3}) = 5\sqrt{3} = (5)(1,372) = -8,66 \text{ N (negatif karena searah x negatif)}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin 60^\circ = (6)(0,5\sqrt{3}) = 3\sqrt{3} = (3)(1,372) = 4,116 \text{ N (positif karena searah y positif)}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin 30^\circ = (10)(0,5) = -5 \text{ N (negatif karena searah y negatif)}$$

$$F_x = F_{1x} - F_{2x} = 3 - 8,66 = -5,66 \text{ N}$$

$$F_y = F_{1y} - F_{2y} = 4,116 - 5 = -0,884 \text{ N}$$

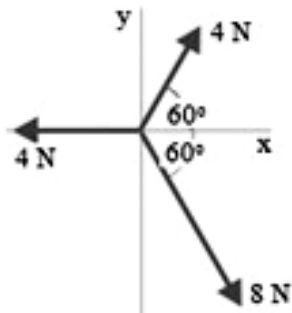
$$R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(-5,66)^2 + (-0,884)^2}$$

$$R = \sqrt{32 + 0,78} = \sqrt{32,78}$$

$$R = 5,7 \text{ N}$$

Resultan vektor adalah 5,7 N.

2. $F_1 = 4 \text{ N}$, $F_2 = 4 \text{ N}$, $F_3 = 8 \text{ N}$. Resultan ketiga vektor gaya adalah...



Pembahasan

$$F_{1x} = F_1 \cos 60^\circ = (4)(0,5) = 2 \text{ N (positif karena searah x positif)}$$

$$F_{2x} = -4 \text{ N (negatif karena searah x negatif)}$$

$$F_{3x} = F_3 \cos 60^\circ = (8)(0,5) = 4 \text{ N (positif karena searah x positif)}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin 60^\circ = (4)(0,5\sqrt{3}) = 2\sqrt{3} \text{ N (positif karena searah y positif)}$$

$$F_{2y} = 0$$

$$F_{3y} = F_3 \sin 60^\circ = (8)(0,5\sqrt{3}) = -4\sqrt{3} \text{ N (negatif karena searah y negatif)}$$

$$F_x = F_{1x} - F_{2x} + F_{3x} = 2 - 4 + 4 = 2 \text{ N}$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} - F_{3y} = 2\sqrt{3} + 0 - 4\sqrt{3} = -2\sqrt{3} \text{ N}$$

$$R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(2)^2 + (-2\sqrt{3})^2}$$

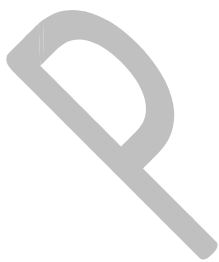
$$R = \sqrt{4 + (4)(3)} = \sqrt{4 + 12} = \sqrt{16}$$

$$R = 4 \text{ N}$$

Resultan vektor adalah 4 N.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.3 Gerak Lurus Berubah Beraturan]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.3 Materi Pokok: Gerak Lurus Berubah Beraturan

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

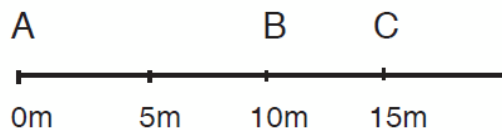
Menganalisis hubungan antara gaya, massa, dan gerakan benda pada gerak lurus

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menganalisis percepatan rata-rata gerak dari grafik kecepatan terhadap waktu

1.3.1. Jarak dan Perpindahan

Bayangkan kita berada di pinggir jalan lurus dan panjang. Posisi Anda saat itu di A.



Gambar 1. Posisi benda dalam sumbu koordinat

Dari A, Anda berjalan menuju C melalui B. Sesampainya Anda di C, Anda membalik dan kembali berjalan lalu berhenti di B. Pada peristiwa di atas, berapa jauhkah jarak yang Anda tempuh; berapa pula perpindahan Anda? Samakah pengertian jarak dengan perpindahan? Dalam kehidupan sehari-hari kata jarak dan perpindahan digunakan untuk arti yang sama. Dalam Fisika kedua kata itu memiliki arti yang berbeda. Namun sebelum kita membahas hal ini, kita pelajari dulu apa yang dimaksud dengan gerak. Seorang anak laki-laki berdiri di pinggir jalan, tampak mobil bergerak ke kanan menjauhi anak tersebut. Anak tersebut melambaikan tangan.

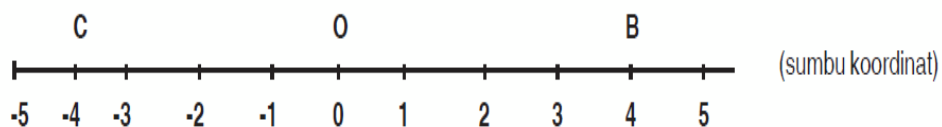


Gambar 2 Gerak berarti perubahan posisi benda

Andaikan Anda berada di dalam mobil yang bergerak meninggalkan teman Anda. Dari waktu ke waktu teman Anda yang berdiri di sisi jalan itu semakin tertinggal di belakang mobil. Artinya posisi Anda dan teman Anda berubah setiap saat seiring dengan gerakan mobil menjauhi teman Anda itu.

Suatu benda dikatakan bergerak bila posisinya setiap saat berubah terhadap suatu acuan tertentu.

Apakah Anda bergerak? Ya, bila acuannya teman Anda atau pepohonan di pinggir jalan. Anda diam bila acuan yang diambil adalah mobil yang Anda tumpangi. Mengapa? Sebab selama perjalanan posisi Anda dan mobil tidak berubah. Jadi, suatu benda dapat bergerak sekaligus diam tergantung acuan yang kita ambil. Dalam Fisika gerak bersifat relatif, bergantung pada acuan yang dipilih. Dengan mengingat hal ini, cobalah Anda cermati uraian di bawah ini. Sebuah bola digulirkan pada sebuah bidang datar lurus. Posisi bola setiap saat diwakili oleh garis berskala yang disebut sumbu koordinat seperti pada Gambar 5.3.

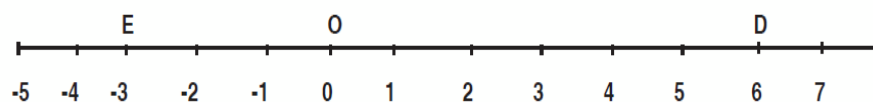


Gambar 3. Gerak pada satu sumbu koordinat

Andaikan ada 2 bola yang digulirkan dari 0. Bola 1 digulirkan ke kanan dan berhenti di B. Bola 2 digulirkan ke kiri dan berhenti di C. Anda lihat pada gambar 5.3, bahwa panjang lintasan yang ditempuh oleh kedua bola sama, yaitu sama-sama 4 satuan. Namun bila diperhatikan arah gerakannya, kedua bola berpindah posisi ke arah yang berlawanan. Bola 1 berpindah ke sebelah kanan O, sedangkan bola 2 ke sebelah kiri O.

Panjang lintasan yang ditempuh disebut jarak, sedangkan perpindahan diartikan sebagai perubahan posisi benda dari keadaan awal ke keadaan akhirnya.

Jarak tidak mempersoalkan ke arah mana benda bergerak, sebaliknya perpindahan tidak mempersoalkan bagaimana lintasan suatu benda yang bergerak. Perpindahan hanya mempersoalkan kedudukan, awal dan akhir benda itu. Jarak adalah besaran skala, sedangkan perpindahan adalah vektor. Dua benda dapat saja menempuh jarak (= panjang lintasan) yang sama namun mengalami perpindahan yang berbeda seperti pada contoh ini. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa jarak merupakan besar perpindahan. Bila kemudian ada bola 3 bergerak dari O ke kanan, sampai di D lalu membalik bergerak ke kiri melewati O lalu berhenti di E seperti pada Gambar 4, bagaimanakah dengan jarak dan perpindahannya?



Gambar 4. Perubahan posisi bola 3.

Jarak yang ditempuh bola adalah panjang lintasan ODE = OD + DE. Jadi
 $s = 6 + 9 = 15$ satuan

Perpindahan bola adalah OE (kedudukan awal bola di O, kedudukan akhirnya di E).
 Jadi $\Delta s = -3$ satuan.

Perhatikan tanda minus pada Δs . Hal itu menunjukkan arah perpindahan bola ke kiri dari titik acuan. Perlu dicatat pula bahwa dalam contoh di atas perbedaan antara jarak dan perpindahan ditandai baik oleh ada atau tidaknya “arah”, tapi juga oleh “besar” kedua besaran itu (jarak = 15 satuan, perpindahan = 3 satuan). Mungkinkah jarak yang ditempuh oleh suatu benda sama dengan besar perpindahannya? Untuk benda yang bergerak ke satu arah tertentu, maka jarak yang ditempuh benda sama dengan besar perpindahannya. Misalnya bila benda bergerak lurus ke kanan sejauh 5 m, maka baik jarak maupun besar perpindahannya sama-sama 5 m.

5.1.2. Kelajuan dan Kecepatan Rata-rata

Fisika membedakan pengertian kelajuan dan kecepatan. Kelajuan merupakan besaran skalar, sedangkan kecepatan adalah vektor. Kelajuan adalah jarak yang ditempuh suatu benda dibagi selang waktu atau waktu untuk menempuh jarak itu, sedangkan kecepatan adalah perpindahan suatu benda dibagi selang waktu untuk menempuhnya. Dalam bentuk persamaan, keduanya dapat dituliskan:

$$\overline{V} = \frac{s}{\Delta t}$$

Rata-rata

$$\overline{V} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Persamaan kecepatan
Rata-rata

Keterangan :

V = laju rata-rata benda (m/s)

S = jarak yang ditempuh benda (m)

Δs = perpindahan benda (m)

Δt = Waktu tempuh (s)

Dalam kehidupan sehari-hari, kelajuan maupun kecepatan senantiasa berubah-ubah karena berbagai sebab. Misalnya jalanan yang tidak rata. Oleh karenanya kita dapat mengartikan kelajuan dan kecepatan pada dua persamaan di atas sebagai kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata.

5.1.3. Percepatan dan Percepatan rata-rata

Seperti disinggung pada uraian sebelumnya sulit bagi benda-benda untuk mempertahankan dirinya agar memiliki percepatan yang tetap dari waktu ke waktu. Umumnya kelajuan benda selalu berubah-ubah. Perubahan kelajuan benda dibagi waktu perubahan disebut perlajuan. Persamaannya ditulis sebagai berikut:

Persamaan percepatan rata-rata.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Atau

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \quad \text{persamaan percepatan rata-rata}$$

a = Percepatan rata-rata (m/s^2)

v_1 = Laju mula-mula (m/s)

v_2 = Laju akhir (m/s)

Δt = Selang waktu (t)

Istilah laju ini jarang digunakan. Seringnya digunakan istilah percepatan. Percepatan diartikan sebagai perubahan kecepatan benda dibagi waktu perubahannya.

Persamaannya ditulis:

$$\bar{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

atau

$$\bar{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}$$

Persamaan percepatan rata-rata.

\bar{a} = percepatan rata-rata (m/s^2)

= kecepatan mula-mula (m/s)

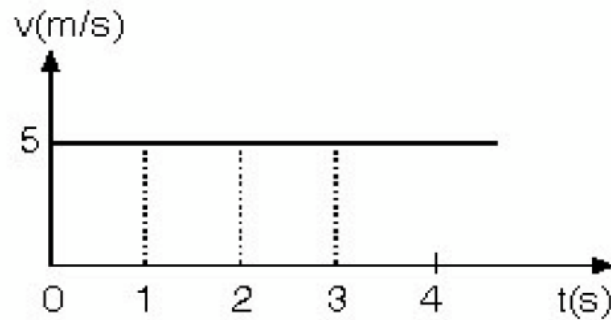
= kecepatan akhir (m/s)

Δt = selang waktu (t)

Tahukah Anda perbedaan antara perlajuan dan percepatan? Ya, benar perlajuan merupakan besaran skalar sedangkan percepatan merupakan besaran vektor.

5.1.4. Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Gerak lurus beraturan (GLB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan kecepatan tetap. Untuk lebih memahaminya, perhatikan grafik berikut.



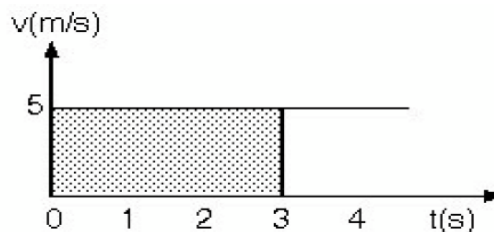
Gambar 5.5. Grafik $v - t$ untuk GLB.

Grafik di atas menyatakan hubungan antara kecepatan (v) dan waktu tempuh (t) suatu benda yang bergerak lurus. Berdasarkan grafik tersebut cobalah Anda tentukan berapa besar kecepatan benda pada saat $t = 0$ s, $t = 1$ s, $t = 2$ s, $t = 3$ s?

Ya!, benar! Tampak dari grafik pada gambar 3.5, kecepatan benda sama dari waktu ke waktu yakni 5 m/s.

Semua benda yang bergerak lurus beraturan akan memiliki grafik $v - t$ yang bentuknya seperti gambar 6 itu. Sekarang, dapatkah Anda menghitung berapa jarak yang ditempuh oleh benda dalam waktu 3 s?

Anda dapat menghitung jarak yang ditempuh oleh benda dengan cara menghitung luas daerah di bawah kurva bila diketahui grafik ($v - t$)



Gambar 5.6. Menentukan jarak dengan menghitung luas dibawah kurva.

Jarak yang ditempuh = luas daerah yang diarsir pada grafik $v - t$

Jarak yang ditempuh = luas daerah yang diarsir pada grafik $v - t$

5.2. Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Pada akhir kegiatan diharapkan Anda dapat :

1. menuliskan pengertian gerak lurus berubah beraturan
2. menuliskan pengertian 3 persamaan GLBB dengan benar;

3. menghitung besar kecepatan akhir suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan;
4. menghitung besar percepatan suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan (GLBB) dari grafik $v - t$; dan
5. menghitung jarak yang ditempuh oleh benda yang bergerak lurus berubah beraturan.

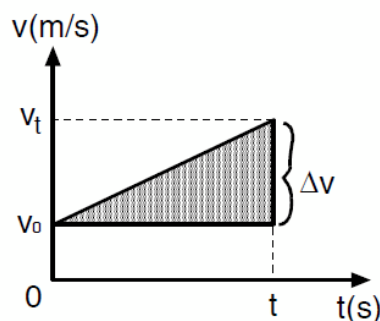
5.2.1. Konsepsi Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan percepatan tetap. Jadi, ciri utama GLBB adalah bahwa dari waktu ke waktu kecepatan benda berubah, semakin lama semakin cepat.

Dengan kata lain gerak benda dipercepat. Namun demikian, GLBB juga dapat berarti, bahwa dari waktu ke waktu kecepatan benda berubah, semakin lambat hingga akhirnya berhenti. Dalam hal ini benda mengalami perlambatan tetap. Dalam modul ini, kita tidak, menggunakan istilah perlambatan untuk gerak benda diperlambat. Kita tetap saja, menamakannya percepatan, hanya saja nilainya negatif. Jadi perlambatan sama dengan, percepatan negatif.

Contoh sehari-hari GLBB dipercepat adalah peristiwa jatuh bebas. Benda jatuh dari ketinggian tertentu di atas. Semakin lama benda bergerak semakin cepat.

Kini, perhatikanlah gambar 3.7 di bawah yang menyatakan hubungan antara kecepatan, (v) dan waktu (t) sebuah benda yang bergerak lurus berubah beraturan dipercepat.



Gambar 5.7. Grafik $v - t$ untuk GLBB dipercepat

Besar percepatan benda,

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

dalam hal ini,

$$\begin{aligned} v_1 &= v_0 \\ v_2 &= v_t \\ t_1 &= 0 \\ t_2 &= t \end{aligned}$$

sehingga,

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t}$$

Atau

kita dapatkan

$$v_t = v_0 + a.t$$

Persamaan kecepatan GLBB

$$\begin{aligned} v_0 &= \text{kecepatan awal (m/s)} \\ v_t &= \text{kecepatan akhir (m/s)} \\ a &= \text{percepatan (m/s}^2\text{)} \\ t &= \text{selang waktu (s)} \end{aligned}$$

Perhatikan bahwa selama selang waktu t (pada kegiatan lalu kita beri simbol (t), kecepatan, benda berubah dari v_0 menjadi v_t sehingga kecepatan rata-rata benda dapat dituliskan:

$$v = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

$$v_t = (v_0 + a.t), \text{ maka}$$

$$v = \frac{v_0 + (v_0 + a.t)}{2}$$

$$= \frac{2 v_0 + a.t}{2}$$

Kita tahu bahwa kecepatan rata-rata

$$v = \frac{s}{t}, \text{ maka:} \quad \frac{s}{t} = \frac{2v_0}{2} + \frac{a \cdot t}{2}$$

atau

$$\boxed{s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2} \quad \text{Persamaan jarak GLBB}$$

s = jarak yang ditempuh (m)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

a = percepatan (m/s^2)

t = selang waktu (s)

Ulangi lagi penalaran di atas agar Anda benar-benar memahaminya. Bila sudah, mari kita lanjutkan!

Bila dua persamaan GLBB di atas kita gabungkan, maka kita akan mendapatkan persamaan, GLBB yang ketiga (kali ini kita tidak lakukan penalarannya). Persamaan ketiga GLBB, dapat dituliskan:

$$\boxed{v_t^2 = v_0^2 + 2as} \quad \text{Persamaan kecepatan sebagai fungsi jarak}$$

Contoh:

1. Budi berlari ke timur sejauh 20 m selama 6 s lalu balik ke barat sejauh 8 m dalam waktu 4 s. Hitung kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata Budi !

Penyelesaian

Kelajuan rata-rata

$$\begin{aligned} v &= \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} \\ v &= \frac{20 + 8}{6 + 4} = \frac{28}{10} \\ &= 2,8 \text{ m/s} \quad : \end{aligned}$$

Kecepatan rata-rata (anggap perpindahan ke Timur bernilai positif, ke

Barat negatif).

$$\begin{aligned}\bar{v} &= \frac{\Delta s}{\Delta t} \\ &= \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} \\ &= \frac{20 - 8}{8 + 4} = \frac{12}{12} \\ &= 1 \text{ m/s}\end{aligned}$$

d. **Soal Latihan** berorientasi pada *Higher Order Thinking Skills* berbentuk *objective test* dengan 4 pilihan. Jumlah soal latihan antara 5 sampai 10 untuk setiap paparan (Bab).

1. Sebuah mobil melaju dengan kecepatan 36 km/jam. Selang 5 detik kemudian kecepatannya menjadi 72 km/jam, maka percepatan mobil tersebut adalah

- A. 0,5 m/s²
- B. 1,0 m/s²
- C. 1,5 m/s²
- D. 2,0 m/s²

Jawaban : D

2. Waktu yang diperlukan sebuah mobil yang bergerak dengan percepatan 2 m/s² , untuk mengubah kecepatannya dari 10 m/s menjadi 30 m/s adalah

- A. 10 s
- B. 20 s
- C. 30 s
- D. 40 s

Jawaban : A

3. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan awal 10 m/s dan mengalami perlambatan 2 m/s². Dalam 5 sekon, mobil tersebut menempuh jarak sejauh

- A. 5 m
- B. 10 m
- C. 15 m

D. 25 m

jAWABAN : d

4. Sebuah pesawat terbang memerlukan waktu 20 s dan jarak 400 m untuk lepas landas.

Jika pesawat dari keadaan diam maka kecepatan pesawat tersebut ketika lepas landas adalah

a. 10 m/s

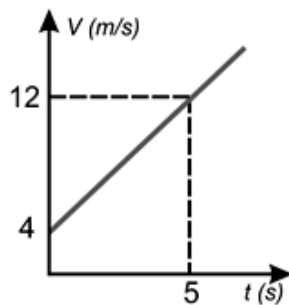
b. 20 m/s

c. 30 m/s

d. 40 m/s

Jawaban : D

5. Perhatikan grafik gerak suatu benda berikut ini!



Besar percepatan benda adalah

a. 0,4 m/s²

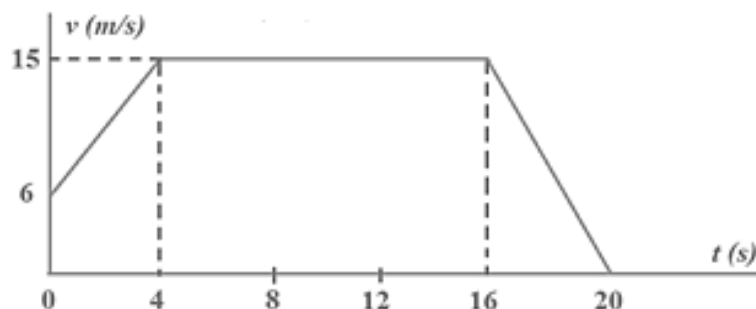
b. 0,8 m/s²

c. 1,2 m/s²

d. 1,6 m/s²

Jawaban : D

6. Perhatikan grafik gerak benda berikut ini !

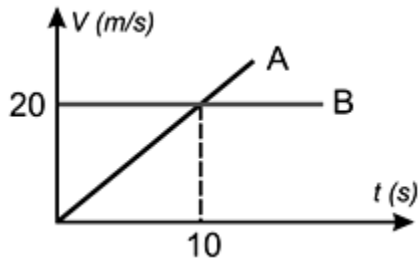


Dari grafik tersebut, jarak yang ditempuh selama 20 s adalah

- a. 42 m
- b. 80 m
- c. 210 m
- d. 252 m

Jawaban : D

7. Dua buah benda A dan B bergerak dengan grafik seperti berikut!



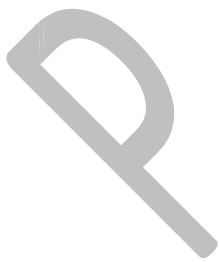
Jika keduanya bergerak lurus dari titik yang sama maka kedua benda tersebut akan bertemu setelah

- a. 5 sekon
- b. 10 sekon
- c. 15 sekon
- d. 20 sekon

Jawaban : D

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.4 Modulus Young]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.4 Materi Pokok: Modulus Young

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari

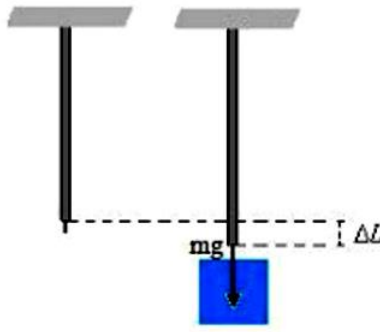
c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menyimpulkan material yang memiliki koefisien elastisitas paling besar dari grafik hubungan antara gaya dan regangan dari berbagai bahan

1.4. Modulus Young

Pada bagian ini akan dipelajari tentang efek gaya yang dikerjakan pada suatu benda. Pada umumnya benda akan berubah bentuknya karena bekerjanya gaya yang bekerja padanya. Jika gaya-gaya tersebut cukup besar, benda akan patah atau mengalami fraktur.

Berdasarkan kenyataan yang sering teramati, bahwa pertambahan panjang ΔL suatu benda tergantung pada besarnya gaya F yang diberikan dan materi penyusun serta dimensi benda (dinyatakan dalam dimensi k). Benda yang dibentuk oleh materi yang berbeda akan memiliki pertambahan panjang yang berbeda, walaupun diberi gaya yang sama, misalnya tulang dan besi. Demikian juga, walaupun sebuah benda terbuat dari materi yang sama (besi misalnya), tetapi memiliki panjang dan luas penampang yang berbeda, maka benda tersebut akan mengalami pertambahan panjang yang berbeda pula, sekalipun diberi gaya yang sama. Jika kita bandingkan batang yang terbuat dari materi yang sama tetapi memiliki panjang dan luas yang berbeda, ketika diberikan gaya yang sama besar pertambahan panjang sebanding dengan panjang mula-mula dan berbanding terbalik dengan dengan luas penampang. Makin panjang suatu benda, makin besar pertambahan panjangnya, sebaliknya semakin tebal benda, semakin kecil pertambahan panjangnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hukum Hooke: ΔL sebanding dengan gaya yang diberikan

Eksperimen menunjukkan bahwa pertambahan panjang ΔL sebanding dengan berat benda (mg) atau gaya yang diberikan pada benda tersebut. Perbandingan tersebut, secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$F = k \Delta L \quad (1)$$

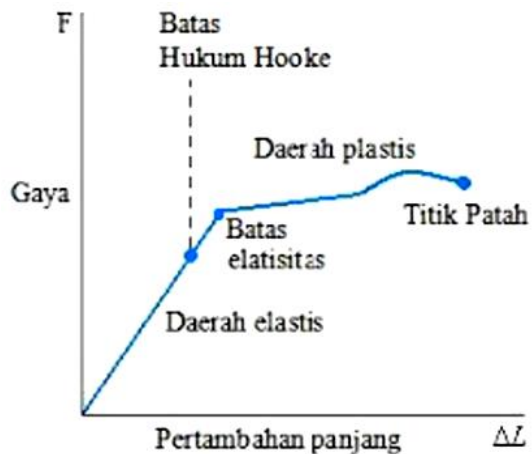
di mana

F : gaya (berat) yang menari benda

ΔL : perubahan panjang

k : konstanta pembanding

Persamaan (1) kadang disebut sebagai hukum Hooke, untuk menghormati penemu hukum ini, yaitu Robert Hooke (1635-1703). Persamaan (1) ini merupakan suatu pendekatan yang sesuai untuk kebanyakan materi atau bahan, tetapi hanya sampai pada suatu batas tertentu. Jika gaya terlalu besar, batang akan meregang terlalu besar dan tidak mau kembali ke keadaan semula, dan akhirnya jika gaya diperbesar lagi batang patah atau putus.



Gambar 2. Gaya yang diberikan terhadap pertambahan panjang untuk logam biasa.

Gambar 2 menunjukkan bahwa grafik pertambahan panjang dari gaya yang diberikan terhadap batang logam biasa. Pada mulanya kurva berupa garis lurus yang sesuai dengan persamaan $F = k \Delta L$ (persamaan 1). Setelah melewati titik batas elastis, kurva menyimpang dari garis lurus sehingga tidak menjadi hubungan yang sederhana lagi antara F dan ΔL . Perpanjangan maksimum dicapai pada titik patah. Daerah antara titik awal sampai titik batas elastis disebut dengan daerah elastis atau disebut juga daerah elastisitas, sedang daerah antara titik batas elastis sampai titik patah disebut dengan daerah plastis.

Selanjutnya bila beban (gaya) pada ujung batang tersebut dilepas, bila batang itu kembali ke bentuknya semula, maka batang atau benda demikian disebut benda elastis. Tetapi sebaliknya bila beban (gaya) pada ujung batang tersebut dilepas, dan bila batang itu tidak kembali ke bentuknya semula, maka benda demikian disebut sebagai benda plastis.

Setiap benda atau bahan mempunyai batas elastis yang berbeda-beda. Pengetahuan tentang batas elastisitas untuk bermacam-macam bahan sangat penting bagi para insinyur bangunan atau arsitek, karena penggunaan bahan yang tidak tepat, misalnya menggunakan bahan dengan elastisitas rendah, sangat membahayakan struktur bangunan. Kabel-kabel penahan pada jembatan-jembatan gantung memiliki batas elastisitas yang cukup besar, sehingga mampu menahan beban dan getaran-getaran. Gambar 3 menunjukkan jembatan Suromadu (menghubungkan Surabaya dan Madura)

yang merupakan jembatan terpanjang di Indonesia, menggunakan kabel-kabel penahan untuk membangun jembatan tersebut.

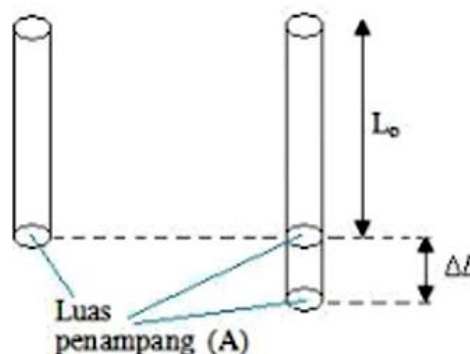


Gambar 3. Jembatan Nasional Suromadu dengan bahan kabel penahan dengan elastisitas besar.

(<http://bestananda.blogspot.co.id/2014/06/rekayasa-lalu-lintasjembatan.html>)

1. Tegangan dan Regangan

Jika diperhatikan ulang tentang Gambar 1, gambar tersebut menunjukkan bahwa besaran lain yang ikut menentukan pertambahan panjang sebuah benda yang ditarik adalah perbandingan antara gaya yang diberikan dengan luas penampang kawat atau batang, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pertambahan panjang karena luas penampang batang (A).

Perbandingan antara gaya dan luas penampang ini disebut dengan tegangan, atau gaya per satuan luas penampang, biasa diberi simbol σ . Secara matematis dapat ditulis sebagai:

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas penampang}}$$

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

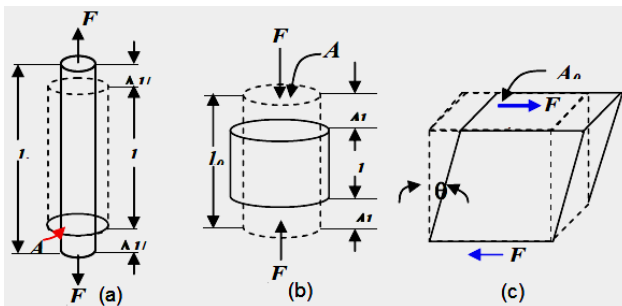
di mana:

σ : tegangan (N/m²)

F : gaya (N)

A : luas penampang (m²)

Tegangan benda yang mengakibatkan pertambahan panjang (perubahan bentuk benda) yang disebabkan karena arah gaya pada benda, bisa dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tegangan tarik, tekan dan geser.

(Indarto, ganti dengan Bob F hal 31)

Sementara ini, tegangan geser tidak dibahas disini, Pada Gambar 5 bisa ditunjukkan tegangan tarik dan tegangan tekan. Panjang batang mula-mula adalah L, jika diberi gaya F untuk menghasilkan tegangan tarik, pertambahan (perubahan) panjang batang adalah ΔL . Sedangkan jika diberi gaya F untuk menghasilkan tegangan tekan, pertambahan negatif atau pengurangan panjang batang adalah ΔL . Perubahan panjang untuk tegangan tarik dan tegangan tekan bisa tidak sama, tetapi kenyataan ini menunjukkan bahwa perubahan

panjang tersebut tergantung pada panjang batang mula-mula L . Dari analisis ini didefinisikan perubahan panjang, yaitu regangan yang biasa diberi simbol ε .

$$\text{Regangan} = \frac{\text{perubahan panjang}}{\text{panjang mula - mula}}$$

$$\text{Regangan: } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

di mana:

ε : regangan (tak mempunyai satuan)

ΔL : perubahan panjang (m)

L : panjang batang mula-mula (m)

Pada Tabel 1 ditunjukkan besar ketiga macam tegangan tarik, tekan dan geser untuk berbagai jenis bahan.

Tabel 1. Tegangan berbagai macam bahan

Bahan	Tegangan		
	Tarik (Nm ⁻²)	Tekan (Nm ⁻²)	Geser (Nm ⁻²)
Besi	170x10 ⁶	550x10 ⁶	170x10 ⁶
Baja	500x10 ⁶	500x10 ⁶	250x10 ⁶
Kuningan	250x10 ⁶	250x10 ⁶	200x10 ⁶
Aluminium	200x10 ⁶	200x10 ⁶	200x10 ⁶
Kayu pinus	40x10 ⁶	35x10 ⁶	5x10 ⁶

2. Modulus Elastik.

Berikut akan ditunjukkan hubungan antara pertambahan panjang ΔL dengan gaya F dan konstanta k . Materi penyusun dan dimensi benda dinyatakan dalam konstanta k . Untuk materi penyusun yang sama, besar pertambahan panjang ΔL sebanding dengan panjang benda mula-mula L , dan berbanding terbalik dengan luas penampang A . Tegangan diberikan pada materi dari arah luar, sementara regangan adalah tanggapan materi terhadap tegangan. Dari kasus sini, reaksi benda terhadap gaya yang diberikan dicirikan

oleh nilai suatu besaran yang disebut modulus elastik, biasa disebut juga dengan modulus Young (Y), dimana secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{Modulus elastik} = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}}$$

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad \text{atau}$$

$$\Delta L = \frac{L}{Y} \frac{F}{A} \quad \text{atau}$$

$$\frac{\Delta L}{L} Y = \frac{F}{A} \quad \text{atau}$$

$$\varepsilon Y = \sigma$$

Dari persamaan diatas dapat ditunjukkan bahwa regangan ε berbanding lurus dengan tegangan σ pada daerah linier atau daerah elastis (garis lurus) pada grafik Gambar 2.

Dengan cara yang sama (analog), dan dengan memperhatikan Gambar 5c, modulus geser (G) bisa dinyatakan secara matematis sebagai:

$$G = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad \text{atau}$$

$$\Delta L = \frac{F/A}{G/L}$$

Pada Tabel 2 ditunjukkan besar modulus elastik dan modulus geser untuk berbagai jenis bahan.

Tabel 2. Modulus Elastik

(Giancoli, tabel 9.1)

Bahan	Modulus	
	Elastik (Nm ⁻²)	Geser (Nm ⁻²)
Besi, gips	100x10 ⁹	40x10 ⁹
Baja	200x10 ⁹	80x10 ⁹
Kuningan	100x10 ⁹	35x10 ⁹
Aluminium	70x10 ⁹	25x10 ⁹
Kayu (pinus)	5x10 ⁹	-

Tulang	15×10^9	80×10^9
--------	------------------	------------------

Contoh: (Giancoli 9-12)

1. Sehelai kawat piano dari baja, panjangnya 1,60 m, dan diameter 0,20 cm. Jika kawat tersebut bertambah panjang 0,30 cm ketika dikencangkan, hitung besar tegangan kawat.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$A = \pi r^2$$

$$A = (3,14)(0,0010 \text{ m})^2 = 3,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$Y = 2,1 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$

$$L = 160 \text{ cm} = 1,60 \text{ m}$$

$$\Delta L = 0,30 \text{ cm} = 0,0030 \text{ m}$$

Ditanyakan: F

Jawab:

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$F = Y \frac{\Delta L}{L} A$$

$$F = (2,1 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}) \left(\frac{0,0030 \text{ m}}{1,60 \text{ m}} \right) (3,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2)$$

$$F = 1200 \text{ N}$$

2. Sehelai kawat logam digantungkan vertikal kebawah. Kawat tersebut mempunyai panjang 60 cm dan diameter kawat 0,1 cm. Pada ujung kawat digantungkan beban 6,0 kg, sehingga kawat bertambah panjang sebesar 0,025 cm. Hitunglah tegangan, regangan, dan modulus elastik kawat tersebut.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$r = 0,0005 \text{ m}$$

$$m = 6,0 \text{ kg}$$

$$L = 60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

$$\Delta L = 0,025 \text{ cm}$$

Ditanyakan: F

Jawab:

a. Tegangan: $\sigma = \frac{F}{A}$

$$\sigma = \frac{(6 \text{ kg})(9,8 \text{ ms}^{-2})}{(3,14 \times 0,0005)^2}$$

$$\sigma = 7,49 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}$$

b. Regangan: $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$

$$\varepsilon = \frac{0,025 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}$$

$$\varepsilon = 4,2 \times 10^{-4}$$

c. Modulus elastis: $Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

$$Y = \frac{7,4 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}}{4,2 \times 10^{-4}}$$

$$Y = 1,80 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$

Rangkuman

Walaupun sebuah benda terbuat dari materi yang sama, jika memiliki panjang dan luas penampang berbeda, maka benda tersebut akan mengalami pertambahan panjang yang berbeda, sekalipun diberi gaya yang sama. Pertambahan panjang bisa dinyatakan dalam persamaan matematis $F = k \Delta L$, dikenal sebagai hukum Hooke.

Perbandingan antara gaya dan luas penampang ini disebut dengan tegangan, atau gaya per satuan luas penampang, biasa diberi simbol σ . Secara matematis dapat ditulis sebagai:

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas penampang}}$$

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

Perubahan panjang untuk tegangan tarik dan tegangan tekan bisa tidak sama, tetapi kenyataan ini menunjukkan bahwa perubahan panjang tersebut tergantung pada panjang batang mula-mula L . Perbandingan ini disebut regangan yang biasa diberi simbol ε .

$$\text{Regangan} = \frac{\text{perubahan panjang}}{\text{panjang mula - mula}}$$

$$\text{Regangan: } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Reaksi benda terhadap gaya yang diberikan dicirikan oleh nilai suatu besaran yang disebut modulus elastik, biasa disebut juga dengan modulus Young (Y), dimana secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{Modulus elastik} = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}}$$

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

Dengan cara yang sama (analog), modulus geser (G) bisa dinyatakan secara matematis sebagai:

$$G = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad \text{atau}$$

$$\Delta L = \frac{F/A}{G/L}$$

Contoh Soal:

1. Seutas tali mempunyai panjang mula-mula 100 cm ditarik hingga tali tersebut mengalami pertambahan panjang 2 mm. Tentukan regangan tali!

Pembahasan

Diketahui :

Panjang awal tali (l_o) = 100 cm = 1 m.

Pertambahan panjang (Δl) = 2 mm = 0,002 m.

Ditanya : Regangan tali

Jawab :

Regangan tali :

$$\text{Re gangan} = \frac{\Delta l}{l_o}$$

$$\text{Re gangan} = \frac{0,002 m}{1 m}$$

$$\text{Re gangan} = 0,002 m$$

3. Suatu tali berdiameter 4 mm dan mempunyai panjang awal 2 meter ditarik dengan gaya 200 Newton hingga panjang tali berubah menjadi 2,02 meter. Hitung (a) tegangan tali (b) regangan tali (c) modulus elastisitas Young!

Pembahasan

Diketahui :

Diameter(d) = 4 mm

Jari-jari = 2 mm

Luas penampang A =

Ditanya :

(a) Tegangan

(b) Regangan

(c) Modulus Young

Jawab :

(a) Tegangan

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{Gaya (F)}}{\text{Luas (A)}}$$

$$\text{Tegangan} = \frac{200 \text{ N}}{12,56 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$\text{Tegangan} = 15,92 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

(b) Regangan

$$\text{Regangan} = \frac{\text{pertambahan panjang}}{\text{panjang awal}}$$

$$\text{Regangan} = \frac{0,02 \text{ m}}{2 \text{ m}}$$

$$\text{Regangan} = 0,01$$

(c) Modulus Young

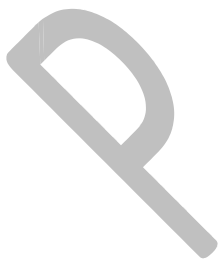
$$\text{Modulus Young} = \text{Tegangan} / \text{Regangan}$$

$$\text{Modulus Young} = (15,92 \times 10^6 \text{ N/m}^2) / 0,01$$

$$\text{Modulus Young} = 1592 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.5 Perpindahan Kalor]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.5 Materi Pokok: Perpindahan Kalor

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor pada kehidupan sehari-hari.

c. **Uraian Materi Pembelajaran** (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Memberikan contoh peristiwa perpindahan kalor dalam kehidupan sehari-hari

Perpindahan Kalor: Konduksi, Konveksi dan Radiasi

Masih ingatkah kamu, Kalor merupakan energi yang berpindah dari suatu zat yang bersuhu tinggi ke suatu zat yang suhunya lebih rendah. Nah, proses perpindahan kalor tersebut dibagi menjadi 3 jenis diantaranya sebagai berikut:

Konduksi

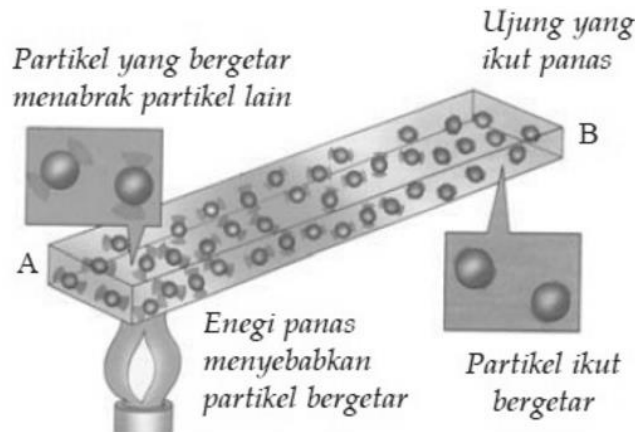
Konduksi merupakan proses perpindahan kalor tanpa disertai dengan perpindahan partikelnya. Proses konduksi ini secara umum terjadi pada logam atau yang bersifat konduktor (menghantarkan panas). Sepertitampak pada gambar di bawah ini.

Bagaimanakah proses perpindahan kalor secara konduksi?

Dalam konduksi yang berpindah hanyalah energi saja yaitu berupa panas. Saat kita mengaduk teh panas dengan sendok, maka lama kelamaan tangan kita terasa panas dari ujung sendok yang kita pegang. Atau saat kita membuat kue menggunakan wadah berupa aluminium yang disimpan di oven juga termasuk proses konduksi yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

Lebih jelasnya, sebuah benda terdiri dari partikel-partikel pembentuk benda tersebut. Sebut saja sendok yang terbuat dari logam aluminium terdiri dari partikel-partikel logam yang sangat berdekatan letaknya. Sehingga saat ujung sendok dikenai panas maka

partikel diujung tersebut memperoleh energi panas yang membuatnya bergetar dan bertumbukan dengan partikel disebelahnya tanpa ikut berpindah. Akibatnya partikel partikel terus bergetar dan membuat partikel lainnya ikut bergetar dan memperoleh energi berupa panas hingga ujung sendok satunya lagi.



Gambar 1. Perpindahan panas secara konduksi

Besarnya energi konduksi disebut juga laju konduksi ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{l}$$

Keterangan:

Q = kalor (joule)

k = koefisien konduksi (konduktivitas termal)

t = waktu (s)

A = luas penampang (m persegi)

L = panjang logam (m)

T = Suhu (kelvin)

Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan kalor dengan disertainya perpindahan partikel. Konveksi ini terjadi umumnya pada zat fluid (zat yang mengalir) seperti air dan udara. Konveksi dapat terjadi secara alami ataupun dipaksa.

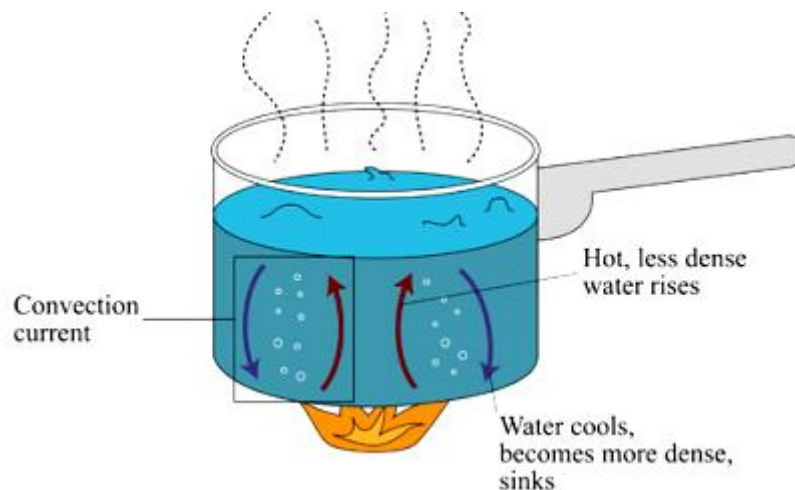
Konveksi alamiah misalnya saat memasak air terjadi gelembung udara hingga mendidih dan menguap. Sedangkan konveksi terpaksa contohnya *hair dryer* yang memaksa udara panas keluar yang diproses melalui alat tersebut.

Bagaimanakah proses terjadinya konveksi saat memasak air?

Air merupakan zat cair yang terdiri dari partikel-partikel penyusun air. Saat memasak air dalam panci, api memberikan energi kepada panci dalam hal ini termasuk proses konduksi.

Kemudian panas yang diperoleh panci kemudian dialirkan pada air. Partikel air paling bawah yang pertama kali terkena panas kemudian lama kelamaan akan memiliki massa jenis yang lebih kecil karena sebagian berubah menjadi uap air.

Sehingga saat massa jenisnya lebih kecil partikel tersebut akan berpindah posisi naik ke permukaan. Air yang masih diatas permukaan kemudian turun ke bawah menggantikan posisi partikel yang tadi. Begitulah seterusnya hingga mendidih dan menguap seperti tampak pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Proses konveksi pada pemanasan air

Proses Konveksi

Besarnya energi konveksi atau bisa disebut laju konveksi ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\frac{Q}{t} = hA\Delta T$$

Keterangan:

Q = kalor (joule)

h = koefisien konveksi

t = waktu (s)

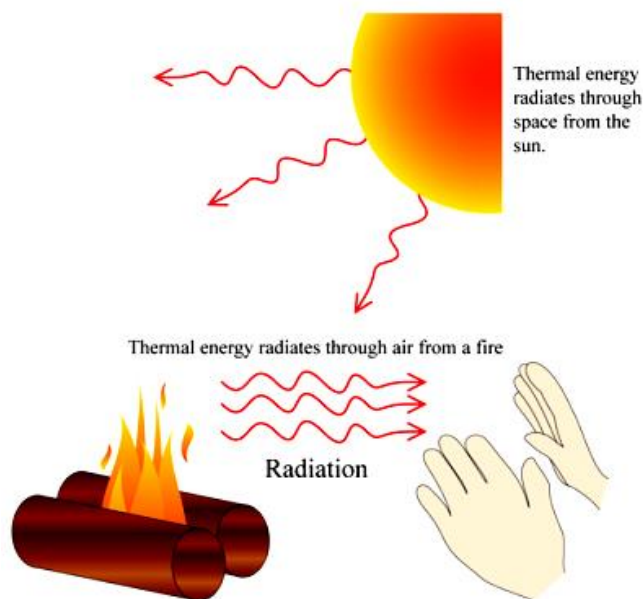
A = luas penampang (m persegi)

T = Suhu (kelvin)

Radiasi

Radiasi merupakan proses peripandahan kalor yang tidak memerlukan medium (perantara). Radiasi ini biasanya dalam bentuk Gelombang Elektromagnetik (GEM) yang berasal dari matahari. Namun demikian dalam kehidupan sehari-hari proses radiasi juga berlaku saat kita berada didekat api unggun, seperti gambar di bawah.

Bagaimanakah proses radiasinya? Matahari adalah sumber cahaya di bumi, sinarnya masuk ke bumi melewati filter yang disebut atmosfer, sehingga cahaya yang masuk ke bumi adalah cahaya yang tidak berbahaya. Cahaya yang masuk ke bumi melalui lapisan atmosfer itu dikenal dengan gelombang elektromagnetik yang terbagi ke dalam gelombang pendek dan gelombang panjang. Seperti Radio, TV, Radar, Inframerah, Cahaya Tampak, Ultraviolet, Sinar X dan Sinar Gamma.



Gambar 3. Gambaran radiasi

Sinar Gelombang Elektromagnetik tersebut dibedakan berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya. Semakin besar panjang gelombang semakin kecil frekuensinya. Energi

radiasinya tergantung dari besarnya frekuensi dalam arti semakin besar frekuensi semakin besar energi radiasinya. Sinar Gamma adalah gelombang elektromagnetik dan sinar radioaktif dengan energi radiasi terbesar.

Dalam kasus ini, terdapat hal yang disebut radiasi benda hitam, yang memaparkan bahwa semakin hitam benda tersebut maka energi radiasi yang dikenainya juga makin besar. Hal ini adalah fakta sehari-hari. Saat kita menjemur pakaian hitam dan putih dibawah sinar matahari berwarna dengan jenis dan tebal yang sama, maka pakaian warna hitam akan lebih cepat kering dibandingkan dengan pakaian berwarna putih.

Oleh karena itu, warna hitam dikatakan sempurna menyerap panas, sedangkan warna putih mampu memantulkan panas atau cahaya dengan sempurna. Sehingga emisivitas bahan (kemampuan menyerap panas) untuk warna hitam $e = 1$ sedangkan warna putih $e = 0$. Untuk warna lainnya berkisar antara 0 dan 1.

Besarnya energi radiasi benda hitam tergantung pula pada tingkat derajat suhunya.

Seperti yang terlihat dari rumus energi radiasi berikut:

$$P = \frac{Q}{t} = e\sigma AT^4$$

Keterangan:

P = Daya Radiasi/Energi Radiasi setiap Waktu (watt)

Q = Kalor (joule)

t = waktu (s)

e = emisivitas bahan

A = luas penampang (m persegi)

T = suhu (kelvin)

σ = konstanta stefan boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$)

Contoh soal:

1. Batang baja dan batang kuningan luas penampang dan panjangnya sama. Salah satu ujung masing-masing batang dilekatkan. Suhu ujung batang baja yang bebas 250°C , sedangkan suhu ujung batang kuningan yang bebas 100°C . Jika koefisien konduksi termal baja dan kuningan masing-masing $0,12 \text{ kal/s cm}^{\circ}\text{C}$ dan $0,24 \text{ kal/s cm}^{\circ}\text{C}$, berapakah suhu pada persambungan kedua batang tersebut?

Penyelesaian:

$$\frac{Q_1}{t} = \frac{Q_2}{t}$$

$$\frac{k_1 A \Delta T_1}{L_1} = \frac{k_2 A \Delta T_2}{L_2}$$

$$0,12(250 - T) = 0,24(T - 100)$$

$$T = 150^\circ\text{C}$$

2. Sebuah plat baja dengan panjang 2 m dan lebar 0,5 m suhunya 227°C . Bila tetapan Boltzman = $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ dan plat baja hitam sempurna, maka energi total yang dipancarkan setiap detik adalah...

- A. 3345,57 Joule
- B. 3345,75 Joule
- C. 3543,75 Joule
- D. 4533,75 Joule

Pembahasan:

Diketahui:

$$P = 2 \text{ m}$$

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

$$T = 227^\circ\text{C} = (227 + 273)\text{K} = 500 \text{ K} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$e = 1 \text{ (benda hitam } e = 1)$$

Ditanya: $W = \dots$

Jawab:

Terlebih dahulu hitung luas permukaan A.

$$A = P \cdot L = 2 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} = 1 \text{ m}^2$$

Menghitung W.

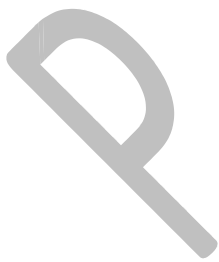
$$W = e \cdot A \cdot T^4 = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4 \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot (500 \text{ K})^4$$

$$W = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/K}^4 (625 \cdot 10^8 \text{ K}^4) = 3543,75 \text{ Joule}$$

Jawaban: C

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.6 Sifat Cermin]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.6 Materi Pokok: Sifat-sifat Cermin

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menganalisis cara kerja alat optik menggunakan sifat pencerminan dan pembiasan cahaya oleh cermin dan lensa

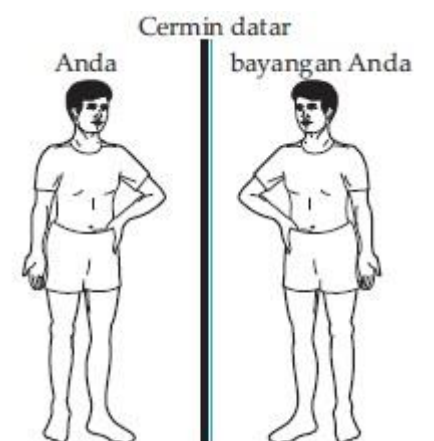
c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menemukan sifat-sifat bayangan dari data benda yang ditempatkan dengan jarak tertentu dari cermin (cembung/ cekung)

1.6. SIFAT-SIFAT CERMIN

Pembentukan bayangan pada cermin dapat diuraikan dalam 3 jenis cermin. Yaitu pembentukan bayangan pada cermin datar, cermin cekung dan cermin cembung. Bayangan yang dihasilkan oleh cermin yang berbeda ini memiliki karakteristik yang berbeda sebagai berikut.

Pembentukan Bayangan Pada Cermin Datar

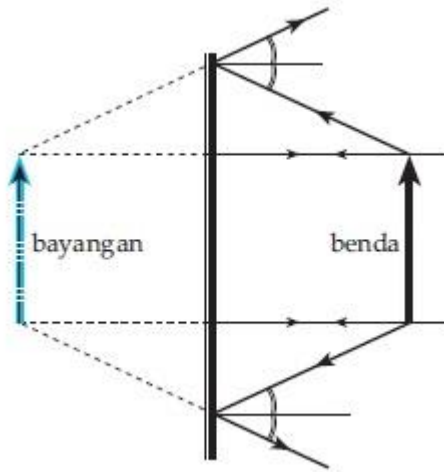


Gambar 1. Pembentukan bayangan pada cermin datar.

Pada pemantulan terhadap cermin datar, ukuran benda sama dengan ukuran bayangan dan jarak benda sama dengan jarak bayangan.

Lukisan bayangan pada cermin datar

Lukisan bayangan pada cermin datar dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Lukisan bayangan cermin datar

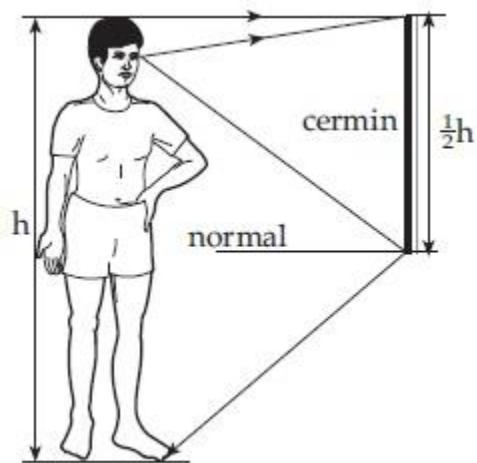
Untuk melukis bayangan digunakan aturan hukum pemantulan.

Sifat bayangan:

- a. maya/semu/virtuil
- b. Tegak
- c. sama besar

Panjang Cermin Minimum

Agar seluruh bayangan terlihat pada cermin datar, maka panjang cermin (p) adalah setengah dari tinggi benda (h_o)



$$\rho = \frac{1}{2}h_o$$

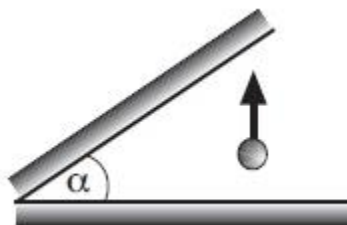
dengan :

ρ = panjang cermin (m)

h_o = tinggi benda (m)

Tinggi cermin yang diperlukan untuk melihat seluruh bayangan anak adalah setengah tinggi anak tersebut.

Dua Buah Cermin Datar yang Membentuk Sudut



Gambar 3. Dua buah cermin membentuk sudut

Jumlah bayangan yang dihasilkan kedua cermin dihitung dengan rumus:

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

dengan :

n = jumlah bayangan

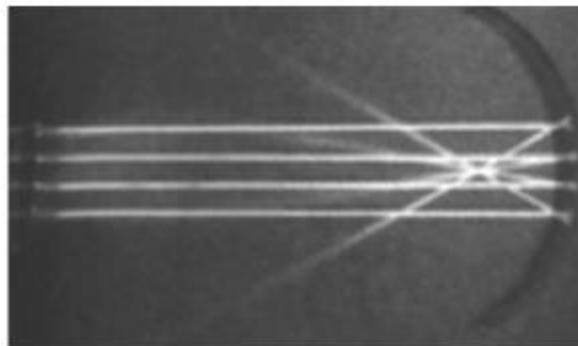
α = sudut antara kedua cermin datar (o)

Pembentukan Bayangan Pada Cermin Cekung

Cermin cekung adalah cermin yang bidang pantulnya melengkung ke dalam. Sendok dan mangkuk merupakan contoh benda yang permukaannya cekung. Tampak pada mangkok dan sendok bayangan dari apel. Untuk memahami bagaimana bayangan terbentuk, terlebih dulu harus memahami sifat, bagian-bagian cermin dan sinar-sinar istimewa yang berlaku pada cermin tersebut.

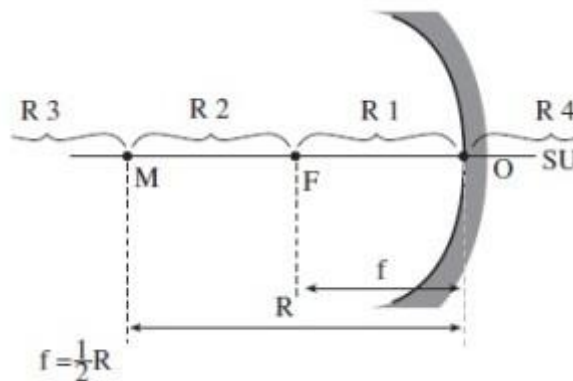
Sifat Cermin Cekung

Bila berkas sinar sejajar sumbu utama dijatuhkan ke sebuah cermin cekung, maka sinar pantulnya akan mengumpul (konvergen). Karena sifat inilah, maka cermin cekung disebut juga cermin konvergen.



Gambar 4. Sinar-sinar sejajar sumbu utama dipantulkan melalui titik fokus.

Bagian-bagian Cermin Cekung/Konvergen



Gambar 5. Bagian-bagian cermin cekung

$$f = \frac{1}{2}R$$

1, 2, 3, dan 4 merupakan ruang benda dan ruang bayangan

Dengan :

O = titik pusat bidang cermin

F = titik fokus

M = titik pusat kelengkungan cermin

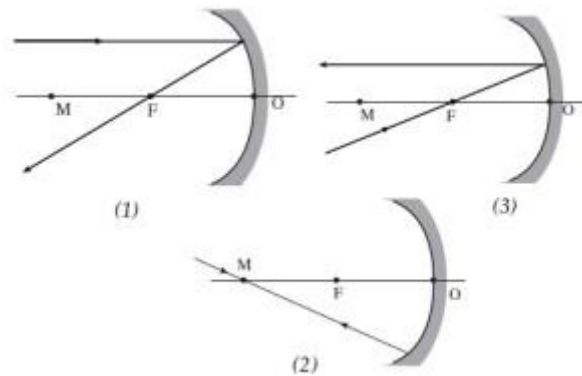
f = jarak fokus cermin (cm)

R = jari-jari cermin (cm)

SU = sumbu utama

Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cekung

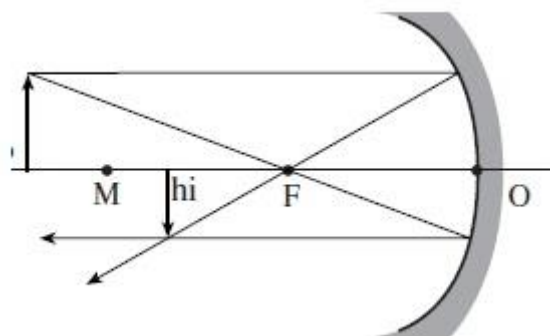
1. Sinar datang sejajar sumbu utama cermin akan dipantulkan melalui titik fokus F.
2. Sinar datang melalui titik fokus F akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
3. Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan M akan dipantulkan kembali melalui titik M.



Gambar 6. Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cekung

Lukisan Bayangan Pada Cermin Cekung

Untuk melukis bayangan yang dihasilkan oleh cermin cekung dapat digunakan 2 di antara 3 sifat sinar-sinar istimewa.



Gambar 7. Bayangan benda pada cermin cekung

Sifat bayangan:

1. nyata

2. terbalik
3. diperkecil

Pada cermin cekung berlaku “aturan 5”, yaitu:

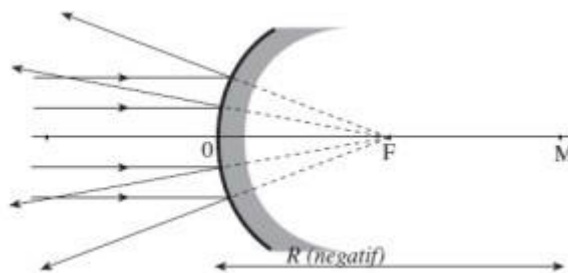
1. Jika benda di ruang (1), bayangan di ruang (4)
2. Jika benda di ruang (2), bayangan di ruang (3)
3. Jika benda di ruang (3), bayangan di ruang (2)

Pembentukan Bayangan Pada Cermin Cembung

Cermin cembung adalah cermin yang bidang pantulnya melengkung keluar. Contoh lain dari cermin cembung adalah kaca spion. Bagaimanakah proses terbentuknya bayangan? Untuk itu kita harus memahami sifat, bagian-bagian cermin, dan sinar-sinar istimewa yang berlaku pada cermin cembung.

Sifat Cermin Cembung

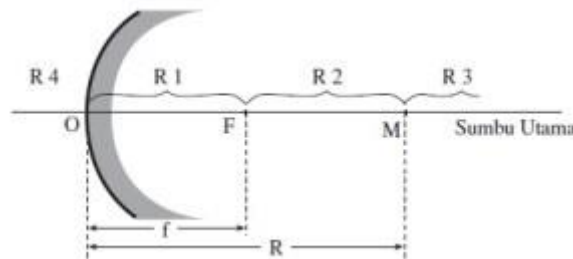
Bila berkas sinar sejajar sumbu utama dijatuhkan pada cermin cembung maka berkas sinar akan dipantulkan menyebar (divergen) seolah-olah berasal dari titik fokus.



Gambar 8. Sinar dipantulkan menyebar

Oleh karena itu, cermin cembung disebut cermin divergen. Selain itu karena nilai R negatif, maka cermin cembung disebut juga cermin negatif.

Bagian-bagian Cermin Cembung/Negatif/Divergen



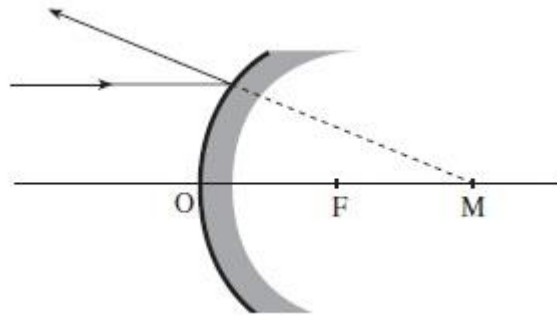
Gambar 9. Bagian-bagian cermin cembung

Pada cermin cembung, benda selalu di ruang (4) sehingga bayangan di ruang (1).

Sinar-sinar Istimewa Pada Cermin Cembung

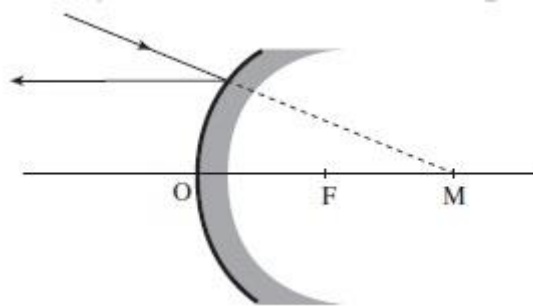
Cermin cembung juga memiliki 3 sinar istimewa, yaitu:

1. Sinar datang sejajar sumbu utama cermin akan dipantulkan seolah-olah berasal dari titik fokus F.



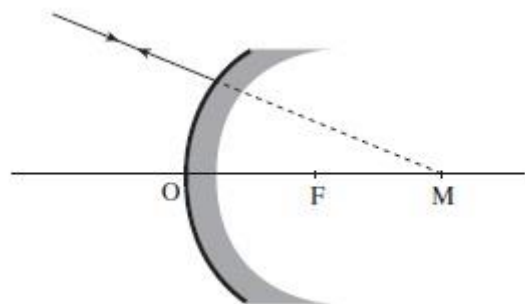
Gambar 10. Sinar sejajar sumbu utama

2. Sinar datang menuju titik fokus F akan dipantulkan sejajar sumbu utama.



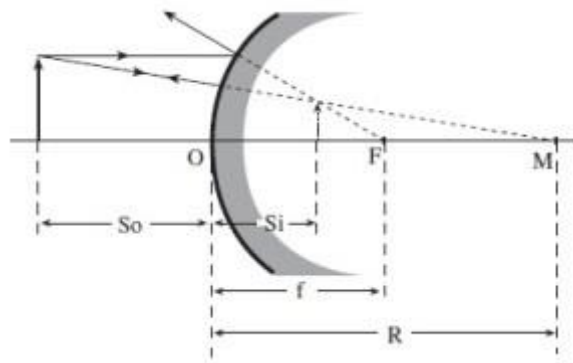
Gambar 11. Sinar menuju titik fokus

3. Sinar datang menuju ke titik pusat kelengkungan M akan dipantulkan kembali seolah-olah berasal dari titik M.



Gambar 12. Sinar menuju pusat kelengkungan

Lukisan Bayangan Pada Cermin Cembung



Gambar 13. Variabel pada cermin cembung

Sifat bayangan yang dibentuk selalu:

1. maya
2. tegak
3. diperkecil

Rumus-rumus yang berlaku pada cermin cembung

Rumus-rumus yang berlaku pada cermin cembung sama seperti rumus cermin cekung, yaitu:

$$1) \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

$$3) \quad M = \left| \frac{S_i}{S_o} \right| \text{ atau } M = \left| \frac{h_i}{h_o} \right| \text{ atau } \left| \frac{S_i}{S_o} \right| = \left| \frac{h_i}{h_o} \right|$$

$$2) \quad \frac{2}{R} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

Nilai f , R , dan S_i selalu negatif

Maya, tegak dan diperkecil merupakan sifat pembentukan bayangan pada cermin cembung.

Contoh Soal 1

Sebuah benda yang tingginya 4 cm berada 8 cm di depan sebuah cermin cekung. Jika panjang jari-jari kelengkungan cermin cekung 12 cm, tentukan:

- a) jarak bayangan
- b) perbesaran bayangan
- c) tinggi bayangan
- d) sifat bayangan

Pembahasan

Jarak titik fokus adalah setengah dari jari-jarinya.

Data:

Cermin Cekung

$$f = 1/2 \times 12 = 6 \text{ cm}$$

$$s = 8 \text{ cm}$$

$$h = 4 \text{ cm}$$

a) jarak bayangan

Masukkan datanya

$$\begin{aligned}\frac{1}{s'} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{s} \\ \frac{1}{s'} &= \frac{1}{6} - \frac{1}{8} \\ \frac{1}{s'} &= \frac{4-3}{24} = \frac{1}{24} \\ s' &= \frac{24}{1} = 24 \text{ cm}\end{aligned}$$

Atau dengan rumus yang sudah jadi

$$s' = \frac{sf}{s - f}$$

$$s' = \frac{(8)(6)}{8 - 6} = \frac{48}{2} = 24 \text{ cm}$$

b) perbesaran bayangan

$$M = \left| \frac{s'}{s} \right| = \frac{24}{8} = 3 \text{ kali}$$

c) tinggi bayangan

$$M = \frac{h'}{h}$$

$$3 = \frac{h'}{4}$$

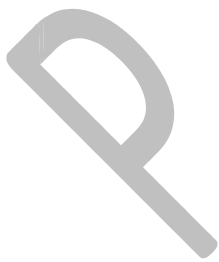
$$h' = 12 \text{ cm}$$

d) sifat bayangan

- nyata (s' bertanda positif)
- terbalik
- terletak di depan cermin
- diperbesar (karena $M > 1$)

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.7 Hukum Kekekalan Energi]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.7 Materi Pokok: Hukum Kekekalan Energi

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menganalisis konsep energi, usaha, hubungan usaha dan perubahan energi, dan hukum kekekalan energi untuk menyelesaikan permasalahan gerak dalam kejadian sehari-hari

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menelaah permasalahan gerak dalam kejadian sehari-hari dengan menggunakan hukum kekekalan energi

Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Hukum kekekalan energi mekanik dirumuskan dengan $E_{mA} = E_{mB}$. Hal ini berarti bahwa jumlah energi mekanik benda yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi adalah tetap. Energi mekanik didefinisikan sebagai penjumlahan antara energi kinetik dan energi potensial.

Hukum Kekekalan Energi Mekanik

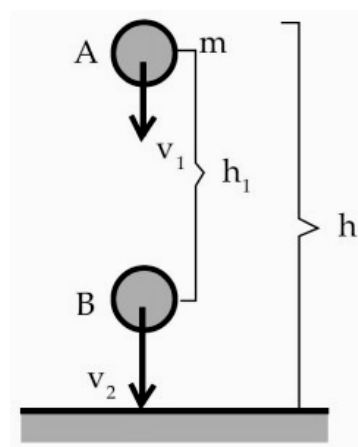
Sebuah benda yang dilempar ke atas akan memiliki energi potensial dan energi kinetik. Energi potensial dimiliki karena ketinggiannya, sedangkan energi kinetik karena geraknya. Makin tinggi benda tersebut terlempar ke atas, makin besar energi potensialnya. Namun, makin kecil energi kinetiknya. Pada ketinggian maksimal, benda mempunyai energi potensial tertinggi dan energi kinetik terendah.

Untuk lebih memahami energi kinetik perhatikan sebuah bola yang dilempar ke atas. Kecepatan bola yang dilempar ke atas makin lama makin berkurang. Makin tinggi kedudukan bola (energi potensial gravitasi makin besar), makin kecil kecepatannya (energi kinetik bola makin kecil). Saat mencapai keadaan tertinggi, bola akan diam. Hal ini berarti energi potensial gravitasinya maksimum, namun energi kinetiknya minimum ($v =$

0). Pada waktu bola mulai jatuh, kecepatannya mulai bertambah (energi kinetiknya bertambah) dan tingginya berkurang (energi potensial gravitasi berkurang). Berdasarkan kejadian di atas, seolah terjadi semacam pertukaran energi antara energi kinetik dan energi potensial gravitasi. Apakah hukum kekekalan energi mekanik berlaku dalam hal ini?

Analisa Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Saat benda jatuh, makin berkurang ketinggiannya makin kecil energi potensialnya, sedangkan energi kinetiknya makin besar. Ketika benda mencapai titik terendah, energi potensialnya terkecil dan energi kinetiknya terbesar. Mengapa demikian?



Gambar 1. Energi selalu konstan

Bola yang jatuh dari ketinggian h .

Perhatikan gambar diatas, ketika sebuah bola berada pada ketinggian h , maka energi potensial di titik A adalah $E_{pA} = m \cdot g \cdot h$, sedangkan energi kinetiknya $E_{kA} = \frac{1}{2} mv^2$

Karena $v = 0$, maka $E_{kA} = 0$. Jumlah antara energi potensial di titik A dan energi kinetik di titik A sama dengan energi mekanik. Besarnya energi mekanik adalah:

$$E_{mA} = E_{pA} + E_{kA}$$

$$E_{mA} = mgh + 0$$

$$E_{mA} = mgh$$

Misalnya, dalam waktu t sekon bola jatuh sejauh h_1 (titik B), sehingga jarak bola dari tanah adalah $h - h_1$. Energi potensial bola di titik B adalah $E_{pB} = mg(h - h_1)$. Dari titik A ke titik B ternyata energi potensialnya berkurang sebesar $mg h_1$. Sedangkan, energi kinetik

saat bola di B adalah sebagai berikut. Saat bola jatuh setinggi h_1 , bola bergerak berubah beraturan dengan kecepatan awal nol.

$$h_t = v_o t + \frac{1}{2} g t^2 \longrightarrow v_o = 0$$

$$h_t = \frac{1}{2} g t^2$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$$

Kecepatan benda tersebut adalah:

$$v = v_o + g \cdot t \longrightarrow (v_o = 0)$$

$$v = g t$$

$$v = g \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$$

Jadi, energi kinetik bola di titik B adalah:

$$E_{KB} = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_{KB} = \frac{1}{2} m g^2 \frac{2h_1}{g}$$

$$E_{KB} = m g h_1$$

Jumlah energi kinetik dan energi potensial setelah benda jatuh sejauh h_1 (di titik B) adalah sebagai berikut.

$$E_{mB} = E_{KB} + E_{PB}$$

$$E_{mB} = m g h_1 + (m g h - m g h_1)$$

$$E_{mB} = m g h$$

Jadi, energi mekanik di titik B adalah $E_{mB} = m g h$

Berdasarkan perhitungan menunjukkan energi mekanik di titik A besarnya sama dengan energi mekanik di titik B ($E_{mA} = E_{mB}$). Jadi, dapat disimpulkan bahwa jumlah energi mekanik benda yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi adalah tetap.

Jika pada saat kedudukan di A jumlah energi potensial dan energi kinetik adalah $E_{pA} + E_{kA}$, sedangkan pada saat kedudukan di B jumlah energi potensial dan energi kinetik adalah $E_{pB} + E_{kB}$, maka : $E_{pA} + E_{kA} = E_{pB} + E_{kB}$ atau $E_p + E_k = \text{tetap}$. Inilah yang dinamakan Hukum kekekalan energi mekanik.

Contoh soal penerapan hukum kekekalan energi mekanik pada gerak jatuh bebas

1. Benda bermassa 1 kg jatuh bebas dari puncak gedung bertingkat yang mempunyai ketinggian 80 meter. Jika gesekan dengan udara diabaikan dan percepatan gravitasi (g) adalah 10 m/s^2 maka energi kinetik benda ketika tiba permukaan tanah adalah...

Pembahasan

Diketahui :

Massa (m) = 1 kg

Ketinggian (h) = 80 meter

Percepatan gravitasi (g) = 10 m/s^2

Ditanya : energi kinetik (EK) benda ketika benda tiba dipermukaan tanah

Jawab :

Benda jatuh bebas karenanya benda tidak mempunyai kecepatan awal. Dengan demikian, ketika berada pada ketinggian 80 meter, benda mempunyai energi potensial gravitasi tetapi benda tidak mempunyai energi kinetik ($v = 0$ sehingga $EK = \frac{1}{2} m v^2 = 0$). Jadi energi mekanik awal (EM_o) = energi potensial gravitasi (EP).

$$EM_o = EP = m g h = (1)(10)(80) = 800 \text{ Joule}$$

Ketika jatuh bebas, energi potensial gravitasi berubah menjadi energi kinetik. Pada saat benda menyentuh tanah, semua energi potensial gravitasi berubah menjadi energi kinetik. Jadi ketika tiba di permukaan tanah, benda mempunyai energi kinetik tetapi benda tidak mempunyai energi potensial gravitasi ($h = 0$ sehingga $EP = m g h = 0$). Jadi energi mekanik akhir (EM_t) = energi kinetik (EK)

Hukum kekekalan energi mekanik menyatakan bahwa energi mekanik awal sama dengan energi kinetik akhir.

$$EM_o = EM_t$$

$$EP = EK$$

$$800 = EK$$

Energi kinetik (EK) benda ketika tiba di permukaan tanah adalah 800 Joule.

2. Buah mangga jatuh bebas dari ketinggian 2 meter. Jika $g = 10 \text{ m s}^{-2}$, hitunglah kelajuan buah mangga sesaat sebelum menyentuh tanah dengan menggunakan hukum energi mekanik.

Pembahasan

Diketahui :

Ketinggian (h) = 2 meter

Percepatan gravitasi (g) = 10 m/s^2

Ditanya : kelajuan buah mangga sesaat sebelum menyentuh tanah (v)

Jawab :

Energi mekanik awal (EM_o) = energi potensial gravitasi (EP)

$$EM_o = EP = m g h = m (10)(2) = 20 \text{ m}$$

Energi mekanik akhir (EM_t) = energi kinetik (EK)

$$EM_t = EK = \frac{1}{2} m v^2$$

Hukum kekekalan energi mekanik menyatakan bahwa energi mekanik awal sama dengan energi mekanik akhir.

$$EM_o = EM_t$$

$$20 \text{ m} = \frac{1}{2} m v^2$$

$$20 = \frac{1}{2} v^2$$

$$2(20) = v^2$$

$$40 = v^2$$

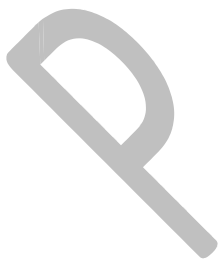
$$v = \sqrt{40} = \sqrt{(4)(10)} = 2\sqrt{10} \text{ meter/sekon}$$

Kelajuan buah mangga sesaat sebelum menyentuh tanah adalah $2\sqrt{10}$ meter/sekon.

Perlu diketahui bahwa dalam perhitungan, kita mengabaikan gesekan udara. Dalam kenyataannya, jika benda apapun jatuh bebas di permukaan bumi maka terdapat gaya gesek udara yang turut mempengaruhi gerakan benda sehingga kelajuan benda lebih kecil dari perhitungan di atas.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.8 Momentum dan Impuls]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.8 Materi Pokok: Momentum dan Impuls

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Mendeskripsikan momentum dan impuls, hukum kekekalan momentum, serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menghitung kecepatan akhir setelah tumbukan dari ilustrasi dua benda bermassa yang berinteraksi satu sama lain

1.8. IMPULS DAN MOMENTUM

Konsep Momentum

Apakah momentum dalam pengertian fisika? Untuk itu amati percobaan sederhana sebagai berikut.

Coba ambillah dua buah batu A dan batu B yang massanya tidak sama, massa A lebih besar dari massa B. Jatuhkan dua buah batu tersebut dari ketinggian yang sama di atas pasir. Perhatikan bekasnya saat benda jatuh di permukaan pasir. Mana yang bekasnya lebih dalam? Tentu benda A yang lebih dalam lebih dalam. Dikatakan bahwa batu A dengan massa lebih besar mempunyai momentum yang lebih besar dibanding dengan batu B.

Selanjutnya ambil kembali batu B, dan lempar ke pasir (diberi kecepatan awal) dari ketinggian yang sama dengan sebelumnya, tentu bekasnya akan lebih dalam dibanding dengan batu B yang hanya dijatuhkan saja seperti sebelumnya (tanpa kecepatan awal). Dalam hal ini dikatakan bahwa momentum batu B yang dilempar adalah lebih besar dari pada yang hanya dijatuhkan saja.

Dari dua percobaan sederhana tersebut dapat disimpulkan bahwa momentum suatu benda tergantung pada masa dan kecepatan suatu benda.

Contoh lain yang kadang tidak sengaja kita lihat, seperti berikut. Diantara benda berikut, mobil dan sepeda, manakah yang menimbulkan dampak lebih besar pada saat menabrak sesuatu? Ya tentunya mobil yang mempunyai masa jauh lebih besar dapat menimbulkan kerusakan lebih besar pula dibandingkan dengan sepeda ketika menabrak sesuatu.



Gambar 5.1. Mobil menabrak sesuatu.

Dampak kerusakan pada mobil dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 5.1. Perbedaan dampak kerusakan oleh tabrakan mobil dan sepeda dijelaskan dengan konsep **momentum**. Selanjutnya akan dibahas konsep momentum dan impuls, serta hubungan antara keduanya.

Setiap benda yang bergerak mempunyai momentum. Momentum linear atau biasa disingkat momentum dari sebuah benda tergantung pada masa dan kecepatan benda. Sehingga momentum dapat didefinisikan sebagai hasil kali massa dan kecepatannya. Jika ditentukan m menyatakan masa sebuah benda dan v kecepatan benda tersebut, maka besarnya momentum p dari sebuah benda tersebut adalah:

$$p = m v \dots\dots\dots (5.1)$$

dengan

p : momentum (kg.m/s)

m : massa (kg)

v : kecepatan (m/s)

Satuan SI untuk masa m adalah kg, dan untuk kecepatan v adalah ms⁻¹, sehingga sesuai dengan persamaan 5.1 maka satuan momentum bisa dicari dari satuan penusunnya, yaitu:

momentum = masa . kecepatan

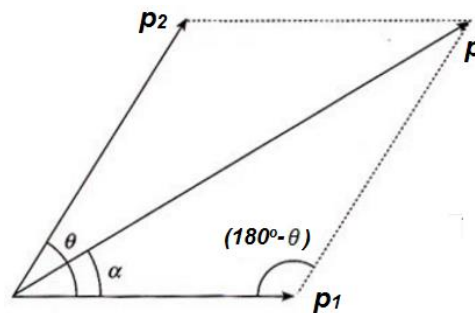
$$= \text{kg} \cdot \text{ms}^{-1}$$

Sehingga satuan momentum dalam SI adalah kg ms^{-1} .

Karena v merupakan besaran vektor dan m besaran skalar, maka momentum dapat dinyatakan sebagai vektor dengan arah sama dengan arah kecepatan v , dan secara vektor dapat ditulis sebagai:

$$\vec{p} = m \vec{v} \quad (5.2)$$

Karena momentum p adalah besaran vektor, maka penjumlahan dua momentum mengikuti aturan penjumlahan vektor, serta momentum p mempunyai besar dan arah tertentu.



Gambar 5.2. Penjumlahan vektor momentum.

Besarnya vektor resultan momentum bisa dihitung menggunakan aturan cosinus sebagai berikut:

$$p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + 2 p_1 p_2 \cos(\theta)} \quad (5.3)$$

Sedang arah momentum p dapat dihitung menggunakan aturan sinus sebagai berikut:

$$\frac{p}{\sin(180 - \theta)} = \frac{p_2}{\sin \alpha}$$
$$\sin \alpha = \frac{p_2}{p} \sin \theta \quad (5.4)$$

Contoh Soal 1:

Sebuah truk bermassa 3 ton bergerak dengan kecepatan tetap 20 m/s. Berapakah momentum yang dimilikinya?

Penyelesaian:

Diketahui : $m = 30.000 \text{ kg}$

: $v = 20 \text{ m/s}$

Ditanya : p ?

Jawab:

Dengan menggunakan persamaan (5.1), maka kita mendapatkan besarnya momentum truk tersebut sebesar

$$p = mv$$

$$p = 30.000 \text{ kg} \cdot 20 \text{ m/s}$$

$$p = 600.000 \text{ kg.m/s}$$

$$p = 6 \cdot 10^5 \text{ kg.m/s.}$$

Contoh 2:

Sebuah benda bermassa 500 gr dijatuhkan dari ketinggian 5 m dari atas tanah. Tentukan momentum dari benda saat mencapai tanah, jika percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 ?

Penyelesaian:

Diketahui: $m = 1 \text{ kg}$

$h = 5 \text{ m}$

Ditanya: p di tanah?

Jawab:

$$p = m v$$

v dicari dulu menggunakan persamaan gerak jatuh bebas.

Dari persamaan gerak jatuh bebas yang telah dibahas di bagian sebelumnya:

$$m g h = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ ms}^{-2} \cdot 5 \text{ m}}$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

Dari persamaan momentum diatas:

$$p = m v$$

$$p = 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ ms}^{-1}$$

$$p = 10 \text{ kg m s}^{-1}$$

1.8.2. Konsep Impuls

Dalam kehidupan sehari-hari banyak ditemui peristiwa-peristiwa seperti bola ditendang, bola tenis dipukul, serta pukulan sesaat. Pada peristiwa itu, gaya yang bekerja pada benda hanya sesaat saja, inilah yang disebut sebagai **impuls**. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$I = F \Delta t \quad (1.2)$$

di mana

I = impuls (N s)

F = gaya (N)

Δt = selang waktu (s)

Impuls merupakan besaran vektor yang arahnya sama dengan arah gaya. Secara vektor impuls ditulis sebagai:

$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t$$

Contoh Soal 2:

Sebuah bola dipukul dengan gaya sebesar 45 N, jika gaya itu bekerja pada bola hanya dalam waktu 0,1 s. Berapakah besarnya impuls pada bola tersebut?

Penyelesaian:

Dengan menggunakan persamaan (1.2), maka kita dapatkan besarnya impuls dalam persoalan ini yaitu sebesar:

$$I = F \Delta t$$

$$I = 45 \text{ N } 0,1 \text{ s}$$

$$I = 4,5 \text{ N s}$$

1.8.3 Impuls sebagai perubahan Momentum

Suatu benda yang bermassa m bekerja gaya F yang konstan, maka setelah waktu Δt benda tersebut bergerak dengan kecepatan :

$$v_t = v_o + a \cdot \Delta t \quad (5.3)$$

Menurut Hukum II Newton:

$$F = m a \quad (5.4)$$

Dengan mensubstitusi Persamaan (5.4) ke Persamaan (5.3), maka diperoleh:

$$v_t = v_o + (F/m) \Delta t \quad (5.5)$$

$$F \Delta t = m v_t - m v_o \quad (5.6)$$

dengan:

$m v_t$ = momentum benda pada saat kecepatan v_t

$m v_o$ = momentum benda pada saat kecepatan v_o

Kesimpulan:

Momentum ialah: Hasil kali massa sebuah benda dengan kecepatan . Momentum merupakan besaran vektor yang arahnya searah dengan kecepatannya. Satuan dari momentum adalah kg m/s atau gram cm/s

Impuls adalah: Hasil kali gaya dengan waktu yang ditempuhnya. Impuls merupakan Besaran vektor yang arahnya searah dengan arah gayanya.

Perubahan momentum adalah akibat adanya impuls dan nilainya sama dengan impuls.

Impuls = Perubahan Momentum

Contoh Soal 3:

Sebuah bola sepak mula-mula diam, kemudian dipukul hingga kecepatannya menjadi 8 m/s. Jika massa bola 250 gram dan lamanya waktu stick bersentuhan dengan bola 0,02 s. Berpakah besarnya gaya yang mendorong bola tersebut?

Penyelesaian:

Dengan menggunakan persamaan 5.6, maka besarnya gaya dapat diperoleh yaitu:

$$F = \frac{m v_t - m v_o}{\Delta t} = \frac{m(v_t - v_o)}{\Delta t}$$

$$F = \frac{0,25(8 - 0) \text{ kg.m/s}}{0,02 \text{ s}}$$

$$F = 100 \text{ N}$$

Contoh soal 4:

Dalam suatu permainan sepakbola, seorang pemain melakukan tendangan penalti. Tepat setelah ditendang bola melambung dengan kecepatan 50 m/s. Bila gaya tendangan 250 N sepatu pemain menyentuh bola selama 0,3 sekon. Hitung massa bola tersebut.

Penyelesaian:

Menentukan massa dari hubungan gaya dan impuls.

Diketahui:

$$v_2 = 50 \text{ m/s}$$

$$v_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$F = 250 \text{ N}$$

$$\Delta t = 0,3 \text{ s}$$

$$m = ?$$

Jawab:

$$F \Delta t = m(v_2 - v_1)$$

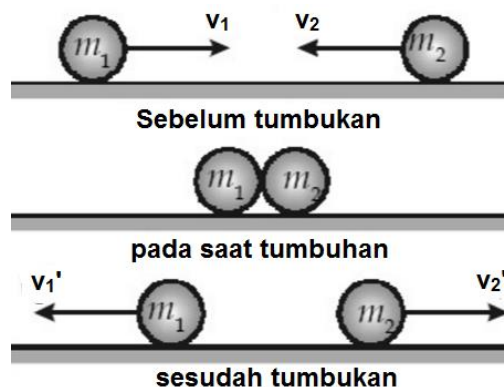
$$250 \left(\frac{3}{10} \right) = m(50 - 0)$$

$$75 = 50 m$$

$$m = 1,5 \text{ kg}$$

1.8.4. Momentum Linear

Konsep momentum sangat penting karena pada keadaan tertentu momentum merupakan besaran yang kekal. Untuk memahami momentum menjadi lebih baik, tinjau diskusi tentang tumbukan dua buah bola dengan masa m_1 dan m_2 seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Bola m_1 dan benda m_2
sebelum, pada saat dan setelah tumbukan

Pada Gambar 5.1, misalkan bola nomor 1 dan bola nomor 2 masing-masing mempunyai masa m_1 dan m_2 , serta kecepatannya adalah v_1 dan v_2 . Setelah tumbukan kecepatan benda berubah menjadi v_1' dan v_2' .

Walaupun momentum dari tiap bola berubah akibat terjadi tumbukan, jumlah momentum dari bola nomor 1 dan bola nomor 2 sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama atau tetap. Jika m_1v_1 adalah momentum bola nomor 1 dan m_2v_2 adalah momentum bola nomor 2, maka momentum total bola sebelum tumbukan adalah $m_1v_1 + m_2v_2$. Setelah tumbukan, masing-masing bola mempunyai kecepatan yang berbeda, yang diberi tanda “aksen”, sehingga momentum total bola setelah tumbukan adalah $m_1v_1' + m_2v_2'$. Selama tidak ada gaya eksternal total yang bekerja pada sistem tumbukan tersebut, ternyata momentum total sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama. Keadaan seperti ini disebut sebagai **Hukum Kekekalan Momentum Linear**.

Secara matematis hukum kekekalan momentum linear ini dapat dituliskan sebagai:

$$\boxed{m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'} \quad (5.x)$$

Contoh Soal 4:

Sebuah peluru massa 5 gram ditembakkan dari senapan dengan kecepatan 200 m/s, jika massa senapan 4 kg. Berapakah laju senapan?

Penyelesaian:

Mula-mula peluru dan senapan diam, jadi:

$$v_s = v_p = 0$$

sehingga,

$$m_s v_s + m_p v_p = m_s v_s' + m_p v_s'$$

$$0 = 4 \cdot v_s' + 0,005 \text{ kg} \cdot 200 \text{ m/s}$$

$$v_s' = -0,25 \text{ m/s}$$

Kecepatan senapan pada saat peluru ditembakkan 0,25 m/s, tanda (-) menyatakan arahnya kebelakang/tertolak.

Contoh Soal 5:

Dua orang nelayan massanya sama 60 kg berada di atas perahu yang sedang melaju dengan kecepatan 5 m/s, karena mengantuk seorang nelayan yang ada diburitan terjatuh, jika massa perahu 180 kg. Berapakah kecepatan perahu sekarang?

Penyelesaian:

Momentum mula-mula (perahu dan nelayan):

$$p_1 = (2m_o + m_p).v_p$$

$$p_1 = (2.60 \text{ kg} + 180 \text{ kg}).5 \text{ m/s}$$

$$p_1 = 1500 \text{ kg.m/s}$$

Momentum setelah seorang nelayan terjatuh:

$$p_2 = (m_o + m_p).v'_p$$

$$p_2 = (60 \text{ kg} + 180 \text{ kg}). v'_p$$

$$p_2 = 240 \text{ kg}. v'_p$$

Sehingga menurut hukum kekekalan momentum, maka

$$p_1 = p_2.$$

$$1500 \text{ kg.m/s} = 240 \text{ kg}. v'_p$$

$$v'_p = 6,25 \text{ m/s}$$

1.8.5. Tumbukan Lenting dan Tidak Lenting

Pada setiap jenis tumbukan berlaku hukum kekekalan momentum tetapi tidak selalu berlaku hukum kekekalan energi mekanik, sebab sebagian energi mungkin diubah menjadi energi bentuk lain, misalnya diubah menjadi energi panas, energi bunyi, atau terjadi perubahan bentuk benda sebagai akibat dari tumbukan tersebut

Tinjau tumbukan dua buah bola A dan bola B, tumbukan ini berlaku hukum kekekalan momentum, yaitu jumlah momentum sebelum sama dengan jumlah momentum sesudah tumbukan. Kekekalan momentum ini dapat dinyatakan dengan rumusan sebagai berikut:.

$$\sum p_{sebelum} = \sum p_{sesudah}$$

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B' \quad (5.1)$$

dengan:

v_A' dan v_B' = kecepatan benda A dan B setelah tumbukan

v_A dan v_B = kecepatan benda A dan B sebelum tumbukan

m_A' dan m_B' = masa benda A dan B setelah tumbukan

m_A dan m_B = masa benda A dan B sebelum tumbukan

Jika tumbukan dianggap tidak ada yang berubah menjadi bentuk energi lain, maka tumbukan disebut tumbukan lenting, dimana berlaku hukum kekekalan energi kinetik. Kekekalan energi kinetik ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sum E_{K\text{ sebelum}} = \sum E_{K\text{ sesudah}}$$

$$\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2 \quad (5.2)$$

Dengan dua persamaan kekekalan momentum dan kekekalan energi kinetik ini, dapat dicari dua hal yang tidak diketahui. Untuk melakukannya ditulis ulang persamaan tersebut:

$$m_A (v_A - v_A') = m_B (v_B' - v_B) \quad *$$

Dan tulis ulang persamaan E_K , menjadi:

$$m_A (v_A^2 - v_A'^2) = m_B (v_B'^2 - v_B^2)$$

Ingat bahwa:

$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$, sehingga persamaan E_K dapat ditulis ulang menjadi:

$$m_A (v_A + v_A')(v_A - v_A') = m_B (v_B' + v_B)(v_B' - v_B) \quad **$$

Jika persamaan **) dibagi dengan persamaan *), dan menganggap bahwa $v_A' \neq v_A$ dan $v_B' \neq v_B$ diperoleh:

$$(v_A + v_A') = (v_B' + v_B)$$

Persamaan dapat ditulis ulang menjadi:

$$(v_A - v_B) = (v_B' - v_A')$$

$$(v_A - v_B) = -(v_A' - v_B') \quad (5.3)$$

Persamaan 5.3 ini merupakan hasil analisis yang menarik, bahwa untuk tumbukan lenting, besarnya kecepatan relatif kedua bola, setelah tumbukan sama dengan sebelum tumbukan, tetapi arahnya berlawanan (tanda minus pada persamaan (5.3)), dan tidak tergantung pada masa kedua bola.

Dari Persamaan (5.3) dapat dibuat definisi tentang koefisien restitusi (e), untuk membedakan tumbukan lenting dan tidak lenting. Besarnya koefisien restitusi untuk semua jenis tumbukan berlaku:

$$e = \frac{v_B' - v_A'}{v_A - v_B} \quad (5.4)$$

dengan:

v_A' dan v_B' = kecepatan benda A dan B setelah tumbukan

v_A dan v_B = kecepatan benda A dan B sebelum tumbukan

Jenis-jenis tumbukan yaitu:

Tumbukan lenting atau elastis sempurna, yaitu tumbukan yang tak mengalami perubahan energi. Koefisien restitusi $e = 1$, berlaku hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi mekanik (karena biasanya pada kedudukan atau posisi sama, maka yang diperhitungkan hanya energi kinetiknya saja)

Tumbukan lenting sebagian, yaitu tumbukan yang tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik, sebab ada sebagian energi yang diubah dalam bentuk lain, misalnya ada energi yang sebagian berubah panas. Koefisien restitusi $0 < e < 1$.

Tumbukan tidak lenting, yaitu tumbukan yang tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik dan kedua benda setelah tumbukan melekat dan bergerak bersama-sama. Koefisien restitusi $e = 0$

Energi yang hilang setelah tumbukan dirumuskan:

$$E_{\text{hilang}} = \sum E_{K \text{ sebelum tumbukan}} - \sum E_{K \text{ sesudah tumbukan}}$$

$$E_{\text{hilang}} = \left(\frac{1}{2} m v_A^2 + \frac{1}{2} m v_B^2 \right) - \left(\frac{1}{2} m (v_A')^2 + \frac{1}{2} m (v_B')^2 \right)$$

Untuk menyelesaikan persoalan tumbukan dapat dilakukan dengan memanfaatkan persamaan 5.9, 5.10 dan 5.11 untuk menyesuaikan jenis tumbukan yang diselesaikan.

Pada kehidupan sehari-hari kita sering menjumpai peristiwa tumbukan seperti bola yang di jatuhkan secara bebas dari ketinggian tertentu di atas lantai.

Tinjau tumbukan yang terjadi jika bola A dijatuhkan dari ketinggian h meter dari atas lantai yang bisa memantulkan bola tersebut. Kecepatan bola sesaat akan menumbuk lantai v_A dapat dicari dengan menggunakan kekekalan energi, akan diperoleh persamaan:

$$v_A = \sqrt{2gh}$$

Dengan cara yang sama kecepatan bola sesaat setelah meninggalkan lantai v_A' , akan diperoleh:

$$v_A' = \sqrt{2gh'}$$

Kecepatan lantai v_B dan sebelum dan sesudah tumbukan v_B' adalah 0.

$$v_B = v_B' = 0$$

Dengan memasukkan persamaan tumbukan lenting diperoleh:

$$e = - \frac{v_A' - v_B'}{v_A - v_B}$$

$$e = - \frac{v_A' - 0}{v_A - 0}$$

$$e = - \frac{v_A'}{v_A}$$

$$e = - \frac{\sqrt{2gh'}}{\sqrt{2gh}}$$

$$e = - \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

dengan demikian diperoleh besarnya e adalah:

$$e = \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

dengan:

h' = tinggi pantulan

h = tinggi bola jatuh.

Jika $e = 1$, tumbukan lenting

$0 < e < 1$, tumbukan lenting sebagian

$e = 0$, tumbukan tidak lenting

Contoh Soal 7:

Sebuah batu 2 kg bergerak dengan kecepatan 6 m/s. Hitunglah gaya F yang dapat menghentikan batu itu dalam waktu $7 \cdot 10^{-4}$ detik.

Penyelesaian:

$$\text{Impuls} : F \cdot \Delta t = m (v - v_0)$$

$$F \cdot (7 \cdot 10^{-4}) = 2 (0 - 6) ; \text{ jadi}$$

$$F = - 1,71 \cdot 10^4 \text{ Newton.}$$

Contoh Soal 8:

Dua orang gadis (m_1 dan m_2) berada di atas sepatu roda dan dalam keadaan diam, saling berdekatan dan berhadapan muka. Gadis 1 mendorong tepat pada gadis 2 dan menjatuhkannya dengan kecepatan v_2 . Misalkan gadis-gadis itu bergerak bebas di atas sepatu roda mereka, dengan kecepatan berapakah gadis 1 bergerak?

Penyelesaian:

Kita ambil kedua gadis mencakupi sistem yang ditinjau. Tidak ada gaya resultan dari luar pada sistem (dorongan dari gadis terhadap yang lain adalah gaya internal) dan dengan demikian momentum dikekalkan.

Momentum sebelum = momentum sesudah, sehingga

$$0 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

Jadi

$$v_1' = - \frac{m_2}{m_1} v_2' ; \text{ gadis 1 bergerak mundur dengan kecepatan ini.}$$

Contoh Soal :

Sebuah peluru bermassa 10 gram ditembakkan dengan kecepatan 40 m/s dan tertanam pada sebuah balok bermassa 0,99 kg yang mula-mula diam. Hitunglah kecepatan balok setelah ditembak.

Pembahasan :

Dari rumus HKM, diperoleh :

$$v' = (m_p v_p + m_b v_b) / (m_1 + m_2)$$

$$v' = (0,01(40) + 0,99(0)) / (0,01 + 0,99)$$

$$v' = 0,4 / 1$$

$$v' = 0,4 \text{ m/s}$$

Karena $v' = v_p' = v_b'$,

maka kecepatan balok setelah ditembak adalah 0,4 m/s.

c. Tidak Lenteng Sama Sekali

Pada pembahasan sebelumnya untuk tumbukan lenteng, berlaku kekekalan energi kinetik, persamaannya adalah:

$$\left(\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2\right) = \left(\frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2\right)$$

Tumbukan di mana energi kinetik tidak kekal disebut dengan tumbukan tidak lenteng.

$$\left(\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2\right) > \left(\frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2\right)$$

Jika setelah tumbukan dua benda bersatu sebagai akibat dari tumbukan, maka tumbukan tersebut disebut sebagai tumbukan tidak lenteng sama sekali.

Berikut Persamaannya:

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

Pada tumbukan tidak lenteng sama sekali, kecepatan akhir benda pertama sama dengan kecepatan benda kedua, yaitu $v_A' = v_B' = v'$

Sehingga persamaan tumbukan tidak lenteng sama sekali menjadi:

$$m_A v_A + m_B v_B = (m_A + m_B) v$$

Contoh Soal: Tumbukan tidak lenteng sama sekali

Sebuah gerbong kereta api 15.000 kg yang berjalan dengan kecepatan 16 m/s menumbuk gerbang serupa lain yang sedang berhenti. Jika kedua gerbong tersebut tersambung akibat dari tumbukan, tentukan;

- Kecepatan sambungan kereta tersebut?
- Berapa energi kinetik awal yang hilang?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$m_1 = 15.000 \text{ kg}, m_2 = 15.000 \text{ kg},$$

$$v_1 = 16 \text{ m/s}; v_2 = 0 \text{ m/s}.$$

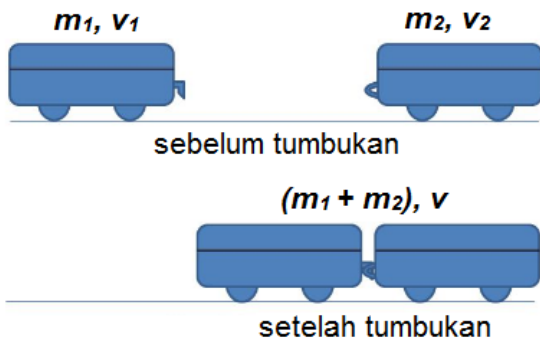
Ditanyakan:

a. v ?

b. E_K yang hilang?

Jawab:

Skema gambar tumbukan kereta:



a. Rumus umum kekekalan momentum:

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

Karena tumbukan tidak lenting sama sekali:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)v$$

$$15.000 \times 16 + 0 = (15.000 + 15.000)v$$

$$v = \frac{15.000 \times 16}{30.000} = 8 \text{ m/s}$$

b. Energi kinetik sebelum tumbukan:

$$E_{K \text{ sebelum}} = \left(\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 \right)$$

$$E_{K \text{ sebelum}} = \left(\frac{1}{2} \times 15.000 \times (16)^2 + 0 \right)$$

$$E_{K \text{ sebelum}} = 1,92 \times 10^6 \text{ J}$$

Energi kinetik setelah tumbukan:

$$E_{K \text{ setelah}} = \left(\frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2 \right)$$

$$E_{K \text{ setelah}} = \left(\frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \right)$$

$$E_{K \text{ setelah}} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2$$

$$E_{K \text{ setelah}} = \frac{1}{2} (15.000 + 15.000) 8^2$$

$$E_{K \text{ setelah}} = 0,96 \times 10^6 \text{ J}$$

Energi yang diubah menjadi bentuk lain adalah:

$$\Delta E_K = E_{K \text{ sebelum}} - E_{K \text{ setelah}}$$

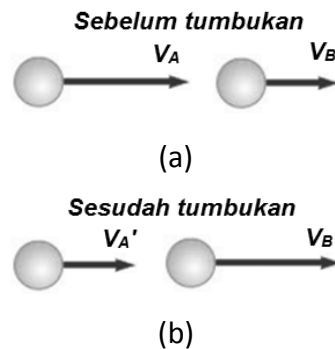
$$\Delta E_K = 1,92 \times 10^6 \text{ J} - 0,96 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\Delta E_K = 0,96 \times 10^6 \text{ J}$$

Ternyata adalah separuh dari E_K mula-mula.

5.5. Tumbukan Pada Bidang Satu Dimensi.

Tinjau penerapan hukum kekekalan momentum dan energi kinetik pada tumbukan lenting antara dua benda kecil (partikel) pada satu dimensi, sehingga semua gerak berada pada satu garis yang sama. Angap bahwa kedua partikel pada awalnya bergerak dengan kecepatan v_A dan v_B sepanjang pada satu garis yang mendatar, seperti ditunjukkan pada Gambar xa. Setelah tumbukan kecepatan kedua partikel adalah v_A' dan v_B' , seperti ditunjukkan pada Gambar xb.



Gambar x. Dua partikel dengan masa m_A dan m_B , (a) sebelum tumbukan, dan (b) setelah tumbukan.

Dari hukum kekekalan momentum, didapat sebelumnya:

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

Jika tumbukan dianggap lenting, maka berlaku kekekalan energi kinetik:

$$\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2$$

Jika masa dan kecepatan awal diketahui, maka kecepatan setelah tumbukan dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut. Untuk melakukan perhitungan ditulis ulang persamaan momentum menjadi

$$m_A(v_A - v_A') = m_B(v_B' - v_B)$$

dan tulis ulang persamaan energi kinetik menjadi:

$$m_A (v_A^2 - v_A'^2) = m_B (v_B'^2 - v_B^2)$$

Dengan perhitungan lebih lanjut diperoleh:

$$v_A + v_A' = v_B' + v_B$$

$$v_A + v_B = -(v_A' - v_B') \quad (7.7)$$

Contoh soal 1:

Dua bilyar m_A dan m_B yang masanya sama, m_A bergerak dengan kecepatan awal v bertumbukan dari arah depan dengan bola m_B yang diam. Berapakah kecepatan kedua bola setelah tumbukan, dengan menganggap tumbukan tersebut lenting?

Penyelesaian:

Diketahui:

$$v_A = v$$

$$v_B = 0$$

$$m_A = m_B = m$$

Ditanyakan: v_A' dan v_B' .

Jawab:

Dari persamaan kekekalan momentum:

$$m_A(v_A - v_A') = m_B(v_B' - v_B)$$

$$m (v - v_A') = m (v_B' - 0)$$

$$v = v_A' + v_B' \quad (*)$$

Dari persamaan energi kinetik:

$$v_A + v_A' = v_B' + v_B$$

$$v + v_A' = v_B' + 0$$

$$v = v_B' - v_A' \quad (**)$$

Kurangkan Persamaan (*) dengan (**), diperoleh

$$v = v_A' + v_B'$$

$$v = v_B' - v_A'$$

$$0 = 2v_A'$$

Sehingga: $v_A' = 0$

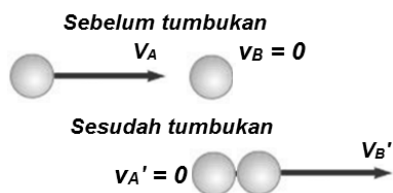
Untuk mencari kecepatan bola lainnya setelah tumbukan, pilih salah satu persamaan, misalnya Persamaan (**), kemudian substitusikan $v_A' = 0$ ke persamaan (**), diperoleh:

$$v = v_B' - v_A'$$

$$v = v_B' - 0$$

Sehingga $v_B' = v$

Jika digambar sebelum dan sesudah tumbukan dapat ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar x. Contoh 1, sebelum dan setelah tumbukan.

Contoh soal 2:

Tumbukan nuklir yang lenting antara proton p dengan inti atom helium He masing-masing mempunyai 1,01 sma (satan masa atom) dan 4,00 sma. p berjalan dengan kecepatan $3,60 \times 10^4$ m/s menumbuk secara sentral lurus kearah He yang diam. Berapa kecepatan p dan He setelah tumbukan terjadi?

Penyelesaian"

Diketahui:

$$V_p = 3,60 \times 10^4 \text{ m/s}$$

$$V_{He} = 0$$

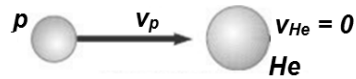
$$m_p = 1,01 \text{ sma}$$

$$m_{He} = 4,00 \text{ sma}$$

Ditanyakan: v_p' dan v_{He}' .

Jawab:

Sebut arah gerak mula-mula p arah adalah +x, seperti ditunjukkan pada gambar y.



Gambar y. Tumbukan p dan He.

Dari kekekalan momentum:

$$m_p v_p + m_{He} v_{He} = m_p v_p' + m_{He} v_{He}'$$

Karena tumbukan lenting, maka berlaku kekekalan energi kinetik (Pers. 7.7):

$$v_p - v_{He} = -(v_p' - v_{He}') \quad (7.7)$$

$$v_p - 0 = -(v_p' - v_{He}')$$

$$v_p' = v_{He}' - v_p \quad **$$

Substitusi (**) ke (*) diperoleh:

$$m_p v_p + m_{He} v_{He} = m_p v_p' + m_{He} v_{He}'$$

$$m_p v_p + 0 = m_p(v_{He}' - v_p) + m_{He} v_{He}'$$

$$m_p v_p = m_p v_{He}' - m_p v_p + m_{He} v_{He}'$$

$$2 m_p v_p = v_{He}'(m_p + m_{He})$$

$$v_{He}' = \frac{2 m_p v_p}{m_p + m_{He}}$$

$$v_{He}' = \frac{2(1,01 \text{ sma})(3,60 \times 10^4 \text{ ms}^{-1})}{1,01 \text{ sma} + 4,00 \text{ sma}}$$

$$v_{He}' = 1,45 \times 10^4 \text{ ms}^{-1}$$

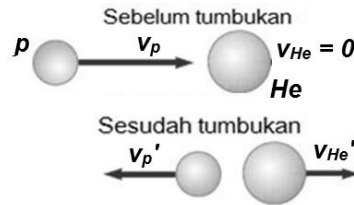
Dari persamaan (**), diperoleh:

$$v_p' = v_{He}' - v_p$$

$$v_p' = 1,45 \times 10^4 \text{ ms}^{-1} - 3,60 \times 10^4 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_p' = -2,15 \times 10^4 \text{ ms}^{-1} \text{ (tanda minus menunjukkan arahnya berlawanan dengan arah } v_p \text{).}$$

Peristiwa sebelum dan setelah tumbukan dapat ditunjukkan seperti pada Gambar x.



Gambar x. Sebelum dan setelah tumbukan.

Contoh Soal : Tumbukan satu dimensi, lenting sempurna

1. Jika benda bermassa 2 kg bergerak ke timur dengan kecepatan 4 m/s dan bertumbukan lenting sempurna dengan benda bermassa 1 kg yang bergerak ke barat dengan kecepatan 6 m/s, maka berapakah kecepatan masing-masing benda setelah tumbukan?

Pembahasan :

Ingat bahwa momentum merupakan besaran vektor maka perhatikan arah kecepatan dalam penjumlahannya. Untuk tujuan praktis, jika kecepatan ke kanan atau ke atas, maka gunakan tanda positif sebaliknya, jika kecepatan ke kiri atau ke bawah gunakan tanda negatif.

Dari soal diketahui :

$$m_1 = 2 \text{ kg} ; v_1 = 4 \text{ m/s (ke kanan)}$$

$$m_2 = 1 \text{ kg} ; v_2 = -6 \text{ m/s (ke kiri)}$$

$$e = 1$$

Dari koefisien restitusi :

$$e = - (v_1' - v_2') / (v_1 - v_2)$$

$$1 = - (v_1' - v_2') / (4 - (-6))$$

$$-10 = v_1' - v_2'$$

$$v_1' = v_2' - 10 \dots\dots\dots (1)$$

Dari hukum kekekalan momentum :

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$\Rightarrow 2(4) - 1(6) = 2v_1' + 1v_2'$$

$$\Rightarrow 8 - 6 = 2v_1' + v_2'$$

$$\Rightarrow 2 = 2v_1' + v_2' \dots\dots (2)$$

Substitusi persamaan 1 ke persamaan 2 :

$$2 = 2v_1' + v_2'$$

$$\Rightarrow 2 = 2(v_2' - 10) + v_2'$$

$$\Rightarrow 2 = 2v_2' - 20 + v_2'$$

$$\Rightarrow 22 = 3v_2'$$

$$\Rightarrow v_2' = 22/3 \text{ m/s (ke kanan)}$$

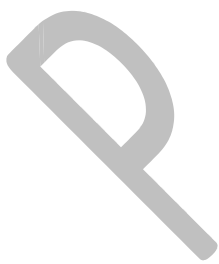
Selanjutnya, $v_1' = v_2' - 10$

$$\Rightarrow v_1' = 22/3 - 10$$

$$\Rightarrow v_1' = -8/3 \text{ m/s (ke kiri)}$$

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.9 Teori Kinetik Gas]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.9 Materi Pokok: Teori Kinetik Gas

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Memahami teori kinetik gas dalam menjelaskan karakteristik gas pada ruang tertutup

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menjelaskan hubungan konsep temperatur absolut dengan kecepatan rata-rata gas dalam perhitungan

MATERI

Teori kinetik merupakan suatu teori yang secara garis besar adalah hasil kerja dari **Count Rumford** (1753-1814), **James Joule** (1818-1889), dan **James Clerk Maxwell** (1831-1875), yang menjelaskan sifat-sifat zat berdasarkan gerak acak terus menerus dari molekul-molekulnya. Dalam gas misalnya, tekanan gas adalah berkaitan dengan tumbukan yang tak henti-hentinya dari molekul-molekul gas terhadap dinding-dinding wadahnya.

Gas yang kita pelajari adalah gas ideal, yaitu gas yang secara tepat memenuhi hukum-hukum gas. Dalam keadaan nyata, tidak ada gas yang termasuk gas ideal, tetapi gas-gas nyata pada tekanan rendah dan suhunya tidak dekat dengan titik cair gas, cukup akurat memenuhi hukum-hukum gas ideal.

A. Sifat-Sifat Gas Ideal

Gas yang paling sederhana dan mendekati sifat-sifat gas sejati adalah gas ideal. Adapun sifat-sifat gas ideal diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Gas terdiri dari molekul-molekul yang sangat banyak, dengan jarak pisah antar molekul lebih besar dari ukuran molekul. Hal ini menunjukkan bahwa gaya tarik antar molekul sangat kecil dan diabaikan.

2. Molekul-molekul gas bergerak acak ke segala arah sama banyaknya dan memenuhi hukum Newton tentang gerak
3. Molekul-molekul gas hanya bertumbukan dengan dinding tempat gas secara sempurna
4. Dinding wadah adalah kaku sempurna dan tidak akan bergerak

B. Persamaan Umum Gas Ideal

Persamaan umum gas ideal dapat dituliskan :

$$PV = nRT$$

dengan :

P = tekanan gas ($N/m^2 = P_a$)

V = volume gas (m^3)

n = jumlah mol gas (mol)

T = suhu gas (K)

R = tetapan umum gas = $8,314 \text{ J/mol K}$

Persamaan umum gas ideal tersebut di atas dapat juga dinyatakan dalam bentuk :

$$n = N / N_A$$

$$PV = nRT$$

$$PV = NRT / N_A \text{ dengan } R / N_A = k$$

Maka diperoleh :

$$PV = NkT$$

k = tetapan Boltzman

$$= 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/k}$$

CONTOH SOAL

Sebuah tabung bervolume 590 liter berisi gas oksigen pada suhu 20°C dan tekanan 5 atm.

Tentukan massa oksigen dalam tangki ! (M_r oksigen = 32 kg/kmol)

Penyelesaian :

Diketahui :

$$V = 5,9 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$P = 5 \cdot 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 20^{\circ}\text{C} = 293 \text{ K}$$

Ditanyakan :

$$m = \dots?$$

Jawaban :

$$PV = nRT \text{ dan } n = M / M_r \text{ sehingga :}$$

$$PV = mRT / M_r$$

$$m = PVM_r / RT$$

$$= 5 \cdot 1,01 \cdot 10^5 \cdot 0,59 \cdot 32 / 8,314 \cdot 293$$

$$= 3,913 \text{ kg}$$

C. Hukum-Hukum pada Gas Ideal

1. Hukum Boyle

Hukum Boyle menyatakan bahwa dalam ruang tertutup pada suhu tetap, tekanan berbanding terbalik dengan volume gas, yang dinyatakan dalam bentuk persamaan :

$$PV = \text{konstan}$$

dengan :

$$P = \text{tekanan gas (N/m}^2\text{)}$$

$$V = \text{volume gas (m}^3\text{)}$$

CONTOH SOAL

Tangki berisi gas ideal 6 liter dengan tekanan 1,5 atm pada suhu 400 K. Tekanan gas dalam tangki dinaikkan pada suhu tetap hingga mencapai 4,5 atm. Tentukan volume gas pada tekanan tersebut !

Penyelesaian :

Diketahui :

$$V_1 = 6 \text{ liter}$$

$$P_1 = 1,5 \text{ atm}$$

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

$$P_2 = 4,5 \text{ atm}$$

$$T_2 = 400 \text{ K}$$

Ditanyakan :

$$V_2 = \dots?$$

Jawaban :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\begin{aligned} V_2 &= P_1 V_1 / P_2 \\ &= 1,5 \cdot 6 / 4,5 \\ &= 2 \text{ liter} \end{aligned}$$

2. Hukum Gay-Lussac

Hukum Gay-Lussac menyatakan bahwa “Dalam ruang tertutup dan volume dijaga tetap, tekanan gas akan sebanding dengan suhu gas”. Jika dinyatakan dalam bentuk persamaan, menjadi :

$$P / T = \text{konstan}$$

dengan :

$$P = \text{tekanan gas (N/m}^2\text{)}$$

$$T = \text{suhu gas (K)}$$

CONTOH SOAL

Udara dalam ban mobil pada suhu 15°C mempunyai tekanan 305 kPa. Setelah berjalan pada kecepatan tinggi, ban menjadi panas dan tekanannya menjadi 360 kPa. Berapakah temperatur udara dalam ban jika tekanan udara luar 101 kPa ?

Penyelesaian :

Diketahui :

$$T_1 = 288$$

$$P_1 = 305 + 101 = 406 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 360 + 101 = 461 \text{ kPa}$$

Ditanyakan :

$$T_2 = \dots?$$

Jawaban :

$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

$$406 / 288 = 461 / T_2$$

$$T_2 = 327 \text{ K}$$

$$= 54^\circ\text{C}$$

3. Hukum Boyle Gay-Lussac

Penggabungan hukum Boyle Gay-Lussac membentuk hukum Boyle Gay-Lussac yang menyatakan bahwa “Gas dalam ruang tertutup jika suhunya berubah, maka akan diikuti perubahan tekanan dan volume gas”. Sehingga dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$PV / T = \text{konstan}$$

D. Tekanan Gas dan Energi Kinetik Partikel Gas

1. Tekanan Gas

Pada pembahasan sifat-sifat gas ideal dinyatakan bahwa gas terdiri dari partikel-partikel gas. Partikel-partikel gas senantiasa bergerak hingga menumbuk dinding tempat gas. Dan tumbukan partikel gas dengan dinding tempat gas akan menghasilkan **tekanan**.

$$P = Nm\bar{v}^2 / 3V$$

dengan :

P = tekanan gas (N/m^2)

v = kecepatan partikel gas (m/s)

m = massa tiap partikel gas (kg)

N = jumlah partikel gas

V = volume gas (m^3)

2. Hubungan antara Tekanan, Suhu, dan Energi Kinetik Gas

Secara kualitatif dapat diambil suatu pemikiran berikut. Jika suhu gas berubah, maka kecepatan partikel gas berubah. Jika kecepatan partikel gas berubah, maka energi kinetik tiap partikel gas dan tekanan gas juga berubah. Hubungan ketiga faktor tersebut secara kuantitatif membentuk persamaan :

Persamaan $P = Nmv^2 / 3V$ dapat disubstitusi dengan persamaan energi kinetik, yaitu $E_k = \frac{1}{2} mv^2$, sehingga terbentuk persamaan :

$$P = Nmv^2 / 3V \text{ sedangkan } mv^2 = 2 E_k$$

$$P = N2E_k / 3V$$

$$p = 2NE_k / V$$

dengan :

E_k = energi kinetik partikel gas (J)

Dengan mensubstitusikan persamaan umum gas ideal pada persamaan tersebut, maka akan diperoleh hubungan energi kinetik dengan suhu gas sebagai berikut.

$$PV = NkT$$

$$P = NkT / V = 2/3 \cdot (N / V) E_k$$

$$E_k = 3/2 kT$$

dengan :

T = suhu gas (K)

CONTOH SOAL

Tekanan gas dalam tabung tertutup menurun 64% dari semula. Jika kelajuan partikel semula adalah v , tentukan kelajuan partikel sekarang !

Penyelesaian :

Diketahui :

$$P_2 = 36\% P_1$$

$$V_1 = v$$

Ditanyakan :

$$V_2 = \dots ?$$

Jawaban :

$$\text{Kita mengetahui : } P = Nmv^2 / 3V$$

$$\text{Berarti } P = v^2 \text{ atau akar } P = v$$

$$v_1 / v_2 = \text{akar } P_1 / P_2 = \text{akar } 0,36 P_1 / P_1 = 0,6$$

$$v_2 = 1/0,6 v_1 = 10/6 v_1 = 5/3 v_1$$

Sejumlah gas berada dalam ruang tertutup bersuhu 327°C dan mempunyai energi kinetik E_k . Jika gas dipanaskan hingga suhunya naik menjadi 627°C. Tentukan energi kinetik gas pada suhu tersebut !

Penyelesaian :

Diketahui :

$$T_1 = (327+273) \text{ K} = 600 \text{ K}$$

$$E_{k1} = E_k$$

$$T_2 = (627+273) \text{ K} = 900 \text{ K}$$

Ditanyakan :

$$E_{k2} = \dots ?$$

Jawaban :

$$E_k = \frac{3}{2} kT$$

$$E_k = T$$

$$E_{k2} / E_{k1} = T_2 / T_1$$

$$E_{k1} / E_{k2} = 900 / 600$$

$$E_{k2} = 1,5 E_{k1}$$

$$E_{k2} = 1,5 E_k$$

E. Energi dalam Gas

Gas terdiri atas partikel-partikel gas, setiap partikel memiliki energi kinetik. Kumpulan dari energi kinetik dari partikel-partikel gas merupakan energi dalam gas. Besar energi dalam gas dirumuskan :

$$U = N E_k$$

dengan :

U = energy dalam gas (J)

N = jumlah partikel

F. Prinsip Ekuipartisi Energi

Energi kinetik yang dimiliki oleh partikel gas ada tiga bentuk, yaitu energi kinetik translasi, energi kinetik rotasi, dan energi kinetik vibrasi.

Gas yang memiliki f derajat kebebasan energi kinetik tiap partikelnya, rumusnya adalah :

$$E_k = f/2 kT$$

Untuk gas monoatomik (misalnya gas He, Ar, dan Ne), hanya memiliki energi kinetik translasi, yaitu pada arah sumbu X, Y, dan Z yang besarnya sama. Energi kinetik gas monoatomik memiliki 3 derajat kebebasan dan dirumuskan :

$$E_k = 3/2 kT$$

Dan untuk gas diatomik (misal O_2 , H_2), selain bergerak translasi, juga bergerak rotasi dan vibrasi. Gerak translasi mempunyai 3 derajat kebebasan. Gerak rotasi mempunyai 2 derajat kebebasan. Gerak vibrasi mempunyai 2 derajat kebebasan. Jadi, untuk gas diatomik, energi kinetik tiap partikelnya berbeda-beda.

Untuk gas diatomik suhu rendah, memiliki gerak translasi. Energi kinetiknya adalah :

$$E_k = 3/2 kT$$

Untuk gas diatomik suhu sedang, memiliki gerak translasi dan rotasi. Energi kinetiknya adalah :

$$E_k = 5/2 kT$$

Sedangkan untuk gas diatomik suhu tinggi, memiliki gerak translasi, gerak rotasi, dan gerak vibrasi. Energi kinetiknya adalah :

$$E_k = 7/2 kT$$

CONTOH SOAL

Satu mol gas ideal monoatomik bersuhu 527°C berada di dalam ruang tertutup. Tentukan energi dalam gas tersebut !

$$(k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})$$

Penyelesaian :

Diketahui :

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$T = (527+273) \text{ K} = 800 \text{ K}$$

Ditanyakan :

$$U = \dots?$$

Jawaban :

$$U = N E_k$$

$$U = n N_A \frac{3}{2} kT$$

$$= 1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 800$$

$$= 1 \cdot 10^4 \text{ joule}$$

Dua mol gas ideal diatomik memiliki 5 derajat kebebasan bersuhu 800 K. Tentukan energi dalam gas tersebut !

$$(k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})$$

Penyelesaian :

Diketahui :

$$n = 2 \text{ mol}$$

$$T = 800 \text{ K}$$

$$f = 5$$

Ditanyakan :

$$U = \dots?$$

Jawaban :

$$U = \frac{f}{2} N E_k$$

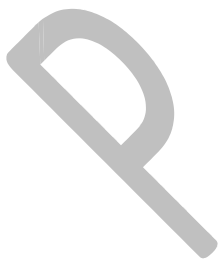
$$U = n N_A \frac{f}{2} kT$$

$$= 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{5}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 800$$

$$= 3,32 \cdot 10^4 \text{ joule}$$

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.10 Gelombang Stationer]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.10 Materi Pokok: Gelombang Stasioner

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menganalisis besaran-besaran fisis gelombang tegak dan gelombang berjalan pada berbagai kasus nyata

c. **Uraian Materi Pembelajaran** (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menemukan frekuensi nada-nada yang dihasilkan dari gambar gelombang tegak suatu senar

Pengertian Gelombang Stasioner

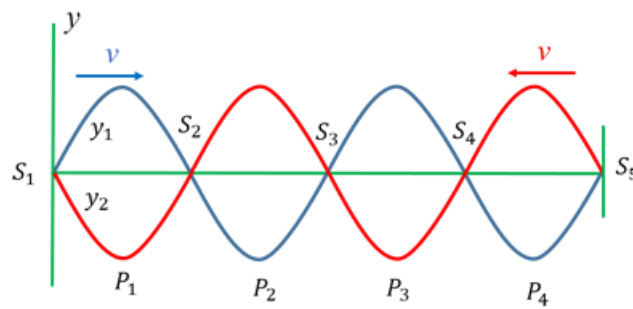
Gelombang stasioner merupakan perpaduan dua gelombang yang mempunyai frekuensi, cepat rambat, dan amplitudo yang sama besar namun merambat dalam arah yang berlawanan. Singkatnya, gelombang stasioner merupakan perpaduan atau superposisi dari dua gelombang yang identik namun berlawanan arah. Sebagai contoh gelombang tali yang diikat di salah satu ujungnya, kemudian ujung yang lain kita ayunkan naik turun.

Besar amplitudo gelombang stasioner akan berubah-ubah di antara nilai maksimum dan minimumnya. Titik yang amplitudonya maksimum disebut **perut** dan titik dengan amplitudo minimum disebut **simpul**.

Gelombang stasioner ada dua yaitu gelombang stasioner pada ujung tetap dan ujung bebas.

1. Gelombang Stasioner pada ujung tetap

Perhatikan gambar gelombang berjalan berikut :



Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa pada ujung tetap (terikat) akan membentuk 2 gelombang tali yang arahnya berlawanan. Masing - masing mempunyai persamaan gelombang :

- $y_1 = A \sin (\omega t - kx)$ (merambat ke kanan)
- $y_2 = A \sin (\omega t + kx)$ (merambat ke kiri)

Super posisi dari kedua gelombang tersebut dinyatakan :

$$y_s = y_1 + y_2 = 2A \sin kx \cos \omega t$$

Amplitudo gabungan A_p sebesar $A_p = 2A \sin kx$

(cara menghafal : dari gambar tampak bentuk gelombang menyerupai **fungsi sinus**, maka persamaan *sin* mendahului *cos*).

Cara menentukan letak simpul dan perut :

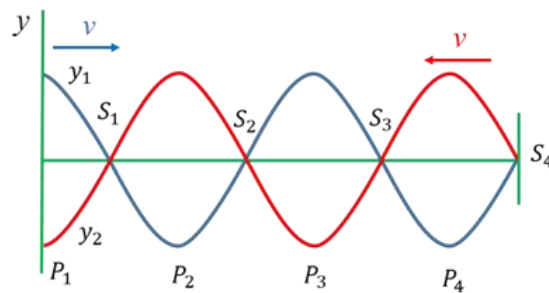
Perhatikan gambar gelombang di atas dengan seksama.

1. Simpul pertama merupakan titik awal berarti jarak dari titik pantul = 0. Simpul kedua merupakan $\frac{1}{2} \lambda$, simpul ketiga merupakan λ , keempat $1 \frac{1}{2} \lambda$ dst.
2. Perut pertama merupakan $\frac{1}{4} \lambda$, perut kedua $\frac{3}{4} \lambda$, perut ketiga $1 \frac{1}{4} \lambda$ dst.

Metode di atas lebih mudah dipahami dari pada menghafal dengan rumus letak simpul dan perut.

2. Gelombang Stasioner pada ujung bebas

Perhatikan gambar gelombang berjalan berikut :



Berbeda dengan ujung terikat, pada ujung bebas mempunyai persamaan (fungsi cosinus)

$$y_s = y_1 + y_2 = 2A \cos kx \sin \omega t$$

Amplitudo gabungan (A_p) sebesar $A_p = 2A \cos kx$.

Cara menentukan letak simpul dan perut :

Perhatikan gambar gelombang di atas dengan seksama.

1. Simpul pertama merupakan $\frac{1}{4} \lambda$, simpul kedua = $\frac{3}{4} \lambda$, simpul ketiga = $1\frac{1}{4} \lambda$ dst.
2. Perut pertama merupakan titik awal berarti jarak dari titik pantul = 0. perut kedua merupakan $\frac{1}{2} \lambda$, perut ketiga merupakan λ , keempat $1\frac{1}{2} \lambda$ dst.

Contoh Soal 1

Diketahui sebuah gelombang tali merambat sepanjang sumbu-x positif dengan persamaan gelombang $y = 5 \sin(2\pi t - 4\pi x)$ dengan x, y dalam meter dan t dalam detik. Jika gelombang tersebut memantul kembali dengan ujung tetap. Tentukan:

- a) Persamaan gelombang stasionernya.
- b) Amplitudo gelombang stasioner pada titik berjarak 1 m dari dinding pemantul.
- c) Cepat rambatnya.

Jawab:

$$y = 5 \sin(2\pi t - 4\pi x) \rightarrow A = 5 \text{ m} \quad k = 4\pi \quad \omega = 2\pi$$

a. Ujung terikat \rightarrow fungsi sinus

$$y_s = 2A \sin kx \cos \omega t$$

$$y_s = 10 \sin 4\pi x \cos 2\pi t$$

b. Amplitudo dengan $x = 1 \text{ m}$:

$$Ap = 2A \sin kx$$

$$Ap = 2(5) \sin 4\pi(1) = 0$$

c. Cepat rambat gelombang :

$$k = 4\pi \rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} = 4\pi \rightarrow \lambda = 0,5 \text{ m}$$

$$\omega = 2\pi \rightarrow 2\pi f = 2\pi \rightarrow f = 1 \text{ Hz}$$

$$v = \lambda f = 0,5 \times 1 = 0,5 \text{ m/s}$$

Contoh soal 2

Dua buah gelombang transversal masing-masing memiliki persamaan

$$y_1 = 0,2 \sin 4\pi \left(t - \frac{x}{4} \right) \text{ dan } y_2 = 0,2 \sin 4\pi \left(t + \frac{x}{4} \right), \text{ x dan y dalam meter serta t dalam}$$

sekon, merambat berlawanan arah satu sama lain pada seutas tali dengan ujung bebas.

Tentukan jarak antara perut kedua dan simpul ke tiga!

Penyelesaian:

$$\text{Diketahui: } y_1 = 0,2 \sin 4\pi \left(t - \frac{x}{4} \right)$$

$$y_2 = 0,2 \sin 4\pi \left(t + \frac{x}{4} \right), \text{ ujung bebas}$$

Ditanyakan: jarak perut kedua dan simpul ketiga = . . . ?

Jawab:

persamaan gelombang stasionernya adalah:

$$y = 0,4 \cos \pi x \sin 4\pi t$$

$$k = 2 \frac{\pi}{\lambda} = \pi, \text{ sehingga } \lambda = 0,5 \text{ m}$$

Kedudukan perut kedua

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot \lambda = 0,25 \text{ m}$$

Kedudukan simpul ketiga

$$S_3 = \frac{5}{4} \lambda = \frac{5}{4} \cdot 0,5 \text{ m} = 1,25 \text{ m}$$

Jadi, jarak antara perut kedua dan simpul ketiga adalah 1 meter.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.11 Intensitas Bunyi]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.11 Materi Pokok: Intensitas Bunyi

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Memahami penerapan konsep dan prinsip gelombang bunyi dan cahaya dalam teknologi terutama yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.

c. **Uraian Materi Pembelajaran** (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menjelaskan penerapan konsep bunyi berdasarkan data tingkat bunyi.

1.11 INTENSITAS BUNYI

INTENSITAS BUNYI

Pernahkah kita membeli speaker yang kualitas suaranya jelek ? Namun saat menggunakan speaker yang kualitas lebih baik dan dayanya lebih besar akan terdengar keras dan jelas ? Faktor apakah yang menyebabkan demikian ? Apakah hubungannya dengan intensitas bunyi ? Check this out guys!

INGAT KEMBALI MATERI BUNYI

Beberapa hal yang perlu diingat kembali pada materi bunyi, diantaranya :

1. Bunyi termasuk gelombang longitudinal, artinya bunyi menjalar ke segala arah
2. Bunyi dihasilkan oleh benda yang bergetar
3. Bunyi mengalami pelemahan karena beberapa hal pada mediumnya (suhu, halangan dll)
4. Keras lemahnya bunyi tergantung letak tempat terhadap sumber bunyi

PENGERTIAN INTENSITAS BUNYI

Intensitas bunyi adalah daya rata-rata bunyi yang dipancarkan oleh sumber bunyi per satuan luas yang datang tegak lurus arah rambatan. Besar intensitas bunyi sangat

bergantung dari daya sumber bunyi dan radius atau jarak dari sumber bunyi.

PERSAMAAN INTENSITAS BUNYI

Sesuai pengertian sebelumnya, maka Intensitas bunyi dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$I = \frac{P}{A}$$

I = Intensitas Bunyi (Watt/m²)
 P = Daya sumber bunyi (Watt)
 A = Luas permukaan (m²)

Jika sumber bunyi memancarkan bunyi ke segala arah (gelombang longitudinal) maka pada radius yang sama akan menerima intensitas yang sama besar. Bentuk ruang penerima bunyi pada radius yang sama dari titik tengah sumber bunyi berbentuk bola. Maka luas permukaan A dapat diganti dengan luas bola.

Sehingga persamaan intensitas bunyi menjadi :

$$I = \frac{P}{A_{BOLA}} = \frac{P}{4\pi R^2}$$

R = Radius dari pusat sumber bunyi (m)

PERBANDINGAN INTENSITAS BUNYI

Dari persamaan intensitas bunyi pada bidang bola di atas dapat diketahui bahwa intensitas bunyi I berbanding terbalik dengan kuadrat radius dari sumber bunyi. Maka perbandingan intensitas bunyi di titik A pada radius R_A dan intensitas bunyi di titik B pada radius R_B dari sumber bunyi yang sama adalah :

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{P/4\pi R_A^2}{P/4\pi R_B^2} \rightarrow \frac{I_A}{I_B} = \frac{R_B^2}{R_A^2}$$

CONTOH SOAL INTENSITAS BUNYI

Soal No 1

Sebuah speaker aktive dengan daya 20 W mampu memancarkan bunyi secara berkesinambungan. Jika seseorang berada pada jarak 2 m dari speaker tersebut maka

intensitas bunyi yang diterima oleh orang tersebut adalah

- A. 0,12 Watt/m²
- B. 0,26 Watt/m²
- C. 0,39 Watt/m²
- D. 0,42 Watt/m²
- E. 0,64 Watt/m²

Jawaban : C

Pembahasan :

Daya sumber P = 20 Watt

Radius R = 2 m

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} \longrightarrow I = \frac{20}{4 \times 3,14 \times 2^2}$$
$$I = \frac{20}{50,24} \longrightarrow I = 0,39 \text{ Watt/m}^2$$

PENGERTIAN TARAF INTENSITAS BUNYI

Secara sederhana, Taraf intensitas bunyi bisa diartikan dengan tingkat kebisingan suatu bunyi pada pendengaran manusia. Bunyi yang mempunyai taraf intensitas yang tinggi akan memekakkan telinga kita seperti bunyi ledakan bom atau pesawat terbang. Namun ada juga bunyi yang sangat pelan sampai sampai tidak terdengar oleh telinga kita. Secara fisika, Taraf intensitas bunyi merupakan perbandingan nilai logaritma antara intensitas bunyi yang diukur (I) dengan intensitas ambang pendengaran (I₀). Intensitas ambang pendengaran (I₀) yaitu intensitas bunyi terkecil yang masih mampu didengar oleh telinga, Besarnya ambang pendengaran berkisar pada 10 watt/m. Satuan dari Taraf Intensitas bunyi adalah desiBell (dB).

Berikut tabel taraf intensitas beberapa sumber bunyi

No.	Sumber Bunyi	TI (dB)
1.	Ambang pendengaran	0
2.	Bisik-bisik	10 - 20
3.	Perpustakaan	30 - 40
4.	Rumah tinggal	50 - 60
5.	Percakapan pada umumnya	60 - 70
6.	Lalu lintas ramai	70 - 80
7.	Suara sepeda motor dengan knalpot terbuka	90 - 100
8.	Senjata mesin	120 - 130
9.	Pesawat jet tinggal landas	130 - 150

RUMUS TARAF INTENSITAS BUNYI

Taraf intensitas dari sebuah sumber bunyi dirumuskan dengan :

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

TI = Taraf Intensitas Bunyi (dB)
 I = Intensitas sumber bunyi (W/m^2)
 I_0 = Intensitas Ambang pendengaran (10^{-12} W/m^2)

TARAF INTENSITAS DARI n BUAH SUMBER BUNYI IDENTIK

Jika terdapat sebanyak n buah sumber bunyi yang identik (mempunyai intensitas bunyi sama), besar Taraf intensitas totalnya dirumuskan dengan persamaan :

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

TI_n = Taraf Intensitas n buah sumber bunyi (dB)
 TI_1 = Taraf Intensitas 1 buah sumber bunyi (dB)
 n = jumlah sumber bunyi

PERBANDINGAN TARAF INTENSITAS PADA RADIUS YANG BERBEDA

Taraf intensitas bunyi pada jarak yang berbeda dari sumber bunyi akan berbeda, dirumuskan dengan :

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \rightarrow TI_2 = TI_1 + 20 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right)$$

atau

$$TI_2 = TI_1 - 10 \log \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2 \rightarrow TI_2 = TI_1 - 20 \log \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

TI_1 = Taraf Intensitas pada R_1 (dB)

TI_2 = Taraf Intensitas Pada R_2 (dB)

R_1 = Radius 1 dari sumber bunyi (m)

R_2 = Radius 2 dari sumber bunyi (m)

NOTE : Persamaan di atas sebenarnya sama, persamaan pertama R_1/R_2 dan persamaan kedua R_2/R_1 . Lebih mudah mana ? Yang kedua lebih mudah karena biasanta $R_2 > R_1$.

CONTOH SOAL TARAF INTENSITAS BUNYI

SOAL NO 1

Sebuah sumber bunyi mempunyai Intensitas Bunyi sebesar 10^{-8} Watt/m². Jika Intensitas ambang pendengaran $I_0 = 10^{-12}$ W/m² Maka besar taraf intensitas bunyi tersebut adalah

....

- A. 10 dB
- B. 40 dB
- C. 80 dB
- D. 120 dB
- E. 160 dB

Jawaban : B

Pembahasan :

$$I = 10^{-8} \text{ Watt/m}^2$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \rightarrow TI = 10 \log \frac{10^{-8}}{10^{-12}}$$

$$TI = 10 \log 10^4$$

$$TI = 10 \times 4 \times \log 10$$

$$TI = 10 \times 4 \times 1$$

$$TI = 40 \text{ dB}$$

2. Soal UN Fisika SMA/MA U-ZC-2013/2014 No.25

Taraf intensitas bunyi seratus mesin identik di pabrik tekstil yang dioperasikan serentak adalah 80 dB. Bila taraf intensitas bunyi sejumlah mesin lain yang identik adalah 90 dB, maka jumlah mesin yang digunakan pada saat itu adalah....

- A. 1.000 buah
- B. 500 buah
- C. 100 buah
- D. 50 buah

Pembahasan

Diketahui :

TI 100 mesin = 80 dB

Ditanya : jumlah mesin yang bertaraf intensitas 90 dB

Jawab :

Taraf intensitas 1 mesin :

$$TI_{100 \text{ mesin}} = TI_{\text{satu mesin}} + 10 \log x$$

$$80 = TI + 10 \log 100$$

$$80 = TI + 10 \log 10^2$$

$$80 = TI + (2)(10)(\log 10)$$

$$80 = TI + (2)(10)(1)$$

$$80 = TI + 20$$

$$TI = 80 - 20$$

$$TI = 60 \text{ dB}$$

Taraf intensitas satu mesin adalah 60 dB.

Jumlah mesin yang bertaraf intensitas 90 dB :

$$TI_{x \text{ mesin}} = TI_{\text{satu mesin}} + 10 \log x$$

$$90 = 60 + 10 \log x$$

$$90 - 60 = 10 \log x$$

$$30 = 10 \log x$$

$$30 / 10 = \log x$$

$$3 = \log x$$

$$3 = \log \mathbf{1000}$$

$$\log \mathbf{1000} = \log 10^3 = (3)(\log 10) = (3)(1) = 3.$$

Jumlah mesin yang bertaraf intensitas 90 dB adalah 1000.

Jawaban yang benar adalah A.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.12 Listrik Magnet]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.12 Materi Pokok: Listrik Magnet

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menganalisa gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, energi potensial listrik serta penerapannya pada berbagai kasus.

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menyimpulkan besaran fisis (gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, energi potensial listrik) dari kasus fisis terkait gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, energi potensial listrik

1.12. LISTRIK MAGNET

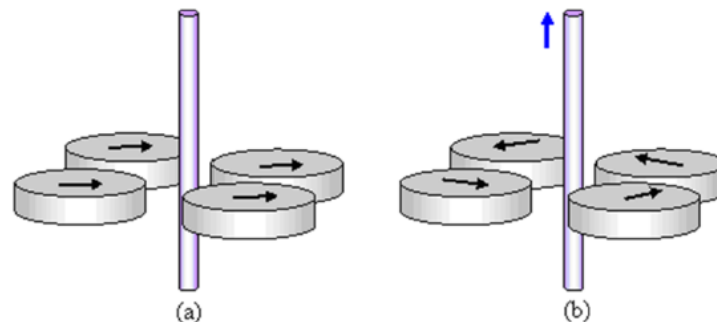
Medan Magnetik dan Kemagnetan

Medan merupakan metode yang digunakan fisikawan untuk menjelaskan cara benda-benda yang ada saling berinteraksi dan memengaruhi. Misalnya, seperti yang telah kita pelajari pada beberapa bagian yang lalu, yakni medan listrik. Sebuah benda bermuatan mempengaruhi ruangan di sekitarnya dengan medan listrik, sehingga bila ada muatan lain berada di sekitar benda bermuatan itu, maka keduanya akan berinteraksi (saling menarik atau saling menolak). Dapat pula dipahami bahwa benda bermuatan merupakan sumber adanya medan listrik di ruangan sehingga apabila ada benda lain yang juga bermuatan di ruangan itu, maka benda bermuatan terakhir ini akan merasakan gaya listrik. Jadi, muatan listrik adalah sumber medan listrik dan sekaligus penyebab sebuah benda dipengaruhi oleh medan listrik. Sebuah benda bermassa menebar medan gravitasi di sekitarnya, sehingga bila ada benda bermassa lain berada dalam ruangan itu, maka benda kedua ini akan mengalami gaya tarik ke arah benda pertama. Massa adalah sumber adanya medan gravitasi sekaligus penyebab terjadinya tarikan gravitasi oleh medan gravitasi. Mirip

dengan interaksi listrik dan gravitasi adalah interaksi magnetik yang ditebar oleh arus listrik. Aliran muatan atau **arus** merupakan sumber medan magnetik. Benda berarus menebar medan magnetik di sekitarnya. Bila di dalam medan magnetik itu ada benda lain yang juga mengandung arus listrik, maka benda kedua ini akan menderita gaya magnet. **Kuat arus** yang melalui suatu titik didefinisikan sebagai jumlah muatan yang melalui titik itu tiap satu satuan waktu.

Medan magnet di sekitar arus listrik

Baru saja disebutkan bahwa medan magnetik disebabkan oleh arus listrik yang mengalir dalam sebuah penghantar. Aliran arus ini akan mengakibatkan timbulnya medan magnetik di sekitar penghantar tersebut, sama seperti ketika kita mendefinisikan wilayah di dekat sebuah tongkat bermuatan sebagai medan listrik. Fakta ini pertama kali diamati oleh Oersted (1774-1851). Anda dapat memahami apa yang pernah dinyatakan oleh Oersted dengan percobaan sederhana berikut.



Gambar 1. Pengaruh arus listrik pada jarum kompas : (a) jarum kompas di sekitar kawat tanpa arus, (b) jarum-jarum kompas di sekitar kawat berarus

Pada Gambar 1. di atas terlihat bahwa jarum kompas tidak mengalami penyimpangan ketika kawat penghantar belum dialiri arus listrik. Seluruh jarum kompas menunjuk ke arah yang sama yaitu ke arah utara.. Setelah kawat dialiri arus listrik, terlihat bahwa jarum kompas mengalami penyimpangan. Inilah bukti sederhana bahwa ternyata arus listrik dapat menimbulkan medan gaya (magnet) di ruang sekitarnya. Jika memang ada medan magnetik di sekitar penghantar berarus, maka seberapa besar kuat medan magnet itu dan ke mana arahnya?

Sebagaimana dalam teori kelistrikan, besar kecilnya medan magnet digambarkan dengan garis-garis gaya. Garis-garis gaya ini sebenarnya hanya merupakan garis-garis khayal namun sangat bermanfaat sebagai jembatan kita dalam memahami medan magnet. Dengan mengandaikan bahwa medan magnet terdiri dari garis-garis gaya magnet, maka semakin kuat medan magnet tentu semakin banyak garis-garis gaya di wilayah tersebut. Banyaknya garis-garis gaya ini disebut dengan **fluks magnet** yang mempunyai satuan Weber (Wb) dan dilambangkan dengan B . Jumlah garis-garis gaya yang menembus tegak lurus bidang seluas 1 m^2 disebut **rapat fluks magnet** (B). Dengan demikian rapat fluks magnet ini dapat kita tulis sebagai

$$B = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1)$$

Satuan untuk rapat fluks magnet berdasarkan persamaan (1) di atas adalah Wb/m². Nilai satuan ini setara dengan satuan tesla (T).

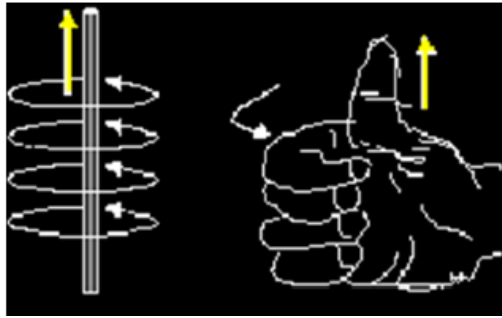
Di dalam sebuah bidang ada banyak sekali titik-titik dan setiap titik tersebut mempunyai rapat fluks yang belum tentu sama. Rapat fluks magnet di suatu titik disebut sebagai **induksi magnetik**. Induksi magnetik di suatu titik di udara sama dengan kuat medan magnet di titik itu, atau

$$B = H, \quad (2)$$

dengan H adalah kuat medan magnet. Sedangkan bila induksi magnetik terjadi tidak di udara melainkan di dalam suatu zat, maka

$$B = \mu H \quad (3)$$

dengan μ merupakan lambang untuk permeabilitas zat. Lalu bagaimana dengan arah dari garis gaya magnet? Kita dapat menggambarkan arah garis gaya dengan menggunakan kaidah penarik gabus dan kaidah tangan kanan. **Kaidah penarik gabus** : Dalam kaidah ini, apabila arah gerak penarik gabus menggambarkan arah arus listrik, maka arah putaran penarik gabus menunjukkan arah garis gaya atau arah induksinya. **Kaidah tangan kanan** : Arah ibu jari menggambarkan arah arus listrik dan arah lipatan keempat jari menunjukkan arah garis gaya magnet atau arah induksinya.



Gambar 2. Menentukan arah garis-garis gaya

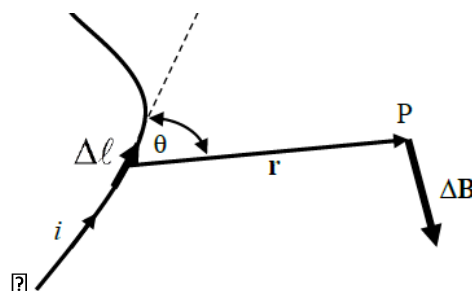
Besar kuat medan magnet sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus listrik yang menimbulkan, jarak terhadap kawat dan bentuk kawatnya.

1.2 Hukum Biot-Savart

Secara teoritis Laplace menyatakan bahwa besar kuat medan magnet atau induksi magnetik di sekitar arus listrik adalah:

- (a) berbanding lurus dengan kuat arus listrik (i),
- (b) berbanding lurus dengan panjang kawat (Δl),
- (c) berbanding terbalik dengan kuadrat jarak titik yang diamati ke kawat (r), dan
- (d) arah induksi magnetiknya tegak lurus terhadap bidang yang melalui elemen arus.

Pada tahun 1820 Biot-Savart mengemukakan perhitungan lebih lanjut berkaitan dengan induksi magnetik oleh unsur (elemen) arus. Dia menyatakan bahwa induksi magnetik $\Delta \mathbf{B}$ yang dihasilkan oleh sebuah elemen kecil kawat penghantar $\Delta \mathbf{\ell}$ yang membawa arus listrik i diberikan oleh



Gambar 3. Arah induksi magnetik $\Delta \mathbf{B}$ yang dihasilkan oleh sebuah elemen kecil kawat penghantar $\Delta \mathbf{\ell}$

$$\Delta B = \frac{\mu i \Delta l}{4\pi r^2} \sin \theta \quad (4)$$

dengan Δl adalah besarnya vektor $\Delta \mathbf{l}$. Arah $\Delta \mathbf{B}$ ditunjukkan oleh Gambar 3. Di sini θ adalah sudut antara vektor unsur arus $\Delta \mathbf{l}$ dan vektor posisi \mathbf{r} . Perhatikan arah arus dan arah vektor unsur arus $\Delta \mathbf{l}$. Lambang μ merupakan tetapan yang disebut permeabilitas medium/zat. Dalam hampa udara, permeabilitas ini dilambangkan dengan μ_0 dan bernilai

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am} \quad (5)$$

Arah $\Delta \mathbf{B}$ ditentukan oleh kaidah tangan kanan dengan memutar vektor $\Delta \mathbf{l}$ menuju \mathbf{r} dan ibu jari menunjuk $\Delta \mathbf{B}$. Biot-Savart menyatakan bahwa arus yang dibawa elemen kawat $\Delta \mathbf{l}$ menghasilkan sejumlah kecil induksi magnetik $\Delta \mathbf{B}$ di titik P. Tetapi kawat penghantar keseluruhan dapat dipotong-potong menjadi banyak $\Delta \mathbf{l}$ dan masing-masing memberikan sumbangan terhadap induksi magnetik total di P. Karena itu, induksi magnetik total di titik P merupakan jumlahan seluruh vektor $\Delta \mathbf{B}$ dari masing-masing elemen arus, sehingga

$$\mathbf{B} = \sum \Delta \mathbf{B}. \quad (6)$$

Ungkapan di atas juga dikenal sebagai **hukum Biot-Savart**. Jika Δl dibuat sangat kecil sehingga menuju nol, maka $\Delta l \rightarrow d\mathbf{l}$ dan

$$\mathbf{B} = \int d\mathbf{B}.$$

Perhitungan integral ini umumnya sangat sulit untuk dilakukan kecuali pada beberapa kasus khusus. Tetapi kita akan terbantu oleh adanya teorema yang mirip dengan hukum Gauss pada kelistrikan.

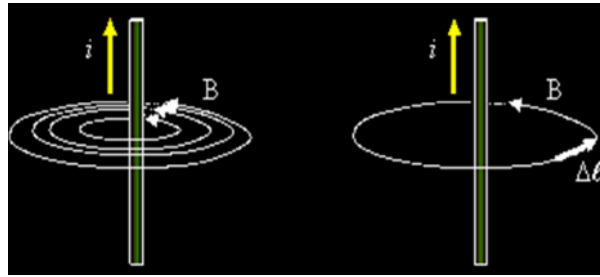
Untuk perhitungan induksi magnetik, selain menggunakan hukum Biot-Savart, kita juga bisa menggunakan teknik yang lain yakni **Hukum sirkuit Ampere**. Hukum ini menyatakan bahwa sepanjang sembarang lintasan melingkar di sekitar arus i , jumlahan hasil perkalian antara komponen medan magnetik yang sejajar lintasan dengan elemen lintasan sepanjang Δl dari lintasan melingkar tersebut adalah sama, yakni permeabilitas μ_0 dikalikan dengan arus i .

Secara sederhana, dapat dituliskan sebagai

$$\sum \mathbf{B} \cdot \Delta \mathbf{l} = \sum B \Delta l \cos \theta = \sum B_{\parallel} \Delta l = \mu_0 i \quad (7)$$

Catatan: Hukum Ampere ini merupakan hukum fundamental yang didasarkan pada hasil

eksperimen dan tidak dapat diturunkan.



Gambar 4. Hubungan i dan B

1.3 Induksi magnetik di sekitar kawat lurus panjang

Berdasarkan hukum di atas, untuk menghitung medan magnetik di sekitar kawat lurus sangat panjang yang mengandung arus seragam, dapat diperhatikan Gambar 4. Komponen medan magnetik yang sejajar dengan lintasan mempunyai nilai sebesar $B_{\parallel} = B \cos \theta$, dengan θ adalah sudut antara vektor \mathbf{B} dan vektor $\Delta \ell$. Karena medan magnetik yang timbul di sekitar kawat lurus berarus adalah melingkar, maka vektor \mathbf{B} dan vektor $\Delta \ell$ sejajar pada setiap titik sepanjang lintasan lingkaran sehingga sudut θ sama dengan nol. Perhitungan-perhitungan ini mengakibatkan hukum sirkuit Ampere menjadi

$$\begin{aligned}\sum B_{\parallel} \Delta l &= \sum B \Delta l \cos \theta = \mu_0 i \\ \sum B \Delta l \cos 0 &= \sum B \Delta l = \mu_0 i \\ B \sum \Delta l &= \mu_0 i\end{aligned}\quad (8)$$

Bentuk medan magnetik yang berupa lingkaran mengingatkan kita bahwa penjumlahan seluruh Δl (yakni $\sum \Delta l$) sebenarnya merupakan keliling lingkaran tersebut, sehingga $\sum \Delta l = 2\pi r$. Oleh karena itu, persamaan (4.8) dapat kita tulis ulang menjadi

$$B(2\pi r) = \mu_0 i$$

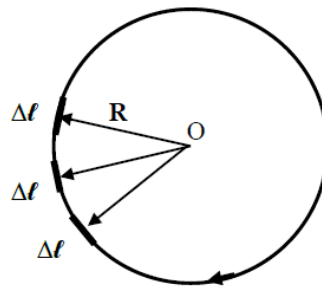
atau

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad (9)$$

Persamaan terakhir merupakan persamaan yang mengungkapkan berapa besar induksi magnetik di sekitar kawat lurus yang panjang. Terlihat bahwa induksi magnetik di sekitar kawat panjang berarus berbanding terbalik dengan jarak titik pengamatan dari kawat.

1.4 Induksi magnetik oleh kawat melingkar

Andaikan sebuah kawat berbentuk lingkaran dengan jari-jari R dialiri dengan arus listrik seragam. Untuk menentukan medan magnetik di pusat kawat itu, kita tetap akan menggunakan hukum Biot-Savart. Agar lebih jelas perhatikan Gambar 5. Masing-masing elemen kecil sepanjang $\Delta \ell$ dari kawat menghasilkan sebuah elemen medan magnetik $\Delta \mathbf{B}$ pada pusat kawat penghantar (titik O). Sesuai hukum Biot-Savart, vektor $\Delta \mathbf{B}$ di pusat lingkaran selalu berarah masuk (searah dari mata ke buku). Dengan demikian medan magnetik total \mathbf{B} , yang merupakan jumlahan seluruh $\Delta \mathbf{B}$ juga berarah masuk. Jadi, medan magnetik pada pusat lingkaran tegak lurus terhadap bidang yang dibentuk oleh kawat melingkar dan berarah masuk. Tetapi berapa besarnya?



Gambar 5. Menentukan medan magnetik di pusat kawat

Sudut θ , yakni sudut yang dibentuk oleh vektor posisi unsur arus dan vektor $\Delta \ell$, merupakan sudut siku-siku atau 90° . Sehingga besar vektor $\Delta \mathbf{B}$ sebagaimana diungkap oleh persamaan (4) diberikan oleh

$$\Delta B = \frac{\mu_0 i \Delta \ell}{4\pi R^2} \quad (10)$$

Dari persamaan di atas kita dapat menghitung besar vektor \mathbf{B} yaitu

$$B = \sum \Delta B = \sum \frac{\mu_0 i \Delta \ell}{4\pi R^2}$$

Karena kawat berbentuk lingkaran dengan jejari R dan faktor $\mu_0 i / 4\pi R$ juga merupakan tetapan, maka persamaan di atas dapat kita sederhanakan lagi menjadi

$$B = \sum \Delta B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R^2} \sum \Delta \ell.$$

Bentuk kawat yang melingkar menngisyaratkan bahwa penjumlahan elemen-elemen $\Delta \ell$ di

seluruh lintasan lingkaran sebenarnya merupakan keliling lingkaran itu sendiri, sehingga persamaan terakhir menjadi

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R^2} (2\pi R)$$

Tentu saja, kita masih bisa menyederhanakan persamaan tersebut seperti berikut

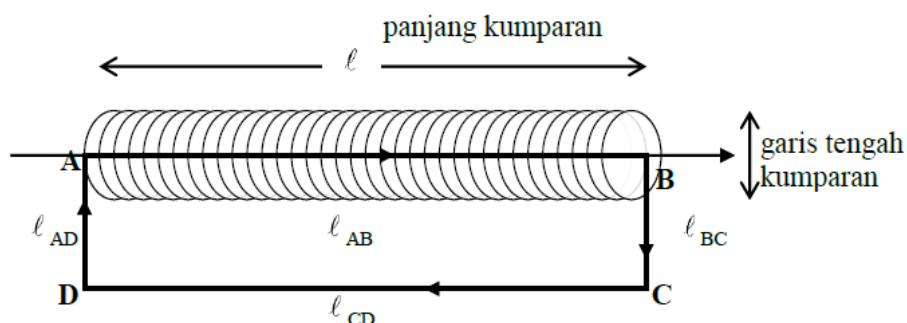
$$B = \frac{\mu_0 i}{2R} \quad (11)$$

Persamaan (11) menyajikan besar medan magnet di pusat kawat berarus yang melingkar. Kita melihat bahwa medan magnet di pusat kawat berbanding lurus dengan kuat arus itu sendiri (yakni i). Artinya semakin besar arus, maka semakin besar medan magnetiknya. Jika kawat-kawat melingkar itu terdiri dari N lingkaran kawat, medan magnetik di pusat akan menjadi

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2R} \quad (12)$$

1.6 Induksi magnetik oleh kumparan panjang (solenoida)

Solenoida merupakan kumparan kawat yang terlilit pada sebuah bangun berbentuk silinder. Bangun silinder ini bisa benar-benar sebuah benda yang berbentuk silinder atau hanya ruang kosong saja. Ciri sebuah solenoida adalah panjang kumparan selalu melebihi garis tengah kumparan (atau tinggi silinder selalu lebih besar dari garis tengah alas silinder).



Gambar 9. Medan magnet pada sebuah solenoida

Medan magnet yang tercipta dalam solenoida bersifat seragam dan terasa kuat di dalam solenoida namun akan melemah di luarnya. Jika dibandingkan dengan medan magnet di dalam kumparan, nilai medan magnet di luar kumparan dapat dikatakan sama dengan

nol. Medan magnet di dalam solenoida berarah sejajar dengan sumbu kumparan (searah garis AB).

Nilai medan magnet **B** di dalam solenoida dapat kita hitung dengan menggunakan hukum sirkuit Ampere dalam persamaan (13) dengan menambahkan nilai $B \Delta l \cos \theta$ sepanjang persegi panjang ABCD dalam Gambar 9. Hasil dari penghitungan ini menunjukkan bahwa

$$\sum B \Delta l \cos \theta = \mu_0 i$$

atau

$$B \ell_{AB} \cos \theta_1 + B \ell_{BC} \cos \theta_2 + B \ell_{CD} \cos \theta_3 + B \ell_{DA} \cos \theta_4 = \mu_0 i_{total} \quad (13)$$

Namun karena nilai medan magnet di luar solenoida mendekati nol, maka suku yang terkait dengan medan magnet di sisi CD bernilai nol. Selain itu, karena sisi BC dan DA tegak lurus terhadap arah medan magnet **B** atau bersudut 90° , maka nilai medan magnet pada sisi tersebut juga nol sebab $\cos 90^\circ = 0$. Satu-satunya suku dalam persamaan di atas yang tidak lenyap adalah suku medan magnet pada sisi AB sebab membentuk sudut 0° atau berarah sejajar dengan medan magnet ($\cos 0^\circ = 1$). Dengan demikian, persamaan (13) hanya menyisakan

$$B \ell_{AB} = \mu_0 i_{total} \quad (14)$$

Lambang i_{total} dalam persamaan di atas merupakan jumlah seluruh arus yang mengalir dalam lintasan ABCD. Setiap lilitan kawat yang membentuk solenoida mengalirkan arus i , dan karena ada sebanyak N lilitan kawat dalam solenoida maka arus total yang mengalir dalam lintasan adalah

$$i_{total} = N i \quad (15)$$

Demi kenyamanan kita dalam perhitungan, maka kita akan mengganti N dengan jumlah lambang n yang mewakili jumlah lilitan per satuan panjang. Karena kumparan mempunyai panjang $AB \Delta l$, maka jumlah total lilitan N dapat dinyatakan sebagai

$$N = n \ell_{AB} \quad (16)$$

Sampai di sini kita bisa menggabungkan persamaan-persamaan (14), (15) dan (16) menjadi satu yang akan menghasilkan

$$B\ell_{AB} = \mu_0 i_{total} = \mu_0 Ni = \mu_0 n\ell_{AB} i$$

Dengan mudah sekali kita bisa menyederhanakan bahwa besar induksi magnetik di dalam solenoida menjadi

$$B = \mu_0 ni. \quad (17)$$

Perhatikan, persamaan di atas mengisyaratkan bahwa kita bisa meningkatkan induksi magnetik di dalam solenoida dengan meningkatkan arus i yang mengalir dalam kawat penghantar dan atau dengan meningkatkan jumlah lilitan kawat penghantar per satuan panjang. Arah induksi magnetik ditentukan dengan kaidah tangan kanan.

2. Gaya Lorentz

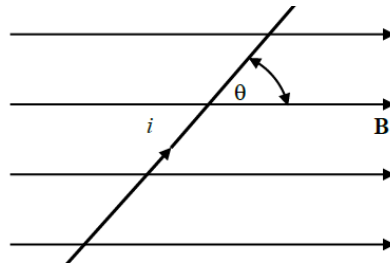
Pada bagian ini kita akan membahas perilaku muatan listrik yang bergerak di dalam medan magnetik. Sebagaimana benda-benda bermassa yang jika berada dalam medan gravitasi akan mengalami gaya gravitasi, muatan listrik yang bergerak dalam induksi magnetik juga akan mengalami suatu gaya yang disebut **gaya Lorentz**. Gaya Lorentz timbul sebagai akibat adanya interaksi muatan listrik tersebut dengan induksi magnetik yang ada di sekitarnya. Besar gaya Lorentz yang dialami oleh kawat berarus didefinisikan oleh persamaan

$$F = Bi\ell \sin \theta \quad (18)$$

dengan **F** merupakan gaya Lorentz, i arus listrik, ℓ panjang kawat dan θ adalah sudut yang dibentuk oleh kawat dengan arah medan magnet **B**. Sedangkan besar gaya Lorentz yang dialami oleh muatan listrik yang bergerak relatif terhadap medan magnetik adalah

$$F = qvB \sin \theta \quad (19)$$

dengan v kecepatan gerak muatan. Arah gaya Lorentz yang ditimbulkan dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Caranya yaitu telapak tangan dibuka, jari-jari dirapatkan dan ibu jari dibuka. Tegak lurus keluar telapak tangan menunjukkan arah gaya Lorentz, arah menunjuknya empat jari-jari menunjukkan arah induksi magnetik dan ibu jari menunjukkan arah arus listrik.



Gambar 10. Arah gaya Lorentz

Akibat adanya gaya Lorentz, apabila arah gerak muatan listrik tegak lurus terhadap arah medan magnetik homogen, maka muatan listrik tersebut akan dibelokkan sehingga lintasannya akan membentuk lingkaran. Lintasan yang berupa lingkaran ini menandakan bahwa benda bermuatan listrik itu mengalami percepatan sentripetal sebesar

$$\frac{mv^2}{R}$$

dengan R jari-jari lingkaran dan m massa muatan.

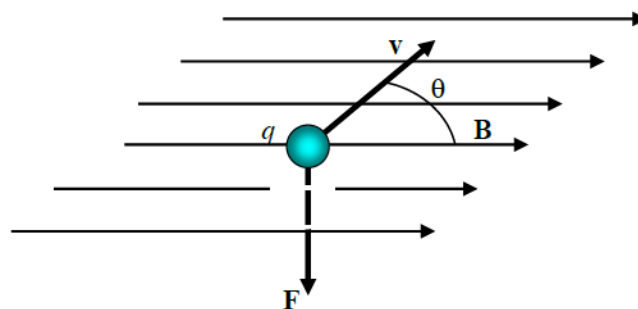
Berdasarkan hukum Newton, resultan gaya yang bekerja pada benda itu memenuhi

$$F = \frac{mv^2}{R} \quad (20)$$

Karena gaya yang bekerja pada benda bermuatan itu diasumsikan hanya gaya Lorentz, maka gaya sentripetal ini tidak lain adalah juga gaya Lorentz yang dialami oleh muatan listrik tersebut.

Jadi, gaya F pada persamaan (20) sama dengan F pada persamaan (19). Dari kedua persamaan itu diperoleh

$$R = \frac{mv}{qB} \quad (4.21)$$

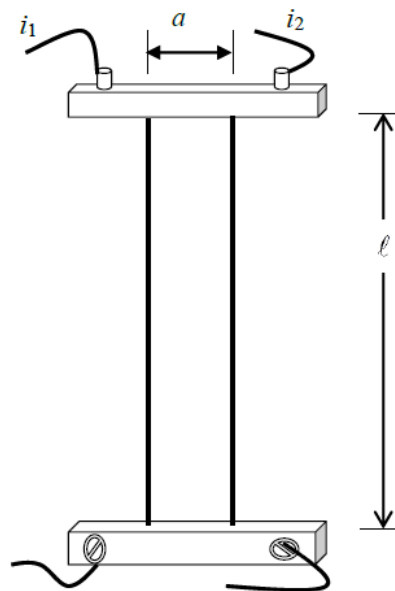


Gambar 11. Arah gerak muatan listrik dalam medan magnetik

2.1 Gaya Lorentz oleh dua kawat sejajar berarus listrik

Dua kawat sejajar berarus listrik yang diletakkan saling berdekatan akan saling berinteraksi. Bila arah arus listrik kedua kawat tersebut searah, maka kawat akan melengkung saling mendekati artinya kedua kawat itu saling tarik menarik. Sedangkan bila arah arus listrik kedua kawat itu saling berlawanan, maka kedua kawat akan melengkung menjauh atau saling tolak menolak.

Gejala yang ditunjukkan oleh perilaku kedua kawat tersebut memperlihatkan adanya gaya Lorentz yang bekerja di antara kedua kawat.



Gambar 12. Dua kawat berarus i_1 dan i_2 yang berjarak a

Kita akan menghitung besar gaya Lorentz ini dengan bantuan Gambar 12. Kedua kawat dipisahkan dengan jarak a , dan masing-masing dialiri arus sebesar i_1 dan i_2 . Seandainya arah arus i_1 ke atas, maka kawat i_1 akan menebarkan medan magnetik di lingkungan sekitarnya. Kawat i_2 yang berjarak a dari kawat i_1 menerima medan magnetik tersebut dan arah dari medan tersebut masuk ke dalam kertas (gunakan kaidah tangan kanan). Besar medan magnetik di tempat kawat kedua berada ialah

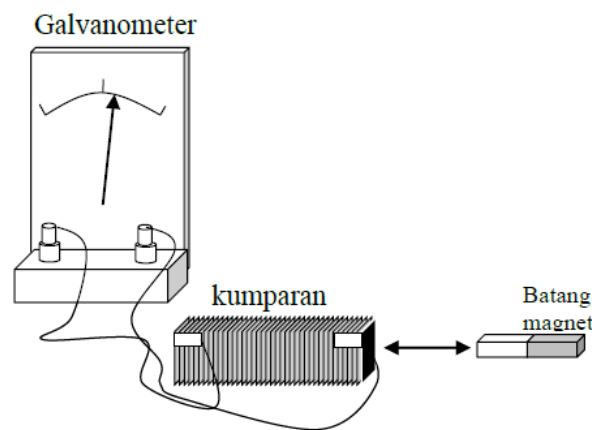
$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi a}.$$

Dengan cara pandang ini, kawat yang lain yakni kawat yang mengangkut arus i_2 merupakan kawat yang dicelupkan di dalam medan magnetik luar B_1 . Panjang l dari kawat ini akan mengalami gaya magnet yang berarah ke samping sebesar

$$F = B_1 i_2 \ell = \frac{\mu_0 i_1 i_2 \ell}{2 \pi a} \quad (22)$$

3. Imbasan Elektromagnetik

Dalam pembahasan sebelumnya kita telah mengetahui bahwa arus listrik yang mengalir dalam sebuah kawat akan menebarkan medan magnetik di sekitar kawat tersebut. Michael Faraday dan Yoseph Henry membuktikan bahwa proses yang sebaliknya juga bisa terjadi. Artinya arus listrik dapat dihadirkan dengan medan magnet. Gejala yang menjelaskan hal ini dikenal dengan nama imbasan elektromagnetik atau induksi elektromagnetik.



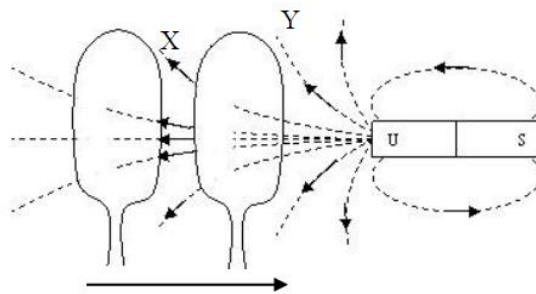
Gambar 13 Gejala imbasan elektromagnetik

Anda dapat mengulang kembali bagaimana Faraday dan Henry menemukan gejala imbasan elektromagnetik ini dengan menyusun alat-alat seperti terlihat dalam Gambar 13. Dengan menggerakkan magnet batang maju mundur kita akan mendapati sesuatu yang menakjubkan. Ketika magnet sedang bergerak, galvanometer menunjukkan penyimpangan. Tentu saja ini bisa kita maknai bahwa ada arus yang tadi dialirkan oleh kumparan. Setelah digerakkan dan kemudian magnet kita diamkan saja, maka penyimpangan galvanometer tidak akan terjadi lagi. Begitu kita menggerakkan lagi magnet batang, seketika itu pula jarum galvanometer menyimpang.

Anda boleh menduga bahwa peristiwa tersebut mungkin dipengaruhi oleh salah satu kutub magnet batang, katakan saja kutub U. untuk membuktikan anggapan ini anda bisa membalik arah magnet batang. Apa yang terjadi? Ternyata penyimpangan galvanometer tetap terjadi selama magnet batang terus digerak-gerakkan. Nyatalah di sini apa yang penting dalam peristiwa ini. Pembalikan kutub-kutub magnet batang menunjukkan bahwa yang harus kita perhatikan ialah gerakan relatif antara kumparan dan magnet. Tidak ada beda apakah kita menjauhkan magnet atau mendekatkan magnet. Arus listrik yang dihadirkan melalui peristiwa seperti ini disebut sebagai arus imbas (arus induksi).

3.1 Fluks Magnetik

Model konseptual yang menjelaskan peristiwa induksi elektromagnetik di atas disajikan oleh Faraday. Dalam model itu, Faraday menyarankan sebuah model dengan bantuan garis-garis gaya medan magnetik. Di sini kita akan menggambarkan konsep tersebut dengan cara yang lebih sederhana.



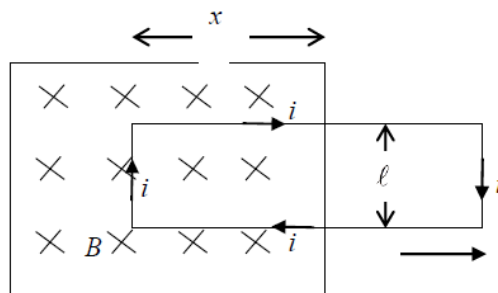
Gambar 14. Model konseptual yang menjelaskan peristiwa induksi elektromagnetik

Dalam Gambar 14, jika kumparan bergerak dari arah X ke Y, jumlah garis-garis meningkat dari 3 menjadi 5. Ini dapat dimaknai bahwa semakin dekat kumparan dengan batang magnet maka garis-garis gaya medan magnet yang diterima juga akan semakin banyak. Hal ini juga berlaku sebaliknya. Dengan demikian, dalam arah tegak lurus suatu luasan daerah tertentu akan dilingkupi oleh garis-garis gaya medan magnet. Dalam ungkapan matematis, banyaknya garisgaris gaya magnet yang dilingkupi oleh luas daerah tertentu dalam arah tegak lurus ini disebut sebagai fluks magnet, lambangnya adalah Φ ,

$$\Phi = BA, \quad (23)$$

dengan satuan fluks magnet Weber dan B merupakan kerapatan garis gaya magnet atau induksi magnetik serta A luas daerah (dalam m^2) yang melingkupi B .

Dalam persamaan (23) di atas telah jelas dinyatakan bahwa besar fluks magnet sebanding dengan luas wilayah yang ditembus oleh garis-garis gaya magnet. Lebih lanjut, Faraday juga mengemukakan jalinan hubungan antara fluks magnet dengan waktu. Pernyataan Faraday ini dikenal sebagai **hukum induksi Faraday**. Anda dapat mempelajari Gambar 15 untuk memperjelas gambaran mengenai hukum ini.



Gambar 15. Medan magnetik B yang berarah masuk ke dalam kertas

Gambar 15 menunjukkan adanya medan magnetik B yang berarah masuk ke dalam kertas, arus i dalam kawat penghantar sepanjang l dan jarak kawat sejauh x dari tepi. Kawat penghantar digerakkan ke kanan sesuai arah panah. Kawat yang bergerak dalam medan magnetik ini akan mengalami gaya Lorentz sebesar

$$F = Bil \quad (24)$$

Kemudian, usaha untuk memindahkan kawat tersebut adalah sebesar

$$W = Fx \quad (25)$$

Sesuai dengan hukum kelestarian energi, maka usaha $-Fx$ akan berubah menjadi energi listrik senilai

$$W = \varepsilon i t \quad (26)$$

Ketiga persamaan di atas dapat digabungkan menjadi satu persamaan yang jauh lebih sederhana. Hasil akhir perhitungan menunjukkan bahwa besar ggl induksi pada suatu kawat penghantar yang panjangnya l dan bergerak di dalam medan magnet dengan kecepatan v dapat ditentukan melalui persamaan

$$\varepsilon = -B\ell v \quad (27)$$

dengan ε ggl induksi, B induksi magnet, l panjang kawat dan v kecepatan gerak kawat. Persamaan (23) juga dapat kita ubah menjadi bentuk yang lain. Dengan mengingat bahwa luasan daerah yang melingkupi medan magnet B dilambangkan dengan A , maka kawat dengan panjang l dan jarak ke tepi dalam Gambar 15 adalah sejauh x akan mempunyai luasan $A = lx$. Oleh karenanya, persamaan (27) dapat ditulis ulang menjadi

$$\varepsilon = -\frac{B l x}{t} = -\frac{\Phi}{t} \quad (4.28)$$

Inilah persamaan yang juga dinamai hukum induksi Faraday di atas. Dalam ungkapan sederhana, kita dapat menyatakan hukum induksi Faraday sebagai: **“tegangan gerak elektrik imbas (ggl induksi) dalam sebuah rangkaian sama dengan kecepatan perubahan fluks yang melalui rangkaian tersebut.”**

Ggl induksi sesaat dapat dirumuskan berdasarkan persamaan (28)., yaitu

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (29)$$

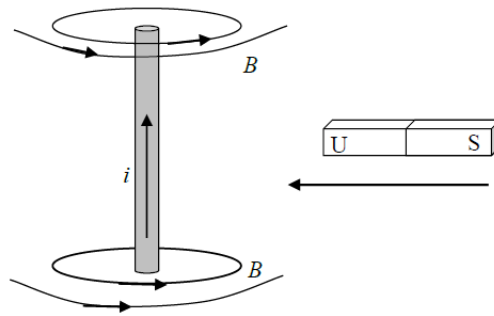
Jika kumparan terdiri dari N lilitan maka ggl induksi akan muncul di setiap lilitan dan seluruh ggl induksi ini harus dijumlahkan. Seandainya kumparan ini dililit dengan begitu eratny sedemikian rupa sehingga setiap lilitan dapat dikatakan menempati daerah yang sama dari ruang, maka fluks yang melalui setiap lilitan akan sama besarnya. Ggl induksi ini diberikan oleh persamaan

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(N\Phi)}{dt} \quad (4.30)$$

3.2 Hukum Lenz

Hukum induksi Faraday menyatakan tentang besar ggl induksi. Lalu bagaimana dengan arah ggl induksi tersebut? Jawaban pertanyaan ini dijawab oleh Lenz pada tahun 1834. Ungkapan Lenz yang menyatakan tentang arah ggl induksi ini kemudian dikenal sebagai **hukum Lenz**.

Bunyi dari hukum ini adalah: **“arus induksi mempunyai arah yang melawan perubahan garis gaya yang menimbulkannya”**. Tanda negatif dalam hukum induksi Faraday menunjukkan penentangan arah ini.



Gambar 16. Arah ggl induksi

Gambar 4.16 menjelaskan kepada kita tentang hukum Lenz ini. Gambar menunjukkan kutub utara sepotong magnet didekatkan ke arah kawat penghantar. Ketika kita mendorong magnet menuju kawat tersebut (atau menggerakkan kawat menuju magnet) maka arus induksi akan terbentuk dalam kawat tersebut. Pada gilirannya kawat yang berarus ini akan menebarkan medan magnetik di sekitarnya yang arahnya melawan gerakan magnet batang magnet.

3.3 Induktor dan Induktansi

Kalau kapasitor yang telah kita bicarakan pada bagian awal bab ini dapat digunakan untuk menghasilkan medan listrik, maka induktor yang akan dibahas pada bagian ini adalah peranti yang dirancang dapat menimbulkan medan magnet sesuai kehendak kita. Solenoida panjang merupakan contoh induktor paling dikenal. Bila suatu induktor menghasilkan medan magnet sedemikian rupa sehingga fluks magnetik yang dicakup oleh setiap lilitannya sebesar Φ , maka **induktansi** (L) induktor itu adalah

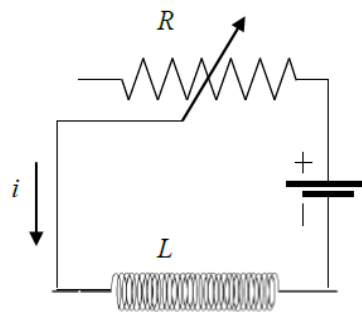
$$L = \frac{N\Phi}{i} \quad (31)$$

dengan N jumlah lilitan dan i arus yang dialirkan melalui induktor itu. Jadi, induktansi adalah ukuran seberapa besar fluks magnetik yang dicakup oleh induktor tiap satu satuan kuat arus yang dialirkan melalui induktor itu. Satuan untuk induktansi adalah henry atau H, dengan

$$1 \text{ henry} = 1 \text{ H} = 1 \text{ Tm}^2/\text{A}.$$

3.4 Imbasan Diri

Sekarang perhatikanlah rangkaian yang diperlihatkan oleh Gambar 17. Pada gambar itu tampak sebuah induktor dengan induktansi L dihubungkan dengan baterai dan resistor geser yang nilai tahanannya dapat diubah-ubah. Bila resistor pada rangkaian tersebut digeser-geser, maka arus yang mengalir pada rangkaian itupun berubah-ubah. Perubahan arus ini mengakibatkan perubahan medan listrik yang dihasilkan induktor itu. Akibatnya, fluks magnetik yang dicakup oleh induktor itu dan dihasilkannya sendiri juga berubah-ubah. Karena ada perubahan fluks magnetik yang dicakup oleh induktor, maka akan terdapat ggl induksi pada rangkaian itu. Peristiwa ini disebut **imbasan diri**. Ggl induksi ini disebut **ggl terimbas sendiri** dan diberi lambang \mathcal{E}_L .

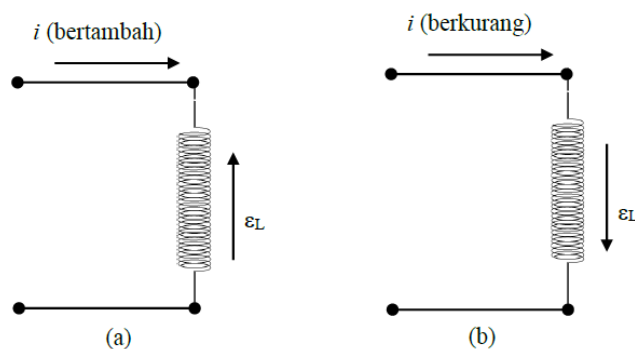


Gambar 17. Ggl induksi

Berdasarkan hukum Faraday dan persamaan (3.79), ggl terimbas sendiri bernilai

$$\mathcal{E}_L = -\frac{d(N\Phi)}{dt} = -\frac{d(Li)}{dt} = -L\frac{di}{dt}. \quad (32)$$

Jadi, pada rangkaian-rangkaian yang melibatkan induktor (solenoida, toroida, kawat melingkar, dll.) akan muncul ggl imbasan diri manakala arus yang mengalir melalui rangkaian itu berubah-ubah.



Gambar 18. Arah ggl terimbas sendiri ini ditentukan dengan hukum Lenz

Arah ggl terimbas sendiri ini ditentukan dengan hukum Lenz. Perhatikan Gambar 18 (a). Bila arah arus i seperti pada gambar, maka medan magnet yang dihasilkan oleh arus i itu berarah ke bawah. Jadi, kalau arus itu bertambah besar, maka induksi magnetik dalam induktor itupun bertambah. Maka ggl induksi melawan pertambahan induksi magnetik ini dengan jalan menimbulkan induksi magnetik yang berlawanan arah dengan induksi magnetik yang ditimbulkan oleh arus primer i . Ini hanya terjadi kalau arah arus (arah) ggl induksi berlawanan dengan arah arus primer i . Sebaliknya (lihat Gambar 18 (b)), bila arus i berkurang (arahnya tetap), maka induksi magnetik yang dihasilkannya pun berkurang (walaupun arahnya tetap). Ggl terimbas sendiri timbul melawan berkurangnya induksi magnetik dengan jalan menimbulkan induksi magnetik yang searah dengan induksi magnetik primer. Hal ini hanya terjadi kalau arah ggl terimbas sendiri searah dengan arah arus primer i .

Contoh Soal

Besarnya induksi magnetik di titik yang berjarak 2 cm dari kawat lurus yang panjang dan berarus listrik 30 ampere adalah.....

A. $3 \cdot 10^{-4}$ Weber/m²

B. $3 \cdot 10^{-2}$ Weber/m²

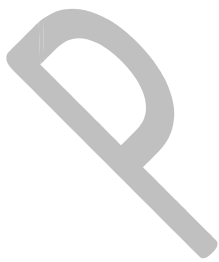
C. $6 \cdot 10^{-3}$ Weber/m²

D. $6 \cdot 10^{-4}$ Weber/m²

Kunci: A

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.13 Arus Bolak Balik]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.13 Materi Pokok: Arus Bolak Balik

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menganalisis rangkaian arus bolak-balik (AC) serta penerapannya.

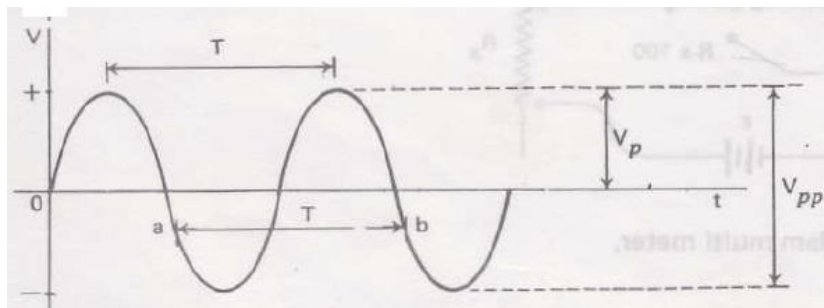
c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menemukan besaran fisis dari data rangkaian R, L, dan C

1.13. Arus Bolak Balik

2.2 Tegangan bolak-balik sinusoida

Suatu tegangan bolak-balik dengan bentuk gelombang sinusoida ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar1. Tegangan bolak-balik sinusoida

Tampak kekutuban tegangan berubah secara berkala. Periode T menyatakan beda waktu antara dua titik pada bentuk gelombang dengan fasa yang sama, seperti misalnya antara titik a dan b pada Gambar 1. V_p juga disebut tegangan puncak dan V_{pp} disebut tegangan puncak ke puncak. Bentuk umum fungsi tegangan sinusoida adalah

$$V(t) = V_p \cos(\omega t + \Phi_0) \quad (1)$$

dengan $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$, yaitu frekuensi sudut dengan satuan rad/s sedang frekuensi mempunyai satuan hertz (Hz). Besaran $(\omega t + \Phi_0)$ pada persamaan (1) disebut sudut fasa tegangan, sedangkan Φ_0 disebut tetapan fasa.

Suatu besaran ac yang sering digunakan adalah daya rata-rata dalam satu periode. Kita tahu, jika suatu arus $i(t)$ mengalir melalui suatu hambatan R terjadilah lesapan daya yang disebut daya lesapan atau daya disipasi sebesar:

$$P(t) = i^2(t) R \quad (3)$$

Daya ini berubah dengan waktu, sehingga perlu dihitung daya rata-rata dalam satu periode, yaitu:

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T R i^2(t) dt = R \left(\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt \right) \quad (4)$$

Besaran dalam kurung disebut rata-rata kuadrat arus. Selanjutnya kita dapat mendefinisikan arus rata-rata kuadrat (*root means square, rms*) sebagai:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (5)$$

Dengan penalaran serupa kita dapat pula mendefinisikan tegangan rms sebagai:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad (6)$$

Untuk tegangan sinusoida dengan $V(t) = V_p \cos(\omega t + \Phi_0)$ akan diperoleh:

$$V_{rms} = V_p / \sqrt{2} = 0,707 V_{pp} \quad (7)$$

Perhatikan bahwa persamaan (7) hanya berlaku untuk bentuk gelombang sinusoida. Untuk gelombang bentuk lain persamaan ini tidak berlaku. Dari persamaan (4) dan (7) kita peroleh daya rata-rata:

$$\bar{P} = I_{rms}^2 R \quad (8)$$

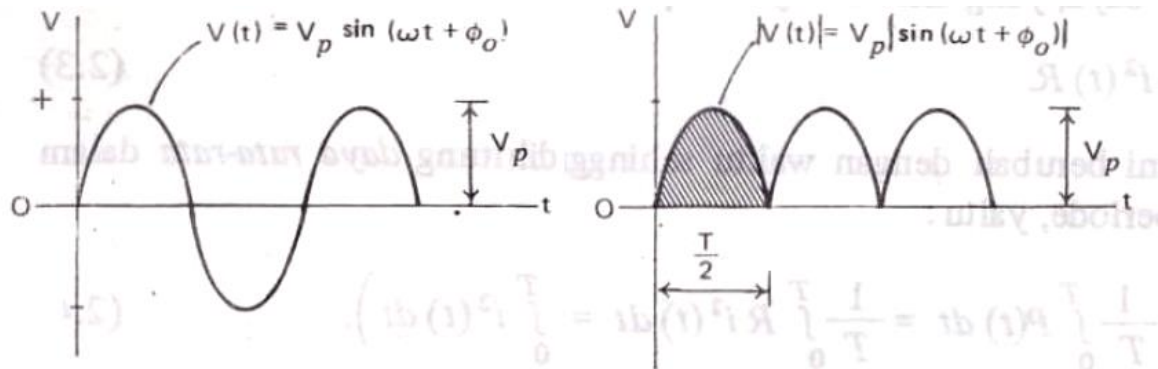
$$\bar{P} = \frac{1}{2} I_p^2 R \quad (9)$$

Jika kita alirkan arus searah I melalui suatu resistor R , daya lesapan yang dihasilkan adalah

$$P = I^2 R \quad (10)$$

Nyatalah arus I_{rms} , adalah arus bolak-balik efektif yang harus dialirkan pada hambatan R agar menghasilkan daya seperti pada arus searah. Oleh sebab itu arus rms juga disebut arus efektif, I_{ef} . Dalam buku ini akan digunakan istilah rms.

Dalam mengukur tegangan bolak-balik dengan voltmeter analog digunakan dioda untuk membuatnya searah sehingga dihasilkan tegangan berbentuk nilai mutlak daripada bentuk sinusoida seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Tegangan AC sinusoida, (b) Nilai mutlak dari pada tegangan pada (a)

Akibatnya jarum voltmeter analog akan bergetar amat cepat pada nilai tegangan sama dengan nilai rata-rata daripada bentuk pada Gambar 2b, yaitu yang dikenal sebagai bentuk gelombang penuh. Nilai rata-rata ini dapat diperoleh dengan menghitung luas bagian yang diarsir pada Gambar 2b, dibagi dengan $T/2$, atau

$$V_{rata-rata} = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} V_p |\sin(\omega t)| dt = \frac{2}{\pi} V_p = 0,636 V_p \quad (2.11)$$

Jarum voltmeter akan bergetar pada nilai $V_{rata-rata}$ ini. Perhatikan lagi bahwa penurunan (11) juga hanya berlaku untuk tegangan sinusoida. Jika kita bandingkan dengan nilai rms, maka:

$$V_{rms} : V_{rata-rata} = 0,707 V_p : 0,636 V_p = 1,11 \quad (12)$$

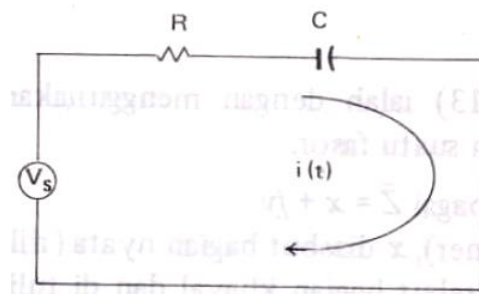
atau untuk tegangan sinusoida berlaku: $V_{rata-rata} = 0,901 V_{rms}$.

Seperti dikemukakan sebelumnya pengukuran dengan voltmeter analog akan menyebabkan jarum secara langsung menunjukkan pada nilai rata-rata. Namun orang akan lebih menyukai nilai rms, dan ingin agar voltmeter menunjukkan nilai rms, sehingga pada voltmeter ac skala dibuat agar menyatakan nilai rms untuk tegangan sinusoida. Jika jarum menunjukkan $0,901 V_{rata-rata}$, skala ditulis sebagai 1V (rms). Akibatnya, kebanyakan

voltmeter AC dan amperemeter AC menunjukkan bacaan yang betul jika digunakan untuk mengukur tegangan ac saja. Untuk tegangan berbentuk lain persamaan (12) tak berlaku, bacaan voltmeter akan menyebabkan kesalahan sistematik.

2.3 Rangkaian RC seri

Marilah kita bahas suatu rangkaian bolak-balik yang terdiri dari suatu resistor R seri dengan kapasitor C, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian RC seri

Misalkan

Dalam lingkaran berlaku

$$\begin{aligned} \text{Dalam lingkaran berlaku: } v_s(t) &= i(t)R + \frac{q(t)}{C} \\ V_p \cos(\omega t + \phi_{os}) &= i(t)R + \frac{1}{C} \int i(t) dt \\ V_p \cos(\omega t + \phi_{os}) &= I_p R \cos(\omega t + \phi_{oi}) + \frac{1}{C} \int I_p \cos(\omega t + \phi_{oi}) \frac{d\omega t}{\omega} \end{aligned} \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{C} \int I_p \cos(\omega t + \phi_{oi}) \frac{d\omega t}{\omega} &= \frac{1}{\omega C} I_p \sin(\omega t + \phi_{oi}) \\ &= \frac{1}{\omega C} I_p \cos\left(\omega t + \phi_{oi} - \frac{\pi}{2}\right) \\ V_p \cos(\omega t + \phi_{os}) &= I_p R \cos(\omega t + \phi_{oi}) + \frac{1}{\omega C} I_p \cos\left(\omega t + \phi_{oi} - \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned} \quad (2.14)$$

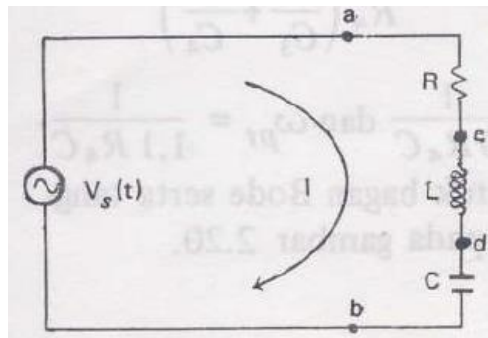
Untuk menentukan I_p dan V_p dapat kita gunakan fasor seperti pada Gambar 4. Fasor adalah suatu vektor yang panjangnya menyatakan amplitudo, nilai rms, atau nilai rata-rata, dan sudutnya terhadap sumbu datar menyatakan sudut fasa suatu fungsi sinusoida.

Dari Gambar 4 kita peroleh:

2.9 Resonansi RLC seri

Misalkan kita mempunyai suatu sumber tegangan tetap, $v_s(t)$, dan kita hubungkan dengan suatu rangkaian yang terdiri dari suatu hambatan R , induktansi L , dan suatu kapasitor C yang dihubungkan seri seperti pada Gambar 4. Marilah kita hitung arus yang mengalir.

arus $\bar{I} = \frac{\bar{V}_s}{Z}$, dengan V_s adalah tegangan rms kompleks sumber.



Gambar 4. Rangkaian RLC seri

Impedansi

$$Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \text{ mempunyai modulus (besar):}$$

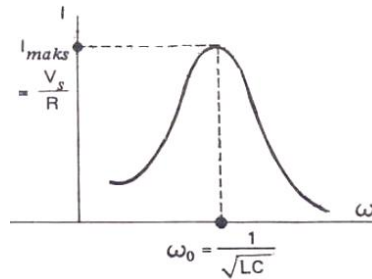
$$Z = |\bar{Z}| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\text{Sehingga } I = \frac{V_s}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \text{ atau}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Jika dilukiskan grafik antara I terhadap ω , I akan diperoleh grafik seperti pada Gambar 2.23 terhadap ω , akan kita peroleh grafik seperti pada Gambar 5.

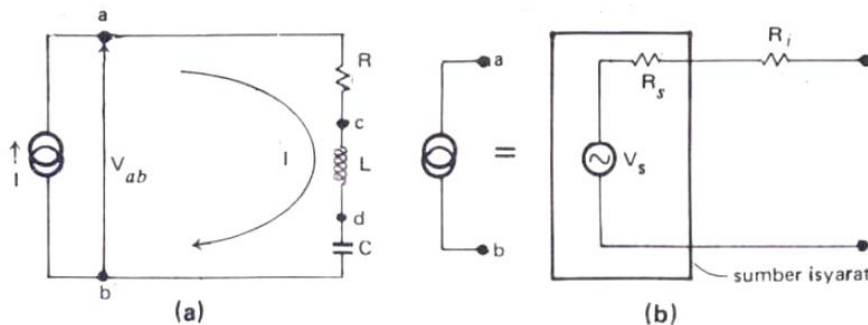


Gambar 5. Grafik antara arus terhadap frekuensi

Tampak bahwa arus mempunyai nilai besar di dekat frekuensi $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Dalam hal ini dikatakan terjadi resonansi. Dalam praktek, kita lebih mudah mengukur tegangan pada rangkaian

Daripada mengukur arus Amperemeter AC yang peka sukar diperoleh, apalagi yang mampu bekerja hingga frekuensi tinggi.

Kita dapat mengamati resonansi pada tegangan di dalam suatu rangkaian RLC seri jika kita gunakan suatu sumber arus tetap, seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. (a) Rangkaian RLC seri dengan sumber arus tetap. (b) dengan menambahkan R seri dengan isyarat keluaran kita peroleh sumber arus tetap.

Kita dapat membuat sumber arus tetap dengan memasang suatu hambatan yang cukup besar, sehingga $(R_s + R_i) \gg$ impedansi yang terpasang pada keluaran.

Dengan demikian, berapapun impedansi yang terpasang pada keluaran arus tetap,

$$I \cong \frac{V_s}{R_s + R_i} = \text{tetap.}$$

Pada Gambar 6a R menyatakan hambatan yang seri dengan induktansi L. Dengan arus I tetap besarnya, maka

$$\bar{V}_{ab} = \bar{I} \bar{Z}$$

Dengan

$$\begin{aligned}\bar{Z} &= R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \\ &= R \left(1 + j\left(\frac{\omega L}{R} - \frac{1}{\omega RC}\right)\right) \\ &= R \left(1 + j\left(\frac{\omega}{\omega_0} \frac{\omega_0 L}{R} - \frac{\omega_0}{\omega} \frac{1}{\omega_0 RC}\right)\right)\end{aligned}$$

ω_0 Adalah frekuensi resonansi, yaitu $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Akibatnya $\frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC}$

Besaran ini kita sebut faktor kualitas, dinyatakan dengan Q.

Jadi, $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC}$, dengan ω_0 adalah frekuensi resonansi.

Selanjutnya persamaan (35) dapat dinyatakan sebagai

$$\begin{aligned}\bar{Z} &= R \left[1 + j\left(\frac{\omega}{\omega_0} Q - \frac{\omega_0}{\omega} Q\right)\right] \\ \bar{Z} &= R \left[1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)\right]\end{aligned}$$

sehingga $Z = |\bar{Z}| = R \left[1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$

Tegangan $V_{ab} = IZ = IR \left[1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$

Jika $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, maka $V_{ab} = IR$, yaitu suatu nilai minimum.

Selanjutnya jika $Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 = 1$

maka $V_{ab} = IR \sqrt{2}$. Keadaan ini terjadi jika

$$Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right) = 1$$

atau $Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right) = -1$

Persamaan (36) akan memberikan dua akar yaitu

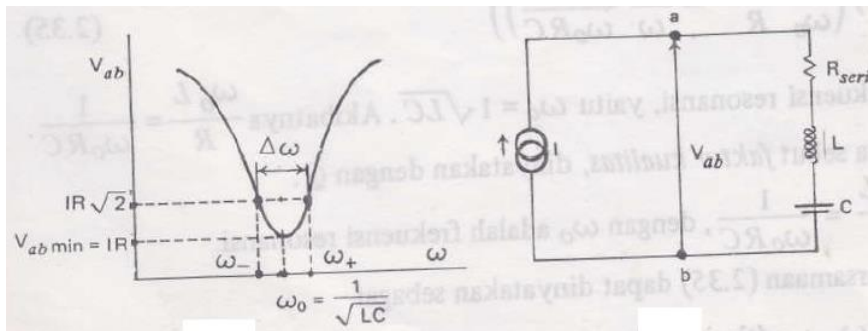
$$\omega_+ = \omega_0 \sqrt{1 + \frac{1}{4Q^2}} + \frac{\omega_0}{2Q}, \text{ atau}$$

$$\omega_+ \cong \omega_0 + \frac{\omega_0}{2Q}, \text{ jika } 4Q^2 \gg 1 \text{ dan akar yang lain, yaitu}$$

$$\omega_- = \omega_0 \sqrt{1 + \frac{1}{4Q^2}} - \frac{\omega_0}{2Q} \text{ atau}$$

$$\omega_- \cong \omega_0 - \frac{\omega_0}{2Q}, \text{ jika } 4Q^2 \gg 1.$$

Gambar 25a menunjukkan lengkung resonansi tegangan V_{ab} pada rangkaian RLC seri seperti ditunjukkan pada Gambar 25b.

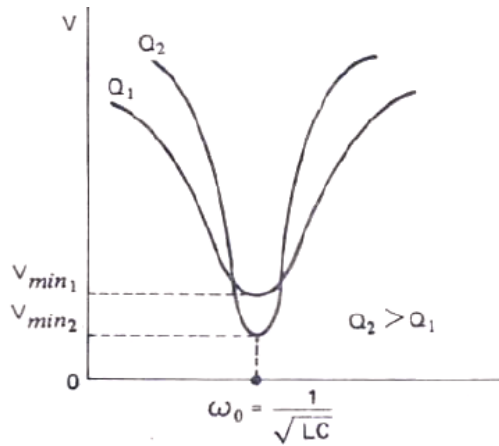


Lebar resonansi $\Delta\omega$ kita definisikan sebagai

$$\Delta\omega = \omega_+ - \omega_- = \frac{\omega_0}{Q} \quad \text{atau} \quad Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} \quad (39)$$

Dari bentuk lengkung resonansi RLC seri, rangkaian RLC seri dapat kita pandang sebagai suatu tapis yang menyekat satu daerah frekuensi dan meneruskan frekuensi yang lain. Tapis semacam ini disebut tapis sekat pita.

Kembali ke persamaan (39), ω_+ dan ω_- adalah frekuensi dimana $V_{ab} = \sqrt{2} V_{ab \text{ min}}$, atau 3 dB di atas $V_{ab \text{ min}}$. Frekuensi ω_+ dan ω_- disebut frekuensi 3 dB. Jadi $\Delta\omega$ adalah lebar resonansi pada 3 dB di atas minimum. Selanjutnya persamaan (39) menyatakan, makin besar Q makin sempit dan makin dalam lengkung resonansi oleh karena dengan Q yang besar berarti R kecil. Akibatnya $V_{\text{min}} = RI$ juga makin rendah



Gambar 26. Lengkung resonansi untuk dua nilai Q yang berbeda.

Kita lihat nilai Q yang didefinisikan sebagai $Q = \frac{\omega_0 L}{R}$

ternyata mempunyai arti penting, sebab berhubungan dengan lebar resonansi. Makin besar nilai Q , makin sempit lengkung resonansinya, dan berarti makin tinggi kualitas resonansinya (' Q ' memang berasal dari kata *quality* yang berarti kualitas).

Marilah kita selidiki lebih jauh arti fisis nilai $Q = \frac{\omega_0 L}{R}$

Dengan menggunakan $\omega = \frac{2\pi}{T}$ nilai Q dapat kita tulis sebagai

$$Q = \frac{2\pi}{T} \frac{I^2 L}{I^2 R} = 2\pi \frac{I^2 L}{I^2 R T} \text{ yang berarti:}$$

$$Q = 2\pi \frac{\text{Energi yang tersimpan dalam medan magnet oleh induktor}}{\text{Energi yang hilang sebagai kalor joule dalam satu periode}}$$

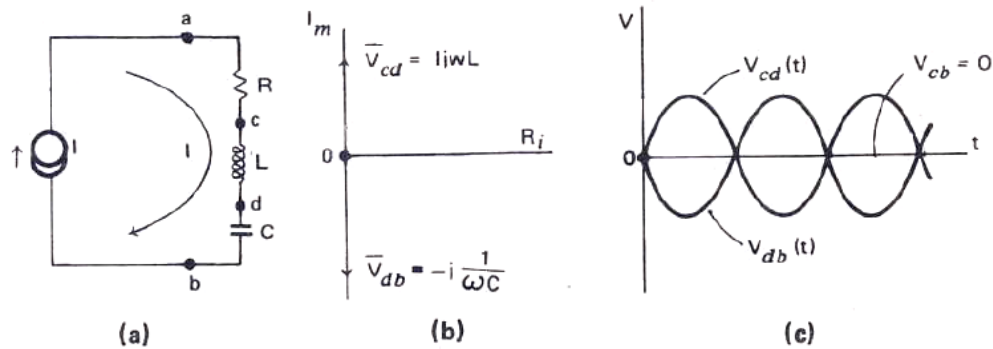
Pengertian terakhir ini sebenarnya merupakan definisi nilai Q yang lebih umum. Definisi ini berlaku untuk gelombang mikro di dalam rongga resonansi, dan bahkan juga berlaku untuk gelombang cahaya di dalam laser, yang rongga resonansinya terdiri dari dua buah cermin.

Kembali kepada rangkaian seri RLC pada keadaan resonansi. Tegangan antara c dan b pada Gambar (2.27a) sama dengan nol ($V_{cb} = 0$), oleh karena $V_{ab} = IR$.

Akan tetapi jika diukur kita akan mendapatkan $V_{cd} \neq 0$, dan $V_{ab} \neq 0$, bahkan

$V_{cd} = V_{db}$. Bagaimana ini dapat terjadi?

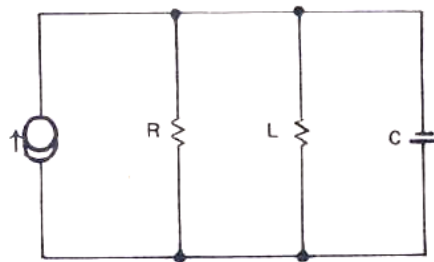
Perlu diingat bahwa dalam menjumlahkan tegangan bolak-balik kita harus mengunakan tesangan kompleks (fasor), artinya kita harus menjumlahkan besar dan fasanya; $V_{cb} + V_{db}$, yang berarti $V_{cd} = -V_{db}$. Ini di tunjukkan pada Gambar (2.27b), Jadi $v_{cd}(t)$ dan $v_{db}(t)$ berlawanan fasa, sehingga $v_{cd}(t) + v_{db}(t) = v_{cb}(t) = 0$, namak seperti pada Gambar 2.27c



Gambar 27 (a) Rangkaian seri RLC pada keadaan resonansi. $V_{cb} = 0$ (b) fasor $V_{cd} = -V_{ab}$ (c) Nilai sesaat $V_{cd}(t) = -V_{db}(t)$

2.10 Resonansi RLC Paralel

Sekarang, marilah kita alihkan perhatian kepada rangkaian RLC paralel seperti pada Gambar 28. Kita anggap Z adalah induktansi murni, yang tak mengandung hambatan. Rangkaian in i kita hubungkan dengan suatu sumber arus tetap agar beda tegangan V_{ab} sebanding dengan impedansi rangkaian. Untuk menghitung impedansi rangkaian kita hitung admitansi Y , oleh karena kita berhadapan dengan rangkaian paralel. Admitansi



Gambar 28. RangkaianRLC paralel dengan sumber arus tetap, I .

$$\bar{Y} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C \text{ atau}$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) \text{ sehingga}$$

$$\bar{Y} = |Y| = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2} \quad (40)$$

Kita dapatkan:

$$\bar{V}_{ab} = \frac{\bar{I}}{\bar{Y}} = \frac{\bar{I}}{\frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)}$$

$$V_{ab} = |V_{ab}| = \frac{\bar{I}}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}} \quad (41)$$

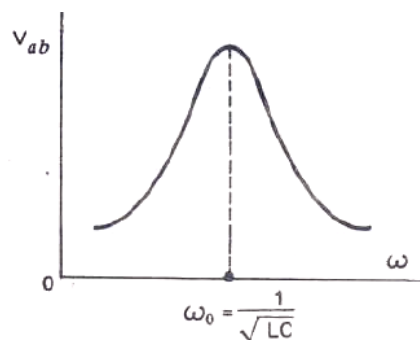
Dapat kita lihat Persamaan (2.40) bahwa untuk $\omega C = \frac{1}{\omega L}$, atau $\omega = \omega_o = \frac{1}{\omega L}$,

admitansi mempunyai nilai minimum, yaitu $Y(\omega = \omega_o) = \frac{1}{R}$, atau impedansi $Z = 1/Y = R$.

Ini berarti bahwa pada resonansi, impedansi rangkaian RLC paralel mempunyai nilai maksimum.

Dari Persamaan (2.40) dapat kita simpulkan bahwa jika dialiri arus tetap pada keadaan resonansi, $\omega = \omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, V_{ab} mencapai nilai maksimum, yaitu $V_{ab} = IR$. Jika kita

lukiskan V_{ab} terhadap frekuensi ω , kita peroleh lengkung resonansi seperti pada Gambar 2.29.



Gambar 29 Lengkung resonansi rangkaian RLC paralel

Bagaimana halnya dengan nilai Q untuk rangkaian paralel? Untuk menjawab pertanyaan ini, kita kembali ke pada persamaan (40)

$$V_{ab} = \frac{IR}{\sqrt{1 + \left(\omega CR - \frac{R}{\omega L} \right)^2}}$$

Dengan menggunakan $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, kita tuliskan persamaan di atas menjadi

$$V_{ab} = \frac{IR}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_o} \omega_o CR - \frac{\omega_o}{\omega} \frac{R}{\omega_o L} \right)^2}}$$

Atau

$$V_{ab} = \frac{IR}{\sqrt{1 + Q_p^2 \left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega} \right)^2}} \quad (42)$$

$$\text{Dengan } Q_p = \frac{R}{\omega_o L} = \omega_o CR \quad (43)$$

Selanjutnya $V_{ab} = \frac{IR}{\sqrt{2}}$ atau $V_{ab} = \frac{V_{ab \max}}{\sqrt{2}}$, jika

$$Q_p \left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega} \right) = 1$$

Keadaan ini terjadi untuk

$$\omega_+ = \omega_o \sqrt{1 + \frac{1}{4Q_p^2}} + \frac{\omega_o}{2Q_p} \cong \omega_o + \frac{\omega_o}{2Q_p} \text{ atau}$$

$$\omega_+ = \omega_o \sqrt{1 + \frac{1}{4Q_p^2}} - \frac{\omega_o}{2Q_p} \cong \omega_o - \frac{\omega_o}{2Q_p}, \text{ jika } 4Q_p^2 \gg 1$$

$$\text{Lebar resonansi } \Delta\omega = \omega_+ - \omega_- = \frac{\omega_o}{Q_p}$$

Dari pembahasan di atas, lengkung resonansi paralel dapat dilukiskan seperti pada Gambar 30.

Perhatikan bahwa nilai Q yang didefinisikan oleh persamaan (42) yaitu

$$Q_p = \frac{R}{\omega_o L} \text{ berhubungan dengan lebar}$$

$$Q_s = \frac{\omega_o L}{R_{\text{seri}}}$$

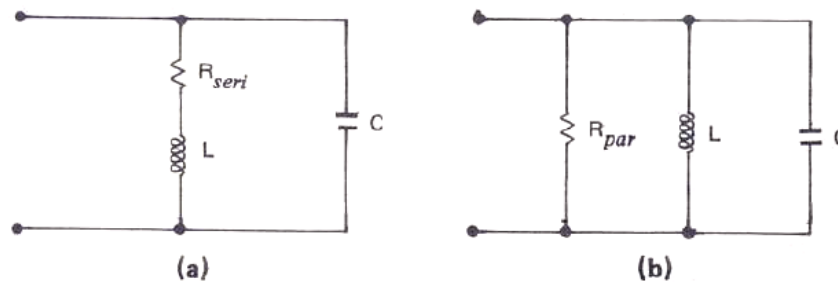
Resonansi (seperti halnya $Q_s = \frac{\omega_o L}{R_{seri}}$ untuk rangkaian RLC seri). Perhatikan

bahwa Q_p adalah kebalikan dari Q_s .

Dari beniak lengkung resonansi, tampak rangkaian RLC paralel bersifat sebagai tapis yang meneruskan isyarat dengan frekuensi di sekitar $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ dan menahan isyarat dengan

frekuensi jauh dari ω_o . Tapis semacam ini disebut tapis lolos pita.

Suatu bentuk rangkalan RLC paralel yang sering dijumpai adalah seperti pada Gambar 31.



Gambar 31 (a) Rangkaian R_{seri} , L , C . (b) Rangkaian setara RLC paralel untuk (a).

R_{seri} adalah hambatan yang sengaja dipasang seri dengan L atau hambatan kawat lilitan induktor L . Rangkaian seperti pada Gambar 31a dapat kita gantikan dengan rangkaian seperti pada Gambar 31 b, dimana R_{par} adalah jelmaan dari R_{seri} dan L pada Gambar 31 b adalah induktor murni. Untuk menentukan hubungan R_{par} dengan R_{seri} , kita hitung admitansi $Y(a)$ dan $Y(b)$. Oleh karena rangkaian (b) setara dengan (a). Hubungan di atas berarti.

$$Re \bar{Y}(a) = Re \bar{Y}(b) \text{ dan } Im \bar{Y}(a) = Im \bar{Y}(b)$$

Dari gambar, $\bar{Y}(a) = \frac{1}{R_{seri} + j\omega L} + j\omega C$. Pada keadaan resonansi,

$$Re \bar{Y}(a) = \frac{\omega_o^2 R_{seri} LC}{R_{seri}^2 + (\omega_o L)^2}, \text{ sedangkan}$$

$$\bar{Y}(b) = \frac{1}{R_{par}} + \left(\frac{1}{j\omega_o L} + j\omega_o C \right), \text{ sehingga}$$

$$Re \bar{Y}(b) = \frac{1}{R_{par}}$$

$$\text{Jadi } Ri\bar{Y}(b) = \frac{1}{R_{par}} = \frac{\omega_o^2 R_{seri} LC}{R_{seri}^2 + (\omega_o L)^2} \text{ atau}$$

$$R_{par} = \frac{R_{seri}^2 + (\omega_o L)^2}{\omega_o^2 R_{seri} LC} = \frac{R_{seri}^2 + (\omega_o L)^2}{R_{seri}}, \text{ oleh karena itu}$$

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ atau } \omega_o^2 = \frac{1}{LC}$$

Kita dapatkan

$$R_{par} = R_{seri} \left(1 + \left(\frac{\omega_o L}{R_{seri}} \right)^2 \right)$$

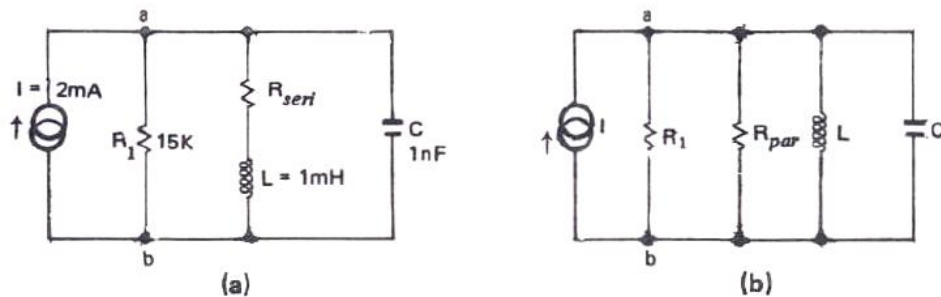
$$R_{par} = R_{seri} [1 + Q_{seri}^2] \cong R_{seri} Q_{seri}^2, \text{ atau}$$

$$\text{Oleh karena } Q_{seri} = \frac{\omega_o L}{R_{seri}}$$

Persamaan (45) menunjukkan kepada kita, bagaimana menentukan R_{par} jika kita tahu Q_{seri} dan $\omega_o L$, Q_{seri} dapat diukur dengan menggunakan Q-meter, sedang L dapat diukur dengan jembatan impedansi atau meter LCR digital.

Contoh:

Misalkan kita diberi rangkaian seperti Gambar (32).



Gambar 32 (a) Rangkaian untuk contoh 32 (b) Rangkaian ekuivalen untuk (a).

Kita diberi tahu bahwa induktor L mempunyai nilai $Q = 100$ pada frekuensi 1 MHz

- Hitung impedansi pada keadaan resonansi.
- Hitung V_{ab} , pada resonansi.
- Tentukan lebar resonansi.
- Tentukan lebar resonansi bila R_1 dilepas.

Jawab

Frekuensi resonansi adalah $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{(1mH)(1nF)}}$

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{(10^{-3}H)(10^{-9}F)}} = 10^6 \text{ rad/s}$$

Jadi $f_o = \frac{\omega_o}{2\pi} = \frac{10^6}{2\pi} \text{ Hz} = 160 \text{ kHz}$.

Jika induktor mempunyai $Q = 100$ pada 1 MHz maka

$$Q(160\text{kHz}) = 1 \text{ Hz} = \frac{160 \text{ kHz}}{1 \text{ MHz}} \times 100 = 0,16 \times 100 = 16$$

Dengan menggunakan rangkaian setara pada Gambar 2.32b, maka $R_{\text{par}} = Q\omega_o L = (16)(10^6 \text{ rad/s})(10^{-3} \text{ H}) = 16 \text{ k}\Omega$.

Hambatan pada rangkaian RLC seri pada Gambar 2.32b adalah $R_{\text{tot}} = R_1 // R_{\text{par}} = 15 \text{ k} // 16 \text{ k} = 8 \text{ k}$.

(a) Pada keadaan resonansi, impedansi adalah nyata & besarnya sama dengan $R_{\text{tot}} = 8 \text{ k}$.

(b) V_{ab} dalam keadaan resonansi sama dengan $IR_{\text{tot}} = (1 \text{ mA})(8 \text{ k}) = 8 \text{ V}$.

(c) Lebar resonansi $\Delta\omega = \frac{\omega_o}{Q_p}$ dan $Q_p = \frac{R_{\text{tot}}}{\omega_o L} = \frac{8 \text{ k}}{1 \text{ k}} = 8$

Dengan $\omega_o = 10^6 \text{ rad/s}$, lebar resonansi $\Delta\omega = \frac{\omega_o}{Q_p} = \frac{10^6}{8} \text{ (rad/s)}$ atau

$$\Delta f = \frac{f_o}{Q_p} = \frac{160 \text{ kHz}}{8} = 20 \text{ kHz}$$

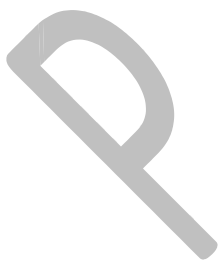
(d) Lebar resonansi bila R_1 dilepas:

bila R_1 dilepas, $R_{\text{tot}} = R_{\text{par}} = 16 \text{ k}\Omega$. Sehingga $Q_p = \frac{R_{\text{tot}}}{\omega_o L} = \frac{16 \text{ k}}{1 \text{ k}} = 16$,

$$\Delta f = \frac{f_o}{Q_p} = \frac{160 \text{ kHz}}{16} = 10 \text{ kHz}$$

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[1.14 Efek Foto Listrik dan Sinar-X]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.14 Materi Pokok: Efek Foto Listrik dan Sinar-X

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

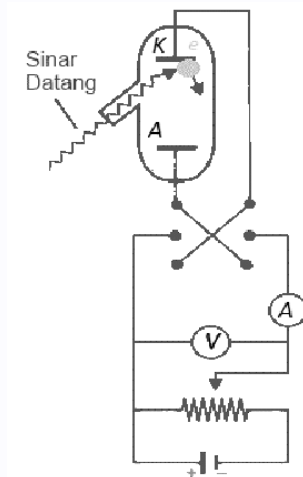
Memahami fenomena efek fotolistrik dan sinar X dalam kehidupan sehari-hari

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menjelaskan beda potensial yang diperlukan untuk menghentikan partikel yang dipancarkan oleh permukaan logam tertentu

c.1 Efek Fotolistrik

Pada tahun 1905, Albert Einstein menggunakan gagasan Planck tentang kuantisasi energi untuk menjelaskan efek fotolistrik. Efek fotolistrik ditemukan oleh Hertz pada 1887 dan telah dikaji oleh Lenard pada tahun 1900.



Gambar 1. Percobaan efek fotolistrik

Efek fotolistrik adalah gejala lepasnya dari permukaan logam karena disinari oleh gelombang elektromagnetik tertentu.

Syarat terjadinya efek fotolistrik adalah:

- panjang gelombang sinar datang < panjang gelombang ambang bahan

- frekuensi sinar (f) > frekuensi ambang bahan (f_0)
- energi foton sinar (E_f) > energi ambang bahan (W_0)

Menurut Albert Einstein efek fotolistrik dapat dijelaskan bahwa cahaya merambat dalam bentuk paket-paket energi yang disebut foton. Foton berperilaku seperti partikel dan tiap foton mengandung energi sebesar: $E = hf$.

Energi kinetik maksimum elektron:

$$E_{kmaks} = hf - W_0 = eV$$

hf = energi foton yang digunakan

$W_0 = hf_0$ = energi foton minimal diperlukan untuk melepaskan elektron atau energi ambang

E_{kmaks} = energi kinetik maksimum fotoelektron.

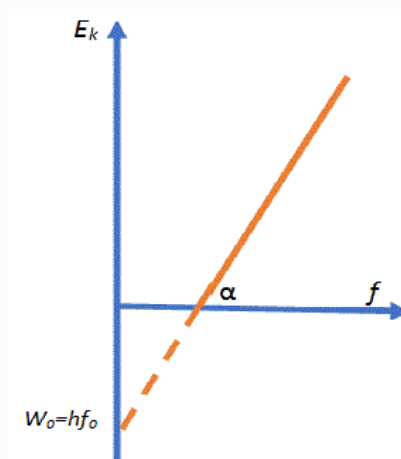
energi kinetik elektron hanya dipengaruhi oleh frekuensi (f) dan panjang gelombang:

$$\frac{1}{2}mv^2 = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) = eV$$

Hal yang perlu diperhatikan pada efek fotolistrik, antara lain:

- sebuah elektron hanya mampu menangkap sebuah foton
- intensitas penyinaran hanya mempengaruhi banyak elektron yang lepas atau jumlah foton yang keluar atau akan memperbesar kuat arus I
- Intensitas penyinaran tidak mempengaruhi energi kinetik elektron

Hubungan antara Energi kinetik (E_k) dengan frekuensi sinar dapat diilustrasikan seperti Gambar 2 berikut:

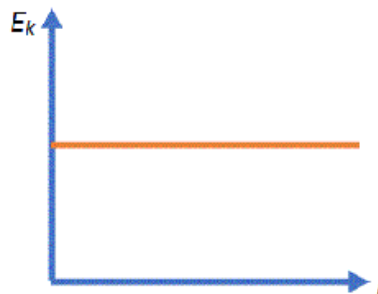


Gambar 2. Hubungan antara E_k vs f

dari grafik dapat ditentukan besar konstanta Planck:

$$\tan \alpha = h = \frac{E_K}{f - f_o}$$

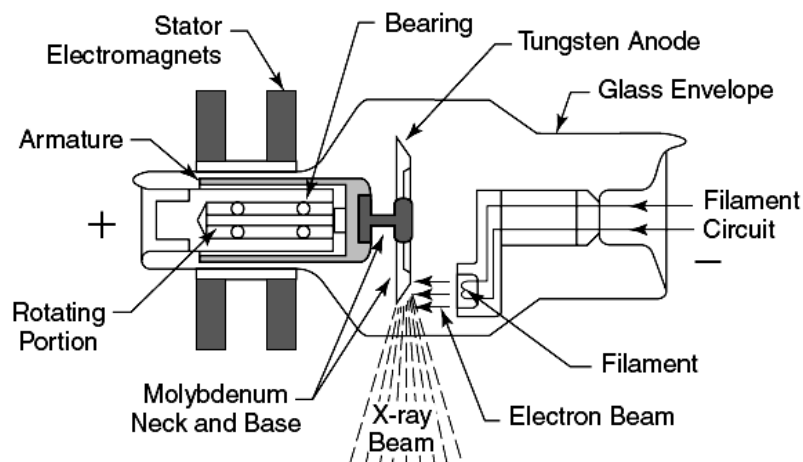
Hubungan antara E_K dengan I dapat digambarkan berikut:



Gambar 3. Hubungan E_K vs I

c.2 Sinar-X

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dan memiliki panjang gelombang antara 0,01-10 nm. Karena panjang gelombangnya yang pendek, maka sinar-X memiliki daya tembus yang besar. Disamping itu dengan energi yang dimilikinya sinar-X mampu mengionisasi materi yang dilaluinya karena itu sinar-X digolongkan sebagai sinar pengion.



Gambar 4. Skema Tabung Sinar-X (Hendee WR & Ritenour ER, 2002)

Sinar-X diproduksi dalam tabung hampa yang didalamnya terdapat filamen sebagai katoda dan material target sebagai anoda. Skema tabung sinar-X dapat ditunjukkan pada

Gambar 1.14.1. Filamen dipanaskan dengan arus tertentu sehingga terbentuk awan-awan elektron, karena terjadi beda potensial antara anoda dan katoda yang cukup tinggi (dalam orde kilovolt) menyebabkan elektron bergerak dengan kecepatan tinggi menuju anoda. Interaksi elektron berkecepatan tinggi dengan material target inilah yang menyebabkan terbentuknya sinar-X. Terbentuknya radiasi sinar-X sangat kecil yaitu sekitar 1% dari jumlah energi yang hilang dan selebihnya akan terbentuk panas pada plat anoda (Bushong, 1998).

Urutan proses terjadinya sinar-X adalah sebagai berikut :

- a. Katoda (filamen) dipanaskan (lebih dari 2000°C) sampai menyala dengan mengalirkan listrik yang berasal dari transformator.
- b. Karena panas, elektron-elektron dari katoda (filamen) terlepas.
- c. Sewaktu dihubungkan dengan transformator tegangan tinggi, elektron-elektron akan dipercepat gerakannya menuju anoda dan dipusatkan oleh alat pemusat (*focusing cup*).
- d. Filamen dibuat relatif negatif terhadap sasaran (target) dengan memilih potensial tinggi.
- e. Awan-awan elektron mendadak dihentikan pada anoda target, sehingga terbentuk panas ($>99\%$) dan sinar-X ($<1\%$).
- f. Pelindung timbal (Pb) akan digunakan untuk mencegah keluarnya sinar-X dari tabung, sehingga sinar-X yang terbentuk hanya dapat keluar melalui jendela.
- g. Panas yang tinggi pada target akibat benturan elektron didinginkan oleh radiator pendingin.

2. Jenis sinar-X

Pada tahun 1895 Wilhelm Roentgen menemukan bahwa suatu radiasi berdaya tembus besar yang tidak diketahui dihasilkan jika elektron cepat menumbuk suatu sasaran, Radiasi disebut sinar-X.

Elektron-elektron yang dipercepat menuju anoda karena adanya beda potensial V yang cukup tinggi yang dipasang antara katoda dan anoda (kutub positif). Tepat pada saat

sampai di anoda, elektron telah memperoleh energi kinetik yang berasal dari perubahan energi potensial (potensial listrik) $K = eV$.

Kecepatan elektron dari katoda berupa energi kinetik (eV) menumbuk anoda menghasilkan energi sinar X ($h\nu$) dan energi panas (Q), dinyatakan dalam persamaan sbb.:

$$K = E_{\text{sinar}} + \text{panas}$$

$$eV = h\nu + Q$$

$$eV = h(c/\lambda) + Q$$

Persamaan ini dapat ditulis sebagai:

$$\lambda = \frac{hc}{eV - Q}$$

Dengan λ = panjang gelombang

e = muatan elektron

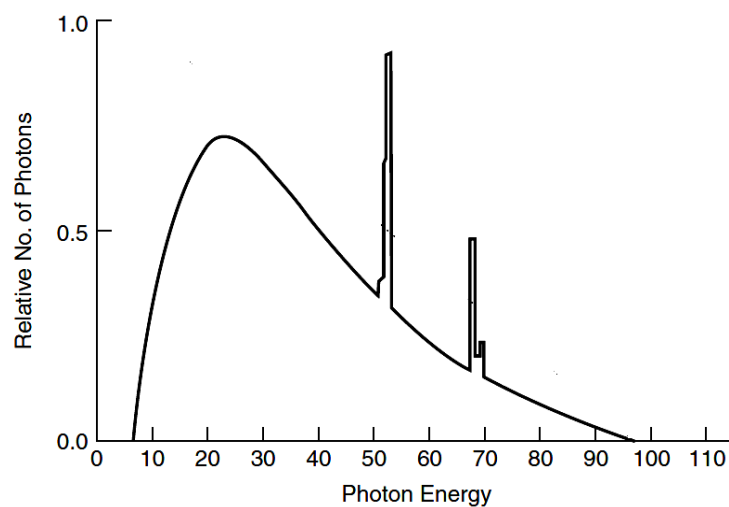
h = tetapan Planck

c = laju cahaya

Q = energi panas

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV}$$

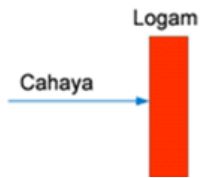
Berdasarkan prosesnya, sinar-X dibedakan menjadi dua jenis, yaitu Bremsstrahlung dan karakteristik. Spektrum sinar-X ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum sinar-X. Tampak sinar-X terdiri dari dua komponen yaitu sinar-X Bremsstrahlung dan sinar-X karakteristik (Hendee WR & Ritenour ER, 2002).

Contoh Soal No. 1

Cermati gambar percobaan penyinaran suatu lempeng logam dengan cahaya berikut. Jika fungsi kerja logam adalah 2,2 eV dan cahaya yang disinarkan memiliki panjang gelombang λ dan frekuensi f , tentukan:



- a) energi cahaya minimal yang diperlukan agar elektron lepas dari logam
- b) frekuensi cahaya minimal yang diperlukan agar elektron lepas dari logam
- c) panjang gelombang maksimum yang diperbolehkan agar elektron lepas dari logam

Gunakan data berikut :

Cepat rambat cahaya $c = 3 \times 10^8$ m/s

Tetapan Planck $h = 6,6 \times 10^{-34}$ Js

1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$ joule

Pembahasan

- a) energi cahaya minimal yang diperlukan agar elektron lepas dari logam

energi cahaya minimal tidak lain adalah energi ambang atau fungsi kerja logam. Sehingga

$$W_0 = 2,2 \text{ eV}$$

$$W_0 = 2,2 \times (1,6 \times 10^{-19}) \text{ joule} = 3,52 \times 10^{-19} \text{ joule}$$

- b) frekuensi cahaya minimal yang diperlukan agar elektron lepas dari logam

Ingat energi foton atau cahaya adalah $E = hf$, E disini dilambangkan sebagai W_0 sehingga

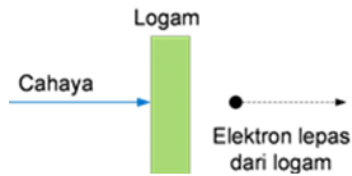
$$W_0 = h f_0$$

$$3,52 \times 10^{-19} = 6,6 \times 10^{-34} \times f_0$$

$$f_0 = 0,53 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

Contoh Soal No. 2

Cermati gambar percobaan penyinaran suatu lempeng logam dengan cahaya berikut:



Jika fungsi kerja logam adalah 2,1 eV dan cahaya yang disinarkan memiliki panjang gelombang 2500 Å dengan konstanta Planck $6,6 \times 10^{-34}$ Js dan $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ joule, tentukan

- energi ambang logam dalam satuan joule
- frekuensi ambang
- panjang gelombang maksimum yang diperlukan untuk melepas elektron dari logam
- panjang gelombang dari cahaya yang disinarkan dalam meter
- frekuensi dari cahaya yang disinarkan dalam Hz
- energi foton cahaya yang disinarkan
- energi kinetik dari elektron yang lepas dari logam

Pembahasan

Skemanya seperti ini



Logam yang di dalamnya terdapat elektron-elektron disinari oleh cahaya yang memiliki energi E . Jika energi cahaya ini cukup besar, maka energi ini akan dapat melepaskan elektron dari logam, dengan syarat, energi cahayanya lebih besar dari energi ambang bahan. Elektron yang lepas dari logam atau istilahnya fotoelektron akan bergerak dan memiliki energi kinetik sebesar E_k

Hubungan energi cahaya yang disinarkan E , energi ambang bahan W_0 dan energi kinetik fotoelektron E_k adalah

$$E = W_0 + E_k$$

atau

$$hf = hf_0 + Ek$$

a) energi ambang logam dalam satuan joule

$$W_0 = 2,1 \times (1,6 \times 10^{-19}) \text{ joule} = 3,36 \times 10^{-19} \text{ joule}$$

b) frekuensi ambang

$$W_0 = h f_0$$

$$3,36 \times 10^{-19} = 6,6 \times 10^{-34} \times f_0$$

$$f_0 = 0,51 \times 10^{15}$$

c) panjang gelombang maksimum yang diperlukan untuk melepas elektron dari logam

$$\lambda_{\max} = c/f_0$$

$$\lambda_{\max} = 3 \times 10^8 / 0,51 \times 10^{15}$$

$$\lambda_{\max} = 5,88 \times 10^{-7} \text{ m}$$

d) panjang gelombang dari cahaya yang disinarkan dalam meter

$$\lambda = 2500 \text{ \AA} = 2500 \times 10^{-10} \text{ m} = 2,5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

e) frekuensi dari cahaya yang disinarkan dalam Hz

$$f = c/\lambda$$

$$f = 3 \times 10^8 / 2,5 \times 10^{-7}$$

$$f = 1,2 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

f) energi cahaya yang disinarkan

$$E = hf$$

$$E = (6,6 \times 10^{-34}) \times 1,2 \times 10^{15} = 7,92 \times 10^{-19} \text{ joule}$$

g) energi kinetik dari elektron yang lepas dari logam

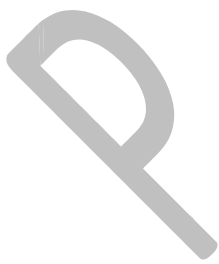
$$E = W_0 + Ek$$

$$7,92 \times 10^{-19} = 3,36 \times 10^{-19} + E_k$$

$$E_k = 7,92 \times 10^{-19} - 3,36 \times 10^{-19} = 4,56 \times 10^{-19} \text{ joule}$$

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

**[1.15 Radioaktivitas dan
Perangkatnya]**



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

1.15 Materi Pokok: Radioaktivitas dan Perangkatnya

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menyajikan informasi tentang pemanfaatan radioaktivitas dan dampaknya bagi kehidupan dengan menggunakan alat-alat ukur, alat peraga, alat hitung dan piranti lunak komputer untuk meningkatkan pembelajarannya.

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menggambarkan pemanfaatan radioaktivitas dan dampaknya bagi kehidupan dengan menggunakan alat-alat ukur, alat peraga, alat hitung dan piranti lunak komputer untuk meningkatkan pembelajarannya.

d. Soal Latihan berorientasi pada *Higher Order Thinking Skills* berbentuk *objective test* dengan 4 pilihan. Jumlah soal latihan antara 5 sampai 10 untuk setiap paparan (Bab).

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[2.1 Komponen Pasif Elektronik]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

2.1 Materi Pokok: Komponen Pasif Elektronika

a. Kompetensi Inti.

Menguasai standar kompetensi dan kompetensi dasar mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menggunakan bahasa simbolik dalam mendeskripsikan proses dan gejala alam

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menggunakan data dan informasi tentang kapasitor dan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari

c.1 Komponen pasif

Ada dua macam komponen elektronik, yaitu komponen pasif dan komponen aktif. Contoh komponen pasif adalah resistor, kapasitor, induktor, dan transformator. Transistor dan rangkaian terpadu (integrated circuit merupakan dua contoh komponen aktif. Transistor dapat berfungsi kalau diberi tegangan dan arus dari suatu catu daya dari luar. Jika catu daya tak dihubungkan, transistor tak bekerja. Komponen yang untuk kerjanya memerlukan catu daya, disebut komponen aktif. Suatu resistor dapat berfungsi memberikan hambatan tanpa adanya catu daya. Komponen yang dapat bekerja tanpa catu daya disebut komponen pasif. Di sini kita akan membatasi diri pada tiga buah komponen pasif yaitu resistor, kapasitor, dan transformator

c.2 Resistor.

Resistor merupakan komponen pasif yang dibuat untuk mendapatkan hambatan tertentu. Agar dapat menggunakan resistor dengan baik kita perlu mengetahui beberapa hal seperti bahan pembuatnya, nilai hambatan, toleransi, lesapan daya, derau dan perilakunya pada frckuensi tinggi.

Resistor yang paling banyak digunakan terbuat dari karbon yang dilapiskan pada sebatang keramik. Resistor semacam ini disebut rsistor film karbon. Nilai hambatannya ditentukan oleh tebal dan panjang lapisan. Untuk nilai hambatan yang tingg lapisan

karbon dibuat berbentuk spiral. Pada masa yang lalu orang menggunakan resistor karbon yang berbentuk batang. Hambatan resistor terutama dipengaruhi oleh campuran karbon yang digunakan. Resistor ini tidak lagi digunakan karena banyak sifatnya yang kurang baik, seperti misalnya hambatannya berubah dengan frekuensi dan deraunya teramat besar.

Resistor macam lain yang sering digunakan orang adalah resistor film logam. Film yang digunakan adalah suatu susunan nikel. Resistor ini dapat dibuat untuk pemakaian presisi dan mempunyai derau rendah.

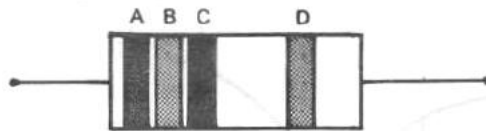
Satu macam resistor lain lagi yang juga sering digunakan adalah resistor lilit kawat (*wirewound resistor*). Resistor macam ini mempunyai nilai presisi tinggi dan derau amat rendah, lagi pula dibuat dengan nilai hambatan di bawah 1 ohm. Oleh karena terbuat dari lilitan kawat, resistor ini mempunyai induktansi dan kapasitansi parasitik, sehingga tanpa cara lilitan khusus tak dapat digunakan untuk frekuensi tinggi.

Resistor karbon dibuat dengan nilai hambatan yang aneh, seperti misalnya: 2,2 ohm, 68 ohm, 47 ohm, dsb. Suatu resistor dengan hambatan tertulis 1 k ohm misalnya, jika diukur dengan ohmmeter bisa saja mempunyai nilai antara 995 ohm dan 1,05 k ohm. Suatu besaran yang disebut toleransi menyatakan berapa persen tebaran nilai hambatan sebenarnya dari nilai hambatan yang tertulis.

Suatu resistor dengan nilai hambatan bertoleransi 5% berarti bila diukur kemungkinan besar nilai hambatannya terdapat dalam jangka $R \pm 5\%$. Nilai hambatan resistor yang dibuat orang berhubungan dengan toleransi. Resistor dengan toleransi 10% dibuat dengan nilai hambatan yang merupakan kelipatan 10^n ($n = -1, 0, 1, 2, 3, \dots$) daripada suatu deret yang disebut E 12. Deret ini mempunyai 12 nilai, yaitu 1,2 1,5 1,8 2,2 2,7 3,3 3,9 4,7 5,6 6,8 8,2. Sebagai contoh kita dapat mencari resistor 10% dengan hambatan 10 k Ω , 12 k Ω , 1,5 k Ω 2,2 k Ω dan sebagainya. Hambatan dengan nilai 1,8 k Ω tadi ditulis sebagai 1K8 dan 3,9 ohm ditulis sebagai 3 Ω 9, dan sebagainya.

Sandi warna

Resistor karbon menggunakan cincin sandi warna yang dicatkan pada badan resistor untuk menyatakan nilai hambatan. Untuk resistor dengan toleransi 10% dan 5% digunakan empat buah cincin, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-36.



Gambar 1. Cincin-cincin sandi warna pada badan resistor.

Cincin A adalah yang paling dekat dengan ujung resistor. Warna cincin A, B, dan C menyatakan nilai hambatan resistor, sedangkan warna cincin D menyatakan toleransi. Untuk cincin D hanya ada dua warna, yaitu perak untuk toleransi 10% dan emas untuk toleransi 5%. Untuk cincin A, B, dan C tiap warna mempunyai nilai seperti tertera pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Sandi warna

Hitam	0
Coklat	1
Merah	2
Jingga	3
Kuning	4
Hijau	5
Biru	6
Ungu	7
Abu-abu	8

Nilai hambatan dapat dibaca dengan menggunakan rumus:

$$R = (A) (B) \times 10^C \text{ ohm}$$

(A) nilai warna cincin A, (B) nilai warna cincin B, dan (C) nilai warna cincin C.

Sebagai contoh, resistor dengan warna

A = kuning = (4), B = ungu = (7), C = merah = (2) mempunyai harga hambatan,

$$R = 47 \times 10^2 = 4700 = 4,7 \text{ K} = 4\text{K}7 = 4,7 \text{ K}\Omega$$

Khusus untuk cincin C ada warna emas yang mempunyai nilai -1.

c.3 Kemampuan daya

Resistor dibuat dengan ukuran badan yang mencerminkan kemampuan bertahan terhadap daya lesap yang diterimanya jika dialiri arus listrik. Suatu resistor dengan

hambatan R yang dilalui arus I dan menerima daya lesap sebesar $P = I^2R$. Daya ini akan menaikkan suhu resistor, dan jika melebihi kemampuan daya (*power rating*) yang ditentukan dapat menyebabkan kerusakan yang permanen, berupa perubahan nilai hambatan ataupun membuat resistor menjadi hangus. Kebanyakan resistor karbon dibuat agar mempunyai kemampuan daya sebesar $\frac{1}{2}$ watt. Di pasaran juga dijual resistor karbon dengan kemampuan daya: $\frac{1}{4}$ watt, 1 watt, dan 2 watt. Resistor oksida logam dibuat dengan kemampuan daya hingga 10 watt, sedang resistor lilin kawat dibuat hingga kemampuan lesap 50 watt.

c.4 Kapasitor.

Kapasitor merupakan suatu komponen pasif yang dibuat untuk mendapat kapasitansi tertentu. Kapasitor terbuat dari dua buah pelat konduktor yang dipisahkan oleh suatu lapisan isolator, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.39, Untuk kapasitor pelat paralel, kapasitansi C mempunyai nilai

$$C = K_e \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

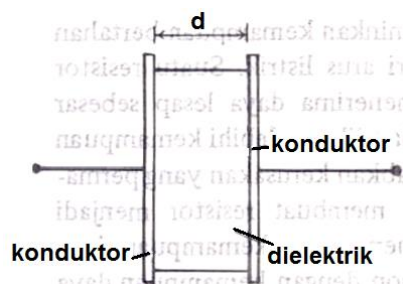
Dimana

K_e = tetapan dielektrik

ϵ_0 = permitivitas vakum

A = luas pelat

d = jarak antar pelat



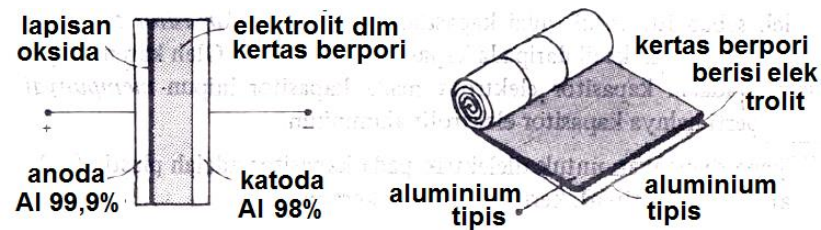
Gambar 2. Bagan suatu kapasitor

Kapasitor dibuat dengan jangka nilai kapasitansi: pikoparad $pF = 10^{-12}$ Farad (F) hingga $100.000 \mu F = 0,1$ F. Rangkaian elektronik biasa menggunakan kapasitor dengan

nilai kapasitansi dari pF hingga 220 μF . Nilai kapasitansi yang besar didapat pada kapasitor elektrolit.

Pada kebanyakan kapasitor elektrolit digunakan dua keping aluminium, dan elektrolit yang dikandung dalam lembaran kertas berpori yang terletak di antaranya.

Konstruksi kapasitor elektrolit ditunjukkan pada gambar 2.40,



Gambar 3. a) Bagan kapasitor elektrolit b) Konstruksi kapasitor elektrolit

Jika pelat Al yang murni diberi potensial positif terhadap pelat yang lain, pada pelat ini akan timbul lapisan oksidasi. Lapisan ini bersifat sebagai isolator, dan berlaku sebagai dielektrik untuk kapasitor elektrolit. Elektrolit berfungsi sebagai konduktor untuk katoda. Lapisan oksida pada anoda ini amatlah tipis, dengan ketebalan kurang dari 1 μm (mikrometer), sehingga dapat menghasilkan kapasitansi yang besar.

Dielektrik yang amat tipis ini menyebabkan medan listrik di dalam dielektrik mempunyai nilai yang amat besar oleh karena kuat medan $E = V/d$ (V = beda tegangan dan d = tebal dielektrik). Oleh sebab itu kapasitor elektrolit mempunyai kemampuan tegangan yang terbatas. Jika tegangan tersebut dilampaui, besar kemungkinan dielektrik rusak, dan menimbulkan arus besar disertai dengan kenaikan suhu. Jika ini berlangsung sedikit lama kapasitor dapat mengalami kerusakan permanen.

Tebal lapisan dielektrik bergantung pada kemurnian logam yang digunakan dan juga pada beda tegangan yang dipasang. Kapasitor elektrolit akan mempunyai kapasitansi sebagaimana tertera pada badannya jika diberi *tegangan kerja* sesuai dengan yang tertera. Jika kebutuhan kapasitor elektrolit terbalik, sehingga pelat aluminium yang murni bekerja sebagai katoda (-), maka lapisan oksida anoda akan terjadi pada pelat Al yang kurang murni. Akibatnya lapisan yang terjadi sangatlah tipis dan jika diberi beda tegangan kecil saja dapat terjadi medan listrik yang amat besar di dalamnya sehingga terjadi kerusakan. Inilah sebabnya mengapa kapasitor elektrolit mempunyai kekutuban atau

polaritas, yaitu tanda + dan -. Potensial yang lebih tinggi hendaknya dipasang pada ujung positif (+) dan yang lebih rendah pada ujung negatif (-). Jika terbalik kapasitor menjadi rusak dan mungkin juga dapat meletup.

Selain aluminium, kini orang juga menggunakan tantalum sebagai bahan pelat logam pada kapasitor elektrolit. Oksida yang terbentuk pada kapasitor tantalum mempunyai tetapan dielektrik yang lebih besar dari pada kapasitor elektrolit aluminium.

Oleh sebab itu untuk nilai kapasitansi yang sama, kapasitor tantalum mempunyai ukuran lebih kecil daripada kapasitor aluminium. Oleh karena kapasitor tantalum adalah kapasitor elektrolit maka kapasitor inipun mempunyai kekutuban, seperti halnya kapasitor elektrolit aluminium.

Bahan lain yang digunakan untuk dielektrik pada kapasitor adalah plastik (poliester, polikarbonat, polistiren), kertas, mika dan keramik.

Selain kemampuan tegangan beberapa sifat lain yang penting untuk diingat dalam menggunakan kapasitor adalah toleransi, tanggapan frekuensi, faktor lesapan, kebocoran, koefisien suhu dan kemantapan. Koefisien suhu menyatakan berapa besar kapasitansi berubah dengan suhu, dinyatakan dengan ppm/°C (ppmm: parts per million atau $10^{-4}\%$). Kapasitor mika mempunyai koefisien suhu sekitar +100 ppm/°C. Kapasitor polikarbonat (film) antara -50 hingga -100 ppm/°C. Kapasitor keramik mempunyai koefisien suhu hingga 1000 ppm/°C,

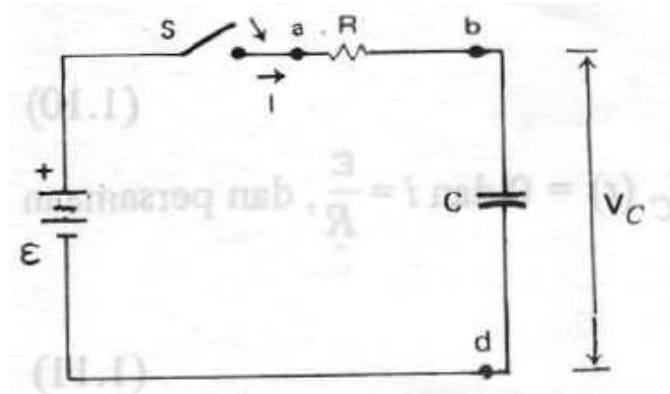
Sedang kapasitor elektrolit aluminium mempunyai koefisien suhu sekitar 1000 ppm/°C (tak linier) dan kapasitor tantalum dari 200 hingga 1.000 ppm/°C.

Kemantapan menyatakan perubahan kapaitansi terhadap waktu. Kapasitor mika, polistiren dan elektrolit (Al ataupun tantalum) mempunyai kemantapan yang baik

c.5 Arus transien

Peristiwa pengisian dan pengosongan kapasitor memegang peranan penting dalam elektronika. A ms yang berhubungan dengan ini mengecil dengan waktu sehingga disebut arus transien, yang berarti arus yang hanya timbul sebentar.

Jadi bukan arus tetap. Peristiwa ini digunakan untuk mengubah denyut, mengolah denyut dalam pesawat televisi penundaan waktu, menghasilkan pengapitan tegangan d,s b. Peristiwa ini ditunjukkan pada Gambar 4.

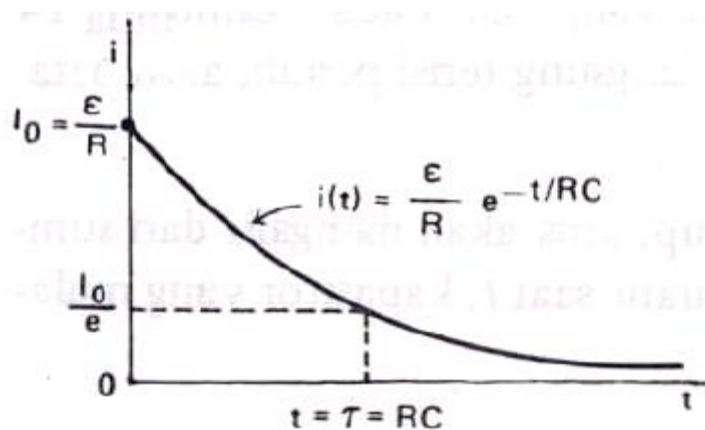


Gambar 4. Pengisian kapasitor

Telah kita ketahui bahwa suatu kapasitor terbuat dari dua pelat konduktor yang dipisahkan oleh suatu isolator atau dielektrik. Jika luas pelat = A , jarak antara pelat = d , dan permitivitas dielektrik = ϵ , maka nilai kapasitansinya

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

Perubahan arus i terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 5.

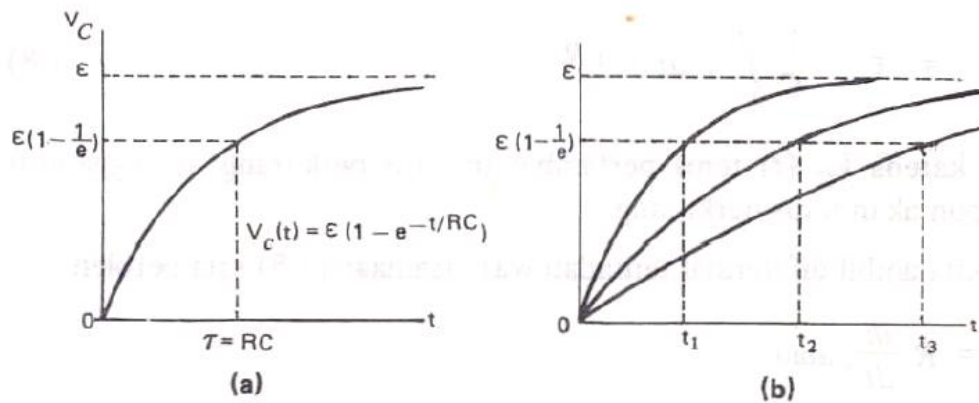


Gambar 5. Perubahan arus $i(t)$ pada pengisian C .

Untrk menyelidiki bagaimana tegangan kapasitor bertambah dengan waktu ketika kapasitor diisi, kita gunakan persamaan (1.7)

$$V_C(t) = -\epsilon(e^{-t/RC} - 1) = \epsilon(1 - e^{-t/RC})$$

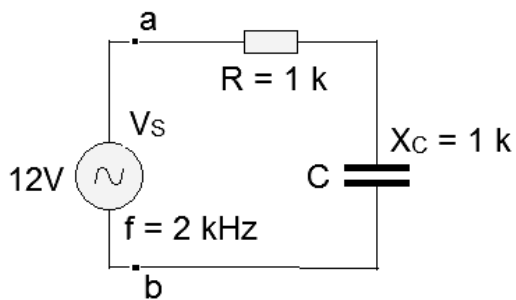
Grafik perubahan tegangan kapasitor V_C terhadap t adalah seperti pada Gambar 1.16



Gambar 6. (a) Perubahan tegangan kapasitor dengan waktu,
(b) makin besar $t = RC$, makin lama mencapai $V_C = \epsilon$

Contoh soal

Perhatikan gambar angkaian berikut:



Besarnya nilai kapasitansi C adalah....

- A. $0,08 \mu F$
- B. $0,008 \mu F$
- C. $0,8 \mu F$
- D. $8 \mu F$

Pembahasan:

$$X_C = 1/(2 \pi f C)$$

$$C = 1/(2 \pi f X_C)$$

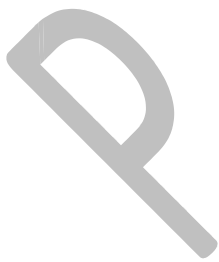
$$C = 1/(2 \times (22/7) \times 2 \times 10^3 \times 10^3)$$

$$C = (7/88) \times 10^{-6} F = 0,079 \mu F = 0,08 \mu F$$

Kunci: A

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[2.2 GLB dan DLBB]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

2.2 Materi Pokok: GLB dan GLBB

a. Kompetensi Inti.

Menguasai standar kompetensi dan kompetensi dasar mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Bernalar secara kualitatif maupun kuantitatif tentang proses dan hukum fisika

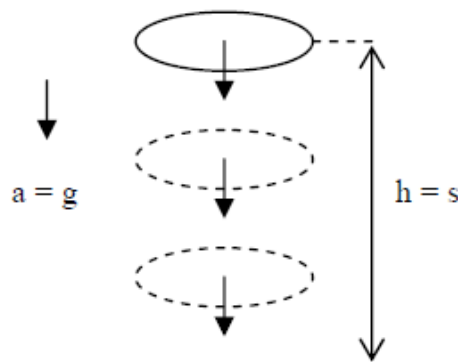
c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menyimpulkan besaran-besaran fisis pada gerak lurus dengan kecepatan konstan dan gerak lurus dengan percepatan konstan

Gerak Lurus Berubah Beraturan

1. Gerak Jatuh Bebas

Pada jatuh bebas ketiga persamaan GLBB dipercepat yang kita bicarakan pada kegiatan sebelumnya tetap berlaku, hanya saja v_0 kita hilangkan dari persamaan karena harganya nol dan lambang s pada persamaan-persamaan tersebut kita ganti dengan h yang menyatakan ketinggian dan a kita ganti dengan g .



Gambar 1. Benda jatuh bebas mengalami percepatan yang besarnya sama dengan percepatan gravitasi

Jadi, ketiga persamaan itu sekarang adalah:

$$\begin{aligned} 1. v_t &= g.t \\ 2. h &= \frac{1}{2} g.t^2 \\ 3. v_1 &= \sqrt{2gh} \end{aligned}$$

Persamaan-persamaan jatuh bebas

Keterangan: g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 h = ketinggian benda (m)
 t = waktu (s)
 vt = kecepatan pada saat t (m/s)

Perhatikan persamaan jatuh bebas yang kedua.

Bila ruas kiri dan kanan sama-sama kita kalikan dengan 2, kita dapatkan:

$$h = \frac{1}{2} g.t^2$$

Atau

$$t^2 = \frac{2h}{g}$$

sehingga,

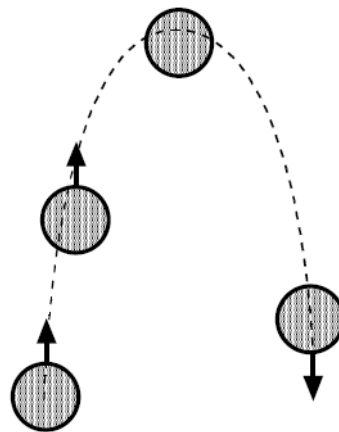
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Persamaan waktu jatuh benda jatuh bebas

dari persamaan waktu jatuh, terlihat bahwa waktu jatuh benda bebas hanya dipengaruhi oleh dua faktor yaitu h = ketinggian dan g = percepatan gravitasi bumi. Jadi berat dan besaran-besaran lain tidak mempengaruhi waktu jatuh. Artinya meskipun berbeda beratnya, dua benda yang jatuh dari ketinggian yang sama di tempat yang sama akan jatuh dalam waktu yang bersamaan. Dalam kehidupan kita sehari-hari mungkin kejadiannya lain. Benda yang berbeda beratnya, akan jatuh dalam waktu yang tidak bersamaan. Hal ini dapat terjadi karena adanya gesekan udara. Percobaan di dalam tabung hampa udara membuktikan bahwa sehelai bulu ayam dan satu buah koin jatuh dalam waktu bersamaan.

2. Gerak Vertikal Ke Atas

Lemparkan bola vertikal ke atas, amati gerakannya. Bagaimana kecepatan bola dari waktu ke waktu! Selama bola bergerak ke atas, gerakan bola melawan gaya gravitasi yang menariknya ke bumi. Akhirnya bola bergerak diperlambat. Akhirnya setelah mencapai ketinggian tertentu yang disebut tinggi maksimum, bola tak dapat naik lagi. Pada saat ini kecepatan bola nol. Oleh karena tarikan gaya gravitasi bumi tak pernah berhenti bekerja pada bola, menyebabkan bola bergerak turun. Pada saat ini bola mengalami jatuh bebas, bergerak turun dipercepat.



Gambar 2. Bola dilembarkan vertikal ke atas

Jadi bola mengalami dua fase gerakan. Saat bergerak ke atas bola bergerak GLBB diperlambat ($a = g$) dengan kecepatan awal tertentu lalu setelah mencapai tinggi maksimum bola jatuh bebas yang merupakan GLBB dipercepat dengan kecepatan awal nol. Dalam hal ini berlaku persamaan-persamaan GLBB yang telah kita pelajari

Pada saat benda bergerak naik berlaku persamaan :

1. kecepatan	:	$v_t = v_0 - g t$
2. tinggi	:	$h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$
3. kecepatan	:	$v_t^2 = v_0^2 - 2 g h$

Persamaan gerak vertikal ke atas

v_0 = kecepatan awal (m/s)
 g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 t = waktu (s)
 v_t = kecepatan akhir (m/s)
 h = ketinggian (m)

Sedangkan pada saat jatuh bebas berlaku persamaan-persamaan gerak jatuh bebas yang sudah kita pelajari

5.3.3. Gerak Vertikal Ke Bawah

Berbeda dengan jatuh bebas, gerak vertikal ke bawah yang dimaksudkan adalah gerak benda-benda yang dilemparkan vertikal ke bawah dengan kecepatan awal tertentu. Jadi seperti gerak vertikal ke atas hanya saja arahnya ke bawah. Sehingga persamaan-persamaannya sama dengan persamaan-persamaan pada gerak vertikal ke atas, kecuali tanda negatif pada persamaan-persamaan gerak vertikal ke atas diganti dengan tanda positif. Sebab gerak vertikal ke bawah adalah GLBB yang dipercepat dengan percepatan yang sama untuk setiap benda yakni g .

Jadi, persamaan-persamaan gerak vertikal ke bawah:

$$v_t = v_0 + g t$$

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 g h$$

Bila Anda berkesimpulan bahwa gerak vertikal ke bawah ini sama dengan gerak GLBB pada arah mendatar, Anda benar. Beda antara keduanya adalah bahwa pada gerak vertikal ke bawah benda selalu dipercepat, sedangkan gerak GLBB pada arah mendatar dapat pula diperlambat. Selain itu pada gerak vertikal ke bawah besar percepatan selalu sama dengan percepatan gravitasi g . Sedangkan percepatan pada GLBB arah mendatar dapat berharga berapa saja. Bila Anda telah memahami uraian pada kegiatan 3 ini,

berarti secara keseluruhan Anda sudah memahami modul ini

Contoh soal gerak lurus berubah beraturan

1. Sebuah benda pada mulanya diam bergerak dengan percepatan tetap sebesar 4 m/s^2 . Tentukan kelajuan dan jarak tempuh setelah 10 sekon.

Pembahasan

(a) Kelajuan

Percepatan 4 m/s^2 artinya laju benda bertambah 4 m/s setiap 1 sekon. Setelah 2 sekon, kelajuan benda menjadi 8 m/s . Setelah 10 sekon, kelajuan benda menjadi 40 m/s .

(b) Jarak tempuh

Kelajuan awal (v_0) = 0

Kelajuan akhir (v_t) = 40 m/s

$a = 4 \text{ m/s}^2$

Jarak tempuh :

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + \frac{1}{2} (4)(10^2) = (2)(100) = 200 \text{ meter}$$

2. Mobil pada mulanya bergerak dengan kecepatan 40 m/s mengalami perlambatan tetap sebesar 4 m/s^2 . Tentukan kelajuan dan jarak tempuh mobil setelah mengalami perlambatan selama 10 sekon.

Pembahasan

Diketahui :

Kelajuan awal (v_0) = 40 m/s

Percepatan (a) = -4 m/s^2

Selang waktu (t) = 10 sekon

Ditanya : kelajuan (v_t) dan jarak (s) setelah perlambatan selama 10 sekon

Jawab :

(a) Kelajuan akhir

$$v_t = v_0 + a t = 40 + (-4)(10) = 40 - 40 = 0 \text{ m/s}$$

Setelah perlambatan selama 10 sekon, kelajuan mobil berubah menjadi 0 atau mobil

berhenti.

(b) Jarak tempuh

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = (40)(10) + \frac{1}{2} (-4)(10^2) = 400 + (-2)(100) = 400 - 200 = 200 \text{ meter}$$

Jarak tempuh mobil setelah perlambatan selama 10 sekon hingga berhenti adalah 200 meter.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[2.3 Gerak Melingkar]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

2.3 Materi Pokok: Gerak Meligkar

a. Kompetensi Inti.

Menguasai standar kompetensi dan kompetensi dasar mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Kreatif dan inovatif dalam penerapan dan pengembangan bidang ilmu fisika dan ilmu-ilmu yang terkait

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Merencanakan ide/gagasan terkait gerak melingkar (misalnya pada hubungan roda-roda)

Besaran-Besaran dalam Gerak Melingkar

Besaran-besaran dalam gerak melingkar beraturan adalah periode (T), frekuensi (f), kecepatan linier (v), kecepatan sudut atau kecepatan anguler (ω) dan percepatan sentripetal (a_s). Gerak melingkar beraturan (GMB) merupakan gerak suatu benda yang menempuh lintasan melingkar dengan besar kecepatan tetap. Kecepatan pada GMB besarnya selalu tetap, namun arahnya selalu berubah, dan arah kecepatan selalu menyinggung lingkaran. Artinya, arah kecepatan (v) selalu tegak lurus dengan garis yang ditarik melalui pusat lingkaran ke titik tangkap vektor kecepatan pada saat itu.

Besaran-Besaran Dalam Gerak Melingkar

1. Periode (T) dan Frekuensi (f)

Waktu yang dibutuhkan suatu benda yang bergerak melingkar untuk melakukan satu putaran penuh disebut periode. Pada umumnya periode diberi notasi T . Satuan SI periode adalah sekon (s). Banyaknya jumlah putaran yang ditempuh oleh suatu benda yang bergerak melingkar dalam selang waktu satu sekon disebut frekuensi. Satuan frekuensi dalam SI adalah putaran per sekon atau hertz (Hz). Hubungan antara periode dan frekuensi adalah sebagai berikut.

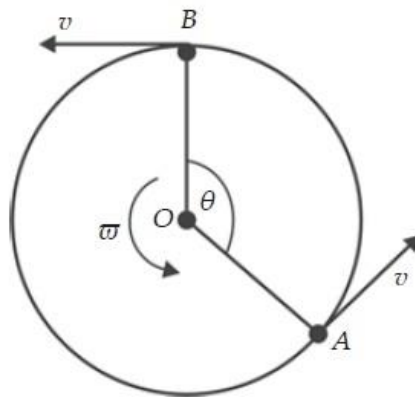
$$T = \frac{1}{f}$$

Keterangan:

T : periode (s)

f : frekuensi (Hz)

2. Kecepatan Linear



Gambar 1. Benda bergerak melingkar

Misalkan sebuah benda melakukan gerak melingkar beraturan dengan arah gerak berlawanan arah jarum jam dan berawal dari titik A. Selang waktu yang dibutuhkan benda untuk menempuh satu putaran adalah T . Pada satu putaran, benda telah menempuh lintasan linear sepanjang satu keliling lingkaran ($2\pi r$), dengan r adalah jarak benda dengan pusat lingkaran (O) atau jari-jari lingkaran. Kecepatan linear (v) merupakan hasil bagi panjang lintasan linear yang ditempuh benda dengan selang waktu tempuhnya. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

Kita ketahui bahwa $T = \frac{1}{f}$, maka persamaan kecepatan linear dapat ditulis

$$v = 2\pi rf$$

3. Kecepatan Sudut (Kecepatan Angular)

Sebelum mempelajari kecepatan sudut kita pahami dulu tentang radian. Satuan perpindahan sudut bidang datar dalam SI adalah radian (rad). Nilai radian adalah perbandingan antara jarak linear yang ditempuh benda dengan jari-jari lingkaran. Karena satuan sudut yang biasa digunakan adalah derajat, maka perlu kita konversikan satuan sudut radian dengan derajat. Kita ketahui bahwa keliling lingkaran adalah $2\pi r$. Misalkan sudut pusat satu lingkaran adalah θ , maka sudut pusat disebut 1 rad jika busur yang ditempuh sama dengan jari-jarinya. Persamaan matematisnya adalah $\theta = 2\pi r/r \text{ rad} \Leftrightarrow \vartheta = 2\pi \text{ rad}$. Karena 2π sama dengan 360° maka besarnya sudut dalam satu radian adalah sebagai berikut.

$$2\pi \text{ rad} = 360^\circ$$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{360^\circ}{2 \times 3,14} = 57,3^\circ$$

Dalam selang waktu Δt , benda telah menempuh lintasan sepanjang busur AB, dan sudut sebesar $\Delta\vartheta$. Oleh karena itu, kecepatan sudut merupakan besar sudut yang ditempuh tiap satu satuan waktu. Satuan kecepatan sudut adalah rad s⁻¹. Selain itu, satuan lain yang sering digunakan untuk menentukan kecepatan pada sebuah mesin adalah rpm, singkatan dari rotation per minutes (rotasi per menit).

Karena selang waktu untuk menempuh satu putaran adalah T dan dalam satu putaran sudut yang ditempuh benda adalah 360° (2π), maka persamaan kecepatan sudutnya adalah $\omega = 2\pi/T$

Kita ketahui bahwa $T = 1/f$ atau $f = 1/T$, sehingga persamaan kecepatan sudutnya (ω) menjadi sebagai berikut.

$$\omega = 2\pi f$$

Keterangan:

ω : kecepatan sudut (rad s⁻¹)

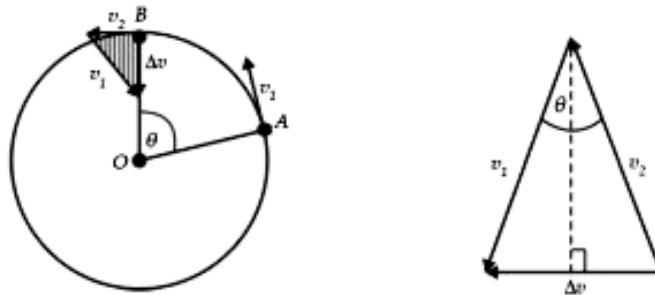
f : frekuensi (Hz)

T : periode (s)

4. Percepatan Sentripetal

Benda yang melakukan gerak melingkar beraturan memiliki percepatan yang disebut dengan percepatan sentripetal. Arah percepatan ini selalu menuju ke arah pusat lingkaran. Percepatan sentripetal berfungsi untuk mengubah arah kecepatan.

Pada gerak lurus, benda yang mengalami percepatan pasti mengakibatkan berubahnya kelajuan benda tersebut. Hal ini terjadi karena pada gerak lurus arahnya tetap. Untuk benda yang melakukan gerak melingkar beraturan, benda yang mengalami percepatan kelajuannya tetap tetapi arahnya yang berubah-ubah setiap saat. Jadi, perubahan percepatan pada GMB bukan mengakibatkan kelajuannya bertambah tetapi mengakibatkan arahnya berubah. Ingat, percepatan merupakan besaran vektor (memiliki besar dan arah).



Gambar 2. Percepatan sentripetal.

Percepatan sentripetal dapat ditentukan dengan penguraian arah kecepatan.

Karena pada GMB besarnya kecepatan tetap, maka segitiga yang diarsir merupakan segitiga sama kaki. Kecepatan rata-rata dan selang waktu yang dibutuhkan untuk menempuh panjang busur AB (r) dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$\frac{\frac{1}{2}\Delta v}{v} = \sin \frac{1}{2}\theta \Rightarrow \Delta v = 2v \sin \frac{1}{2}\theta$$

$$r\theta = v \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = r\theta/v$$

Jika kecepatan rata-rata dan selang waktu yang digunakan telah diperoleh, maka percepatan sentripetalnya adalah sebagai berikut.

$$a_s = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2v \sin \frac{1}{2}\theta}{r\theta/v} = \frac{v^2}{r} \frac{\sin \frac{1}{2}\theta}{\frac{1}{2}\theta}$$

Jika mendekati nol, maka persamaan percepatannya menjadi seperti berikut.

$$a_s = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v^2}{r} \frac{\sin \frac{1}{2}\theta}{\frac{1}{2}\theta} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\sin \frac{1}{2}\theta}{\frac{1}{2}\theta}$$

Karena $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\sin \frac{1}{2}\theta}{\frac{1}{2}\theta} = 1$, maka

$$a_s = \frac{v^2}{r}$$

Karena $v = r\omega$, maka bentuk lain persamaan di atas adalah $a_s = \omega^2 r$. Jadi, untuk benda yang melakukan GMB, percepatan sentripetalnya (a_s) dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$a_s = \frac{v^2}{r} \text{ atau } a_s = \omega^2 r$$

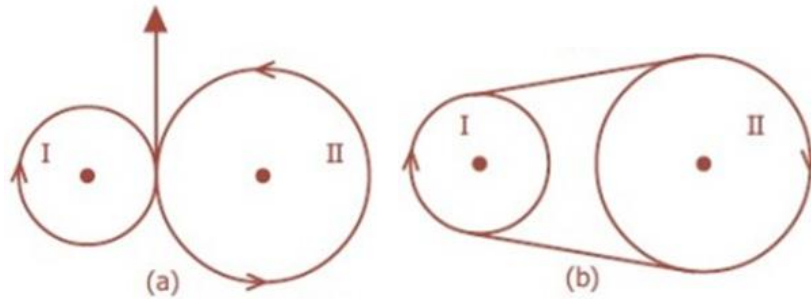
5. Hubungan Roda-Roda Pada Gerak Melingkar

Hubungan roda-roda pada gerak melingkar dapat kita jumpai pada sistem gerigi pada mesin. Gir transmisi pada mesin kendaraan bermotor atau sistem transmisi mesin menggunakan sabuk adalah salah satu contoh penerapan ilmu fisika tentang hubungan roda-roda pada gerak melingkar.

Gerak melingkar dapat kita analogikan sebagai gerak roda sepeda, sistem gir pada mesin, atau katrol. Pada dasarnya ada tiga macam hubungan roda-roda. Hubungan tersebut adalah hubungan antardua roda sepusat, bersinggungan, dan dihubungkan memakai sabuk (tali atau rantai).

Hubungan Roda-Roda Pada Gerak Melingkar

Gerak melingkar dapat dipindahkan dari sebuah benda berbentuk lingkaran ke benda lain yang juga berbentuk lingkaran, misalnya antara gir dengan roda pada sepeda, gir pada mesin-mesin kendaraan bermotor, dan sebagainya. Hubungan roda-roda pada gerak melingkar dapat berupa sistem langsung yaitu dengan memakai roda-roda gigi atau roda-roda gesek, atau sistem tak langsung, yaitu dengan memakai streng/rantai/pita.



Hubungan roda-roda, (a) sistem langsung, dan (b) sistem tak langsung

Pada Gambar diatas menunjukkan roda I berputar atau bergerak melingkar beraturan hingga roda II mengikutinya bergerak melingkar beraturan. Hubungan roda-roda pada gerak melingkar, baik memakai sistem langsung atau tak langsung, kecepatan linier (v) roda tersebut baik roda I dan II adalah sama, tetapi kecepatan sudutnya (ω) berlainan. Dengan demikian dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v_1 = v_2$$

$$\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2$$

dengan:

v_1 = kecepatan linier roda I (m/s)

v_2 = kecepatan linier roda II (m/s)

ω_1 = kecepatan sudut roda I (rad/s)

ω_2 = kecepatan sudut roda II (rad/s)

R_1 = jari-jari roda I (m)

R_2 = jari-jari roda II (m)

Contoh soal:

Sebuah benda bermassa 200 gram di ikat dengan tali ringan kemudian diputar secara horizontal dengan kecepatan sudut tetap 5 rad/s seperti gambar berikut. jika panjang tali $l = 60$ cm, maka besar gaya sentripeal yang bekerja pada benda adalah...

- A. 0,3 N
- B. 0,6 N
- C. 3 N
- D. 6 N

Pembahasan:

Diketahui:

$$m = 200 \text{ gram} = 0,2 \text{ kg}$$

$$\omega = 5 \text{ rad/s}$$

$$r = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

Ditanya: $F_s = \dots$

Jawab:

Menghitung v :

$$V = \omega r = 5 \text{ rad/s} \cdot 0,6 \text{ m} = 3 \text{ m/s}$$

Menghitung F_s :

$$F_s = mv^2/r = 0,2 \text{ kg} (3 \text{ m/s}^2)/0,6 \text{ m}$$

$$F_s = 0,2 \text{ kg} \times 15 \text{ m/s}^2 = 3 \text{ N}$$

Jadi jawaban: C

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[3.1 Materi Fisika Esensial]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

3.1 Materi Pokok: Materi Fisika Esensial (Viskositas)

a. Kompetensi Inti.

Mengembangkan materi pembelajaran yang diampu secara kreatif

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Memilih materi pembelajaran Fisika sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Merencanakan materi sajian pembelajaran Fisika yg sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik

Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan di dalam fluida. Makin besar viskositas suatu fluida, maka makin sulit suatu fluida mengalir dan makin sulit suatu benda bergerak di dalam fluida tersebut. Di dalam zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair. Sedangkan dalam gas, viskositas timbul sebagai akibat tumbukan antara molekul gas.

Viskositas atau Kekentalan Zat Cair

Viskositas zat cair dapat ditentukan secara kuantitatif dengan besaran yang disebut koefisien viskositas (η). Satuan SI untuk koefisien viskositas adalah Ns/m^2 atau pascal sekon (Pa s). Ketika kita berbicara viskositas kita berbicara tentang fluida sejati. Fluida ideal tidak mempunyai koefisien viskositas.

Apabila suatu benda bergerak dengan kelajuan v dalam suatu fluida kental yang koefisien viskositasnya η , maka benda tersebut akan mengalami gaya gesekan fluida sebesar $F_s = k\eta v$, dengan k adalah konstanta yang bergantung pada bentuk geometris benda. Berdasarkan perhitungan laboratorium, pada tahun 1845, Sir George Stokes menunjukkan

bahwa untuk benda yang bentuk geometrisnya berupa bola nilai $k = 6\pi r$. Bila nilai k dimasukkan ke dalam persamaan, maka diperoleh persamaan seperti berikut.

$$F_s = 6\pi \eta r v$$

Persamaan di atas selanjutnya dikenal sebagai hukum Stokes.

Keterangan:

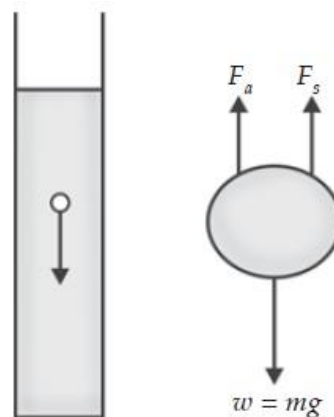
F_s : gaya gesekan stokes (N)

η : koefisien viskositas fluida (Pa s)

r : jari-jari bola (m)

v : kelajuan bola (m/s)

Perhatikan sebuah bola yang jatuh dalam fluida pada gambar dibawah. Gaya-gaya yang bekerja pada bola adalah gaya berat w , gaya apung F_a , dan gaya lambat akibat viskositas atau gaya stokes F_s . Ketika dijatuhkan, bola bergerak dipercepat. Namun, ketika kecepatannya bertambah, gaya stokes juga bertambah. Akibatnya, pada suatu saat bola mencapai keadaan seimbang sehingga bergerak dengan kecepatan konstan yang disebut kecepatan terminal.



Gambar 1. Gaya-gaya yang bekerja pada benda yang bergerak dalam fluida

Pada kecepatan terminal, resultan yang bekerja pada bola sama dengan nol. Misalnya sumbu vertikal ke atas sebagai sumbu positif, maka pada saat kecepatan terminal tercapai berlaku persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
\Sigma F &= 0 \\
F_a + F_s &= w \\
\rho_f V_b g + 6\pi\eta r v_T &= \rho_b V_b g \\
6\pi\eta r v_T &= \rho_b V_b g - \rho_f V_b g \\
6\pi\eta r v_T &= g V_b (\rho_b - \rho_f) \\
v_T &= \frac{g V_b (\rho_b - \rho_f)}{6\pi\eta r}
\end{aligned}$$

Untuk benda berbentuk bola seperti pada gambar diatas, maka persamaannya menjadi seperti berikut.

$$v_T = \frac{g \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right) (\rho_b - \rho_f)}{6\pi\eta r} = \frac{9 R^2 g}{2 \eta} (\rho_b - \rho_f)$$

Keterangan:

v_T : kecepatan terminal (m/s)

η : koefisien viskositas fluida (Pa s)

R : jari-jari bola (m)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

ρ_b : massa jenis bola (kg/m³)

ρ_f : massa jenis fluida (kg/m³)

Viskositas Fluida

Untuk viskositas beberapa fluida dapat kita lihat pada tabel berikut!

Tabel 1. Daftar viskositas beberapa fluida

Fluida Viskositas	N s/m ²
Air (0° C)	$1,79 \times 10^{-3}$
Air (20° C)	$1,00 \times 10^{-3}$
Air (100° C)	$0,28 \times 10^{-3}$
Darah (37° C)	$4,0 \times 10^{-3}$
Oli motor (0° C)	110×10^{-3}
Udara (0° C)	$0,017 \times 10^{-3}$
CO ₂ (20° C)	$0,014 \times 10^{-3}$
Gliserin	1,5

Pada tabel diatas terlihat bahwa air, udara, dan alkohol mempunyai koefisien kecil sekali dibandingkan dengan gliserin. Oleh karena itu, dalam perhitungan sering diabaikan. Berdasarkan eksperimen juga diperoleh bahwa koefisien viskositas tergantung suhu. Pada kebanyakan fluida makin tinggi suhu makin rendah koefisien viskositasnya. Itu sebabnya di musim dingin oli mesin menjadi kental sehingga kadang-kadang mesin sukar dihidupkan karena terjadi efek viskositas pada oli mesin.

Contoh soal:

Soal No. 1

Sebuah kelereng dengan jari-jari 0,5 cm jatuh ke dalam bak berisi oli yang memiliki koefisien viskositas $110 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$. Tentukan besar gesekan yang dialami kelereng jika bergerak dengan kelajuan 5 m/s!

Pembahasan

Data:

$$r = 0,5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\eta = 110 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

$$F_f = \dots$$

Benda yang bergerak dalam fluida akan mengalami gesekan. Besar gesekan yang terjadi jika benda bentuknya BOLA dirumuskan:

$$F_f = 6\pi r \eta v$$

dimana

F_f = gaya gesekan di dalam fluida

η = koefisien viskositas fluida

r = jari-jari benda

v = kecepatan gerak benda

sehingga besarnya gesekan

$$\begin{aligned}
 F_f &= 6\pi(5 \times 10^{-3})(110 \times 10^{-3})(5) \\
 &= 6\pi(5 \times 10^{-3})(110 \times 10^{-3})(5) \\
 &= 16500\pi \times 10^{-6} = 1,65\pi \times 10^{-2} \text{ N}
 \end{aligned}$$

Soal No. 2

Sebuah gotri yang berjari-jari $5,5 \times 10^{-3} \text{ m}$ terjatuh ke dalam oli yang memiliki massa jenis 800 kg/m^3 dan koefisien viskositasnya $110 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$. Jika massa jenis gotri 2700 kg/m^3 , tentukan kecepatan terbesar yang dapat dicapai gotri dalam fluida!

Pembahasan

Data:

Bendanya gotri, berbentuk bola.

$$r = 5,5 \times 10^{-3}$$

$$\rho_b = 2700 \text{ kg/m}^3$$

Fluidanya oli.

$$\rho_f = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 110 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

$$v_T = \dots?$$

Kecepatan terbesar yang dicapai gotri dalam fluida dinamakan kecepatan terminal atau v_T . Rumus kecepatan terminal untuk benda berbentuk bola:

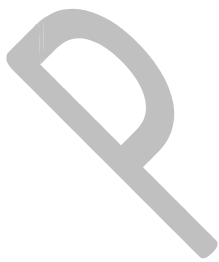
$$v_T = \frac{2r^2g}{9\eta}(\rho_b - \rho_f)$$

sehingga:

$$\begin{aligned}
 v_T &= \frac{2(5,5 \times 10^{-3})^2(10)}{9 \times 110 \times 10^{-3}}(2700 - 800) \\
 &= \frac{2 \times 30,25 \times 10^{-5}}{990 \times 10^{-3}}(1900) \\
 &= 116,2 \times 10^{-2} = 1,16 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[3.2 Aplikasi Cermin Cekung]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

3.2 Materi Pokok: Aplikasi Cermin Cekung

a. Kompetensi Inti.

Mengembangkan materi pembelajaran yang diampu secara kreatif

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Mengolah materi pelajaran Fisika secara kreatif sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menerapkan prinsip pemantulan pada cermin cekung untuk pembuatan kompor matahari

MEMBUAT KOMPOR SURYA

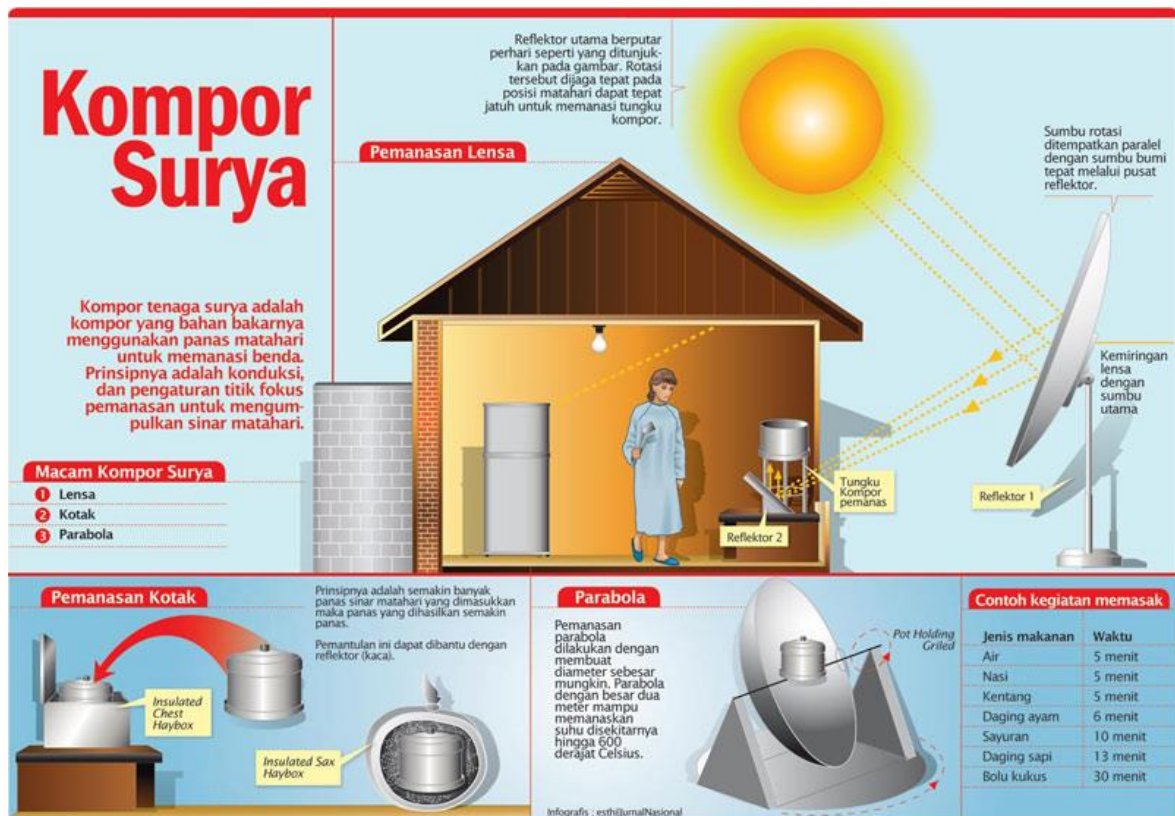
Tujuan Percobaan

Setelah melakukan percobaan ini diharapkan siswa dapat:

1. Merangkai alat percobaan kompor surya sederhana berdasarkan alat dan bahan yang telah disiapkan.
2. Mengamati perubahan energi cahaya menjadi energi panas melalui perubahan suhu yang teramati pada termometer.
3. Mendiskusikan contoh pemanfaatan perubahan energi cahaya menjadi energi matahari dalam kehidupan sehari-hari.

Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak pada garis khatulistiwa. Itu artinya negara kita memiliki kelimpahan sinar matahari yang berlebih dibandingkan negara lainnya. Hal ini bisa kita manfaatkan. Salah satunya dengan memanfaatkan sinar matahari untuk memasak. Ya betul, kita bisa membuat kompor matahari/surya yang murah.



Gambar 1. Contoh pemanfaatan dan pembuatan kompor matahari.

(sumber: http://fplh.files.wordpress.com/2007/12/teknologi_kompur-surya-0709.jpg)

Alat yang Diperlukan

No.	Nama Alat	Jumlah
1	Cermin cekung besar atau bisa diganti parabola yang sudah dicat krom/silver	1 buah
2	Penumpu bentuk A (yang bisa diputar agar lebih efektif)	2 buah
3	Penumpu wajan (yang bisa diputar agar lebih efektif)	1 buah
4	Alat masak (wajan, panic, dll)	1 buah
5	Termometer	1 buah

Langkah-langkah Percobaan

1. Siapkan alat-alat percobaan sesuai daftar.
2. Susun peralatan seperti pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Rangkaian alat kompor surya sederhana

3. Arahkan cermin cekung besar ke arah sinar matahari
4. Untuk mengecek kualitas dari kompor surya yang kamu buat. Isilah panci dengan air yang bersih sebanyak 1000 mL. Letakkan di penumpu wajan.
5. Perhatikan perubahan suhu yang terjadi pada air pada setiap detiknya.
6. Hitung waktu yang diperlukan agar air dapat mendidih. Jika waktu yang kamu perlukan agar air dapat mendidih kurang dari 20 menit maka kompor surya yang kamu buat cukup baik dan dapat digunakan.

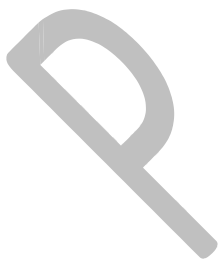
Catatan:

Hal-hal yang mempengaruhi kualitas kompor surya yang kamu buat:

1. Luas permukaan cermin cekung. Semakin luas ($A_{bola} = 4\pi R^2$) berarti jari-jari kelengkungan makin besar, sehingga sinar matahari yang dapat dipantulkan ke titik fokus semakin banyak, akan menghasilkan panas yang makin tinggi.
2. Pengecetan parabola. Semakin sempurna warna catnya maka semakin bagus hasil pemantulan sinar mentarinya
3. Kualitas sinar matahari.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017
MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN
[FISIKA]

[4.1 e-Learning dan
4.2 TIK dalam Pembelajaran
Fisika]



[Susilo]

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT
JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

4.1. e-Learning

4.2. Pemanfaatan TIK dalam Pembelajaran Fisika

Pendahuluan

Pendidikan merupakan proses sistematis untuk meningkatkan harkat dan martabat manusia secara menyeluruh, yang memungkinkan ketiga dimensi kemanusiaan yaitu (i) afektif yang tercermin pada kualitas keimanan, ketaqwaan, akhlak mulia termasuk budi pekerti luhur serta kepribadian unggul dan kompetensi estetis; (ii) kognitif yang tercermin pada kapasitas pikir dan daya intelektualitas untuk menggali dan mengembangkan serta menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi; dan (iii) psikomotorik yang tercermin pada kemampuan mengembangkan keterampilan teknis, kecakapan praktis, dan kompetensi kinestetis dapat berkembang secara optimal.

Pada tahun 2009 *Programme for International Student Assessment* (PISA) melakukan penelitian mengenai kemampuan siswa usia 15 tahun dalam hal membaca, matematika, dan ilmu pengetahuan alam di beberapa negara di dunia. Dalam kategori sains, Indonesia berada di peringkat 62 (skor 402) dari 74 negara, terpaut cukup jauh dengan negara tetangga, Singapura yang menempati peringkat 5 (skor 526).

Pentingnya Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Pembelajaran

Menyadari kondisi dunia pendidikan Indonesia yang masih tertinggal, perlu ditempuh berbagai upaya guna meningkatkan kualitas proses pembelajaran di Indonesia sehingga dapat mensejajarkan diri dengan negara-negara lain di dunia. Seiring dengan perkembangan teknologi yang sangat cepat sekarang ini, salah satu cara untuk memajukan dunia pendidikan Indonesia yaitu dengan memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah *Information Communication and Technology* (ICT). Timbul pertanyaan, mengapa menggunakan Teknologi Informasi dan Komunikasi? Hal tersebut sebagian besar berkaca kepada fakta dan pengalaman yang terjadi di negara-negara maju, bahwa dengan memanfaatkan TIK dalam penyelenggaraan pendidikan telah terbukti mampu mendorong dan meningkatkan kualitas pendidikan.

Adapun pengertian teknologi pembelajaran antara lain dikemukakan oleh *Association for Educational Communications Technology* (AECT) 1963: Komunikasi audio-visual adalah cabang dari teori dan praktek pendidikan yang terutama berkepentingan mendesain, dan menggunakan pesan guna mengendalikan proses belajar, mencakup kegiatan : (a) mempelajari kelemahan dan kelebihan suatu pesan dalam proses belajar; (b) penstrukturan dan sistematisasi oleh orang maupun instrumen dalam lingkungan pendidikan, meliputi : perencanaan, produksi, pemilihan, manajemen dan pemanfaatan dari komponen maupun keseluruhan sistem pembelajaran. Tujuan praktisnya adalah pemanfaatan tiap metode dan medium komunikasi secara efektif untuk membantu pengembangan potensi pembelajar secara maksimal. Definisi yang lebih baru dari *Association for Educational Communication and Technology* (AECT) 1994: Teknologi pembelajaran adalah teori dan praktek dalam desain, pengembangan, pemakaian, manajemen, dan evaluasi tentang proses dan sumber belajar.

Definisi oleh *Commission on Instruction Technology* (CIT) 1970: Dalam pengertian yang lebih umum, teknologi pembelajaran diartikan sebagai media yang lahir sebagai akibat revolusi komunikasi yang dapat digunakan untuk keperluan pembelajaran di samping guru, buku teks, dan papan tulis, bagian yang membentuk teknologi pembelajaran adalah televisi, film, OHP, komputer dan bagian perangkat keras maupun lunak lainnya.

Perkembangan TIK telah memberikan pengaruh terhadap dunia pendidikan khususnya dalam proses pembelajaran. Menurut Rosenberg (2001) dalam Surya (2006) setidaknya ada lima pergeseran dalam proses pembelajaran yaitu: (1) dari pelatihan ke penampilan, (2) dari ruang kelas ke di mana dan kapan saja, (3) dari kertas ke "online" atau saluran, (4) fasilitas fisik ke fasilitas jaringan kerja, (5) dari waktu siklus ke waktu nyata. Interaksi antara guru dan siswa tidak hanya dilakukan melalui hubungan tatap muka tetapi juga dilakukan dengan menggunakan media-media tersebut. Guru dapat memperoleh informasi dalam lingkup yang luas dari berbagai sumber melalui *cyber space* atau ruang maya dengan menggunakan komputer atau internet.

Pentingnya pembelajaran dengan memanfaatkan TIK didasari pendapat para pakar yang mengamati kecenderungan peserta didik menyerap materi pelajaran. Para peneliti menemukan bahwa ada berbagai cara peserta didik dalam memproses informasi belajar

yang bersifat unik. Sebagian siswa lebih mudah memproses informasi melalui suara (auditorial) dan sebagian lagi lebih mudah memproses informasi belajar dengan cara melakukan sentuhan/praktek langsung atau kinestetik (Bobby DePorter & Mike Hernacki, 1999).

Efektifitas belajar sangat dipengaruhi gaya belajar dan bagaimana belajar. Dalam kaitan proses pembelajaran melalui audio visual, dikenal pengembangan domain dan sub domain teknologi audio-visual memanfaatkan TIK yaitu cara-cara untuk memproduksi atau menyebarkan materi dengan menggunakan mesin mekanis atau elektronis untuk menyajikan pesan auditori dan visual. Ciri-ciri teknologi ini: bersifat linear, menyajikan visual dinamis, digunakan dalam cara yang sudah ditentukan oleh desainer atau developer, cenderung menyajikan konsep real dan abstrak secara fisik, dikembangkan menurut prinsip psikologi behaviorial dan psikologi kognitif, dan sering berpusat pada guru dan tidak banyak melibatkan kegiatan pembelajar secara interaktif.

Ruang Lingkup Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Pembelajaran

Seiring dengan perubahan teknologi dan informasi yang demikian cepat dewasa ini, para penyelenggara pendidikan perlu mempersiapkan peserta didik untuk memasuki era globalisasi yang penuh peluang sekaligus tantangan. Dalam persaingan global nantinya, peserta didik perlu dibekali berbagai kemampuan (*skill*) dan kecakapan (*literacy*) yang terdiri atas 9 (sembilan) kemampuan dan kecakapan pokok yaitu : kemampuan interpersonal/berinteraksi sosial, kemampuan bernalar, kecakapan menyerap informasi/digital, kemampuan berpikir kritis dan kreatif, kemampuan berkomunikasi, kemampuan dasar, kemampuan teknologi, kemampuan memecahkan masalah, dan kecakapan berbahasa asing. Terkait pemanfaatan TIK dalam pembelajaran, ada dua kecakapan yang perlu dikuasai peserta didik yaitu kecakapan menyerap informasi dalam bentuk digital, dan kecakapan memanfaatkan teknologi. Dua kemampuan ini menjadi prasyarat utama yang harus ada pada peserta didik agar mampu mengikuti pembelajaran berbasis TIK secara efektif dan lancar.

Ruang lingkup penggunaan TIK/ICT dalam pembelajaran pada prinsipnya terbagi menjadi dua yaitu: konstruksional dan informasional (Rogers, 2011). Yang dimaksud penggunaan

TIK secara konstruksional adalah penggunaan perangkat lunak untuk memproses informasi. TIK berperan sebagai alat guna membentuk informasi dan pemahaman baru meliputi: pemrosesan data, pencatatan data, pemodelan, simulasi, dan pengambilan gambar bergerak. Sedangkan penggunaan TIK secara informasional adalah perangkat lunak untuk menampilkan informasi. TIK memfasilitasi metode baru dalam mencari dan memperoleh berbagai informasi yang tersedia melalui: internet, multimedia, visualisasi, tutorial dan instruksi.

Agar implementasi teknologi tersebut sinkron dengan pembelajaran, maka teknologi dimaksud sekiranya perlu diintegrasikan ke dalam sistem pembelajaran melalui tahapan-tahapan sebagai berikut: (1) menentukan manfaat relatif, (2) menetapkan tujuan dan penilaian, (3) merancang strategi integrasi, (4) menyiapkan kondisi instruksional, dan (5) evaluasi dan perbaikan strategi integrasi.

Teknologi sebagai alat sebetulnya beranjak dari paradigma pendidikan yang telah mulai berubah memasuki abad ke-21. Pada awalnya, paradigma pembelajaran lama yang disebut *instructional paradigm*, menekankan pada penyampaian materi. Paradigma baru pembelajaran yang berkembang saat ini sebagai penyempurnaan paradigma lama, yaitu *learning paradigm* dimana menekankan pada pembelajaran dengan pemahaman.

Melalui pemanfaatan teknologi, pemahaman peserta didik akan materi dalam proses pembelajaran diharapkan semakin meningkat. Senada dengan paradigma pembelajaran yang lebih menekankan pemahaman, Herbert Simon pemenang Nobel Ekonomi tahun 1978 menyatakan pada masa sekarang arti dari “mengetahui” telah bergeser dari mampu mengulangi dan mengingat informasi menjadi mampu mencari dan menggunakan informasi.

Adapun kegiatan pembelajaran dengan menggunakan komputer terbagi menjadi 2 yaitu: *Pertama* disebut dengan *Computer Based Instruction (CBI)* merupakan istilah umum untuk segala kegiatan belajar yang berbasis pada komputer, baik sebagian maupun keseluruhan. *Kedua* adalah *Computer Assisted Instruction (CAI)*, yaitu pembelajaran dengan menggunakan alat bantu komputer, seperti untuk presentasi, sebagai alat peraga dan sebagainya. Aplikasi komputer dalam pengajaran fisika, *pertama* komputer dapat

menangkap dan menampilkan data yang berasal dari dunia nyata secara cepat dan akurat.

Kedua, komputer dapat menyajikan dan menampilkan simulasi rumit. Konsep-konsep abstrak dapat ditampilkan secara nyata dimana akan sulit apabila tidak dilakukan dengan bantuan komputer. Dalam beberapa hal, komputer telah terbukti efektif membantu peserta didik membangun model mental yang handal melalui cara-cara peserta didik menyajikan dan mengontrol tampilan visual yang abstrak dari komputer tersebut.

Akhirnya, komputer dapat dijadikan alat pemodelan terutama ditujukan bagi peserta didik yang belum mengenal TIK, sehingga mereka seolah merasakan kegiatan ilmiah yang nyata daripada kegiatan biasa tanpa bantuan komputer. Jika pemodelan oleh komputer ini dikombinasikan dengan alat pengumpul data/*data logging*, peserta didik dapat mempelajari dasar-dasar sains sebagaimana model dunia nyata dan dapat dipandang bahwa peserta didik mampu melakukan kegiatan ilmiah secara mandiri.

Pemanfaatan TIK dalam Pembelajaran Fisika

Pemanfaatan TIK dalam pembelajaran fisika sedikitnya terbagi dalam dua tahapan. Tahap pertama adalah penguasaan teknologi dan literasi komputer, juga interaksi *user* dalam hal ini siswa dengan teknologi itu sendiri dan tahap selanjutnya adalah aktivitas pembelajaran yang memanfaatkan TIK baik sebagai sumber maupun sarana (*tools*) pembelajaran.

Untuk itu dalam penyajian pembelajaran di kelas, guru fisika dituntut untuk dapat berkreasi dan menciptakan suasana kelas yang menyenangkan sehingga siswa tidak menjadi takut pada pelajaran fisika, bahkan dapat mengubah *image* pelajaran fisika itu sulit, menjadi pelajaran yang disukai peserta didik. Bukan hal yang mudah bagi guru untuk membuat suasana kelas fisika menjadi kelas yang menyenangkan. Persoalannya adalah, mengupayakan agar konsep-konsep abstrak fisika ini dapat ditampilkan secara nyata sehingga peserta didik mendapatkan pengalaman baru dalam pembelajaran yang melekat di benak mereka, salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan TIK.

Telah kita pahami bahwa kadangkala kegiatan belajar mengajar (KBM) seringkali dihadapkan pada materi yang abstrak dan di luar pengalaman siswa sehari-hari, sehingga

materi ini menjadi sulit diajarkan guru dan sulit dipahami siswa. Visualisasi adalah salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengkonkritkan sesuatu yang abstrak. TIK akan dengan mudah memvisualisasikan dalam bentuk gambar bergerak (animasi) yang juga dapat ditambahkan suara.

Sajian audio visual yang dikenal dengan multimedia ini akan menjadikan visualisasi menjadi lebih menarik. Kapan multimedia dapat efektif digunakan dalam pembelajaran? Untuk menjawabnya perlu memahami level-level multimedia yang menurut Mayer (2001), mempunyai tiga level yaitu: *Level teknis*, yaitu multimedia berkaitan dengan alat-alat teknis; alat-alat ini dapat diartikan sebagai wahana yang meliputi tanda-tanda (*sign*). *Level semiotik*, yaitu representasi hasil multimedia seperti teks, gambar, grafik, tabel, dll. *Level sensorik*, yaitu yang berkaitan dengan saluran sensorik yang berfungsi untuk menerima tanda (*sign*).

Dengan memanfaatkan ketiga level di atas diharapkan dapat mengoptimalkan multimedia dan mendapatkan efektivitas pemanfaatan multimedia dalam proses pembelajaran. Dalam membuat suatu multimedia pembelajaran, tidak harus seluruh media ditampilkan. Penggunaan media yang kurang tepat justru akan mengaburkan konten yang ingin disampaikan. Pemilihan jenis media yang digunakan tergantung pada konten materi yang disajikan, karena setiap media memiliki karakteristik masing-masing. Jenis multimedia dalam pembelajaran meliputi:

1. Multimedia Presentasi

Multimedia presentasi digunakan untuk menjelaskan materi-materi yang sifatnya teoritis, digunakan dalam pembelajaran klasikal dengan kelompok belajar yang cukup banyak. Media ini cukup efektif sebab menggunakan multimedia proyektor yang memiliki jangkauan pancar cukup besar. Kelebihan media ini adalah menggabungkan semua unsur media seperti teks, video, animasi, *image*, grafik dan *sound* menjadi satu kesatuan penyajian, sehingga mengakomodasi sesuai dengan modalitas belajar siswa. Program ini dapat mengakomodasi siswa yang memiliki tipe visual, auditor maupun kinestetik (Rusman, geocities.com).

2. Multimedia Interaktif

Menurut Rusman (geocities.com) diperkuat Samsudin (2008), CD interaktif merupakan media yang bersifat interaktif dan multimedia karena terdapat unsur-unsur media secara lengkap meliputi sound, animasi, video, teks dan grafis. Beberapa model multimedia interaktif yaitu: (1) Model Drill: merupakan salah satu strategi pembelajaran yang bertujuan memberikan pengalaman belajar yang lebih konkrit melalui penciptaan tiruan-tiruan bentuk pengalaman yang mendekati suasana sebenarnya (biasanya dalam bentuk latihan soal-soal), (2) Model Tutorial: merupakan program pembelajaran dengan menggunakan perangkat lunak berupa program komputer yang berisi tujuan, materi pelajaran dan evaluasi, (3) Model Simulasi: pengajaran dengan komputer untuk simulasi pada suatu keadaan khusus, atau sistem di mana siswa dapat berinteraksi, (4) Model Games: model permainan ini dikembangkan berdasarkan atas "pembelajaran yang menyenangkan", dimana peserta didik akan dihadapkan pada beberapa petunjuk dan aturan permainan.

Adapun tujuan utama pemanfaatan TIK dalam sains (fisika) terbagi dalam empat cakupan wilayah yaitu: penanganan data, informasi, komunikasi, dan eksplorasi. Guna menunjang penggunaan TIK yang optimal perlu didukung perangkat lunak dan perangkat keras yang memadai. Kebutuhan akan peralatan pendukung dapat digolongkan menjadi 4 bagian yaitu: (1) peralatan pemasukan data dan video digital untuk menangkap data berupa gambar, (2) *spreadsheets* dan alat pembuat grafik untuk penanganan dan analisis data, (3) alat pemodelan dan simulasi termasuk animasi virtual, (4) sumber-sumber informasi seperti internet atau CD-ROMs.

Kegiatan pembelajaran fisika tidak terlepas dari penyampaian materi di dalam kelas dan kegiatan praktek yang akan semakin memperdalam penguasaan materi yang telah disampaikan di kelas. Model implementasi pemanfaatan TIK dalam pembelajaran di kelas dan aktifitas di laboratorium sedikitnya dapat digolongkan menjadi 3 yaitu : (1) MBL/CBL (*Microcomputer Based Laboratory/Calculator Based Laboratory*), (2) VBL/VBD (*Video Based Laboratory/Video Based Demonstration*), (3) SBL/ISE (*Simulation Based Laboratory/Interactive Screen Experiment*). Pada *Microcomputer Based Laboratory* (MBL) adalah penggunaan komputer yang difokuskan pada proses pencacatan data eksperimental fisika secara otomatis.

Dalam prosesnya pengambilan data menggunakan berbagai jenis sensor sehingga dapat melakukan pengukuran secara lengkap dan otomatis. Penggunaan komputer dalam *Video Based Laboratory* (VBL) difokuskan pada analisis fenomena/gejala fisika yang teramati pada rekaman video digital (sebelumnya menggunakan *photographs* atau *stroboscopic photographs*). *Simulation Based Laboratory* (SBL) merupakan kategori yang sudah cukup dikenal, yang penerapannya membuat gejala sains (fisika) melalui simulasi dengan komputer yang bertumpu pada model matematis. Kekuatan utama dalam SBL adalah kemampuannya memvariasi parameter-parameter eksperimen untuk memunculkan respon yang berbeda dari besaran-besaran fisika yang diamati.

Ada cara lain dalam memanfaatkan TIK, salah satunya dengan membuat multimedia sederhana selayaknya sebuah sajian film (*cinematografi*) untuk pembelajaran fisika. Untuk membuatnya perlu didukung kompetensi guru dalam menguasai TI. Penguasaan TI bagi guru adalah salah satu dampak dari kemajuan Teknologi Informasi pada dunia pendidikan. Sudah sepatutnya guru tidak boleh ketinggalan untuk selalu mengupdate kemampuan dalam TI, karena banyak manfaat yang didapat dari TI untuk dunia pendidikan. Salah satu manfaat tersebut adalah untuk membuat media pembelajaran berbasis TI yang dapat memvisualkan konsep fisika yang abstrak dan sulit dipahami, sehingga pelajaran Fisika menjadi mudah dipahami.

Membuat media pembelajaran fisika berbasis TI yang sederhana, hanya dibutuhkan kompetensi penguasaan power point untuk penyajian (minimal mampu menggunakan variasi *background*-teks-warna-grafik, variasi *custom animation*, menggabungkan file, *hyperlink*, navigasi, *insert picture-audio-video*, *insert file flash* dan *insert file applet*) dan koneksi internet untuk *browsing* gambar/animasi/video yang disisipkan pada power point tersebut. Software pendukung yang digunakan adalah Java Applet, Shockwave Player, Macromedia Flash, Quick Time Player dan Macromedia Breeze. Selain itu dibutuhkan pula software pendukung yang biasanya digunakan dalam *editing* foto/video seperti Ulead Video Studio, 3D Album, Xilisoft Video Converter dan Camtasia.

Dalam pembuatan media pembelajaran dituntut kreatifitas seorang guru agar media tersebut menarik untuk disajikan. Salah satu yang dapat lakukan adalah dengan membuat media yang disajikan layaknya sebuah sajian film yang menarik dan menghibur. Dalam hal

ini guru bertindak sebagai sutradara sekaligus produser sebuah film. Melalui tayangan gambar maupun ilustrasi bergerak seperti multimedia buatan sendiri tersebut, diharapkan siswa terpacu belajar dan semakin menyenangi fisika. Selain itu, tentu saja agar materi tersampaikan secara efektif dan mudah dipahami, daripada sekedar menjejali peserta didik dengan rumus-rumus “bisu” di papan tulis.

Dewasa ini telah banyak beredar perangkat lunak pendukung pembelajaran fisika yang bisa dengan mudah diperoleh di internet, baik versi gratis maupun berbayar/membeli lisensi. Tersedianya berbagai perangkat lunak yang mendukung pembelajaran fisika ini sungguh merupakan sesuatu yang sangat menguntungkan bagi para pelaku pendidikan . Ketersediaan dan kemudahan dalam mengakses dan memperoleh *software* pembelajaran fisika tersebut sudah merupakan langkah awal yang sangat baik bagi dunia pendidikan Indonesia untuk bergerak lebih maju.

Berdasarkan fungsi dan pemanfaatannya, perangkat lunak tersebut dapat dikategorikan menjadi (1) animasi fisika: MS Powerpoint, Macromedia flash, (2) Simulasi fisika: PhET, Interactive physics, (3) Analisis Video: OSP Tracker, Logger Pro, (4) pemodelan dan simulasi: MS Excel, Modellus/Easy Java Simulation (EJS), (5) Data logging: Vernier LabPro, LabQuest, (6) Analisis grafik dan data: MS Excel, OSPdatatools. Beberapa *software* lainnya yang juga sangat mendukung pemanfaatan TIK dalam pembelajaran fisika adalah: Audacity, Overtone, Scope, Microsoft Student dan Microsoft Encarta.

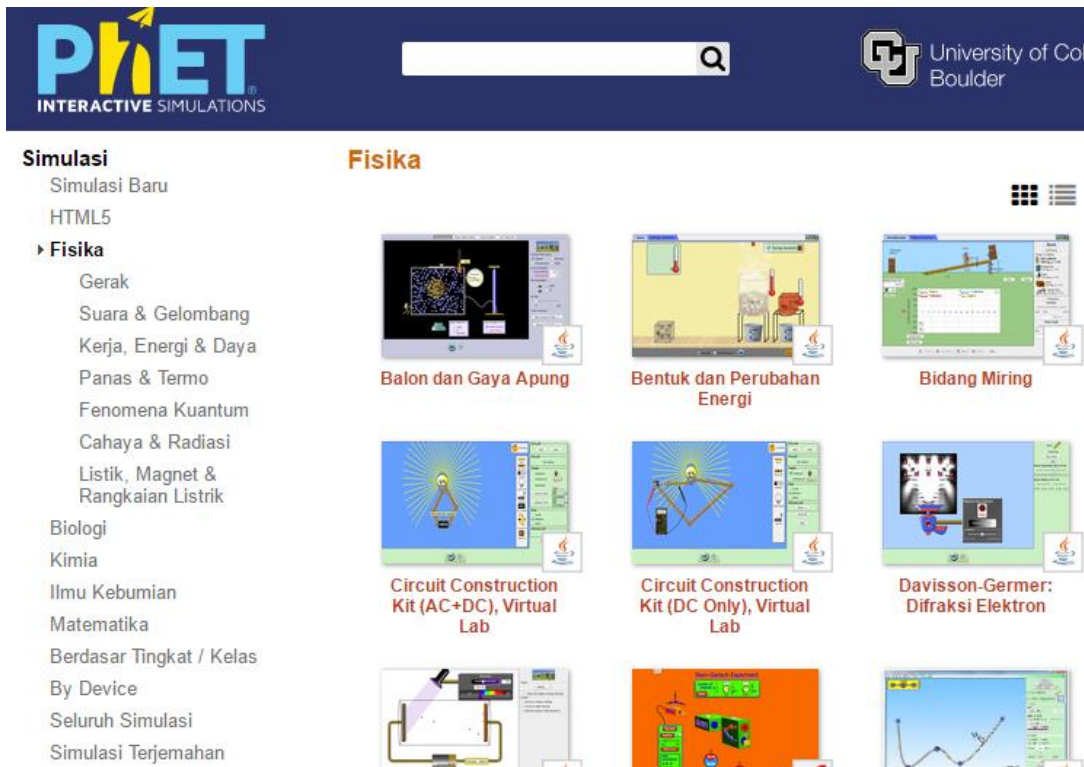
Beberapa Contoh Pemanfaatan *Software Pembelajaran Fisika*

1. *Software* pembelajaran fisika yang akan dikupas dalam makalah ini; misalnya untuk memperlihatkan secara lebih nyata kepada para siswa, materi fisika mengenai Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), tenaga pengajar dapat memanfaatkan aplikasi Modellus. *Software* ini mampu menampilkan simulasi visual dua dimensi berupa animasi yang dilengkapi tabel dan grafik. Aplikasi Modellus mampu menampilkan berbagai simulasi pembelajaran fisika dasar dari yang sederhana sampai cukup rumit, dimana membutuhkan pemahaman konseptual yang tinggi dari para siswa.

Untuk menampilkan simulasi pada aplikasi Modellus, terlebih dahulu masukkan persamaan matematis pada menu *mathematical model*. Setelah itu tambahkan

beberapa settingan agar simulasi bisa dijalankan. Peserta didik dibimbing untuk mengembangkan keterampilan ilmiah, secara mandiri membuat percobaan-percobaan visualnya sendiri. Aplikasi Modellus misalnya dapat dimanfaatkan untuk membantu Siswa kelas X SMA yang belum memahami pokok bahasan kinematika atau Hukum Newton tentang gerak dengan hanya sepiantas mendengarkan penjelasan guru di kelas. Disamping mendapatkan pengalaman belajar yang baru, Modellus mampu memvisualisasikan konsep-konsep abstrak fisika, rumus, atau persamaan matematis secara lebih nyata dan lebih mudah dicerna, sehingga siswa yang masih kebingungan tadi akhirnya memperoleh pemahaman dengan cara belajar yang baru dan interaktif.

2. Selain aplikasi Modellus, simulasi pembelajaran fisika dapat pula memanfaatkan aplikasi PhET. *Software* fisika interaktif ini dibuat oleh University of Colorado, Amerika Serikat. PhET merupakan aplikasi simulasi berbasis bahasa pemrograman Java Interface aplikasi ini cukup mirip dengan Modellus dan mampu menampilkan animasi dua dimensi dan juga grafik. PhET dapat digunakan secara *offline* maupun *online*. Pada tabs menu, pengguna dipersilahkan memilih percobaan dari berbagai bidang ilmu seperti fisika, kimia, biologi dan ilmu kebumian (geologi). Salah satu topik percobaan fisika yang terdapat dalam aplikasi PhET adalah interferensi gelombang cahaya dan suara. Percobaan tersebut dapat dijalankan dengan mengklik sub menu: cahaya dan radiasi. Pengguna dapat mendownload percobaan ini, atau mempelajarinya secara *online*. Disamping itu, PhET menyediakan fasilitas *search*, agar *user* lebih mudah mencari percobaan yang diinginkan. PhET menyediakan ratusan juta simulasi percobaan ilmiah yang sudah terupload dalam database PhET dan dapat didownload secara bebas. Tampilan Phet dapat ditunjukkan pada Gambar x.



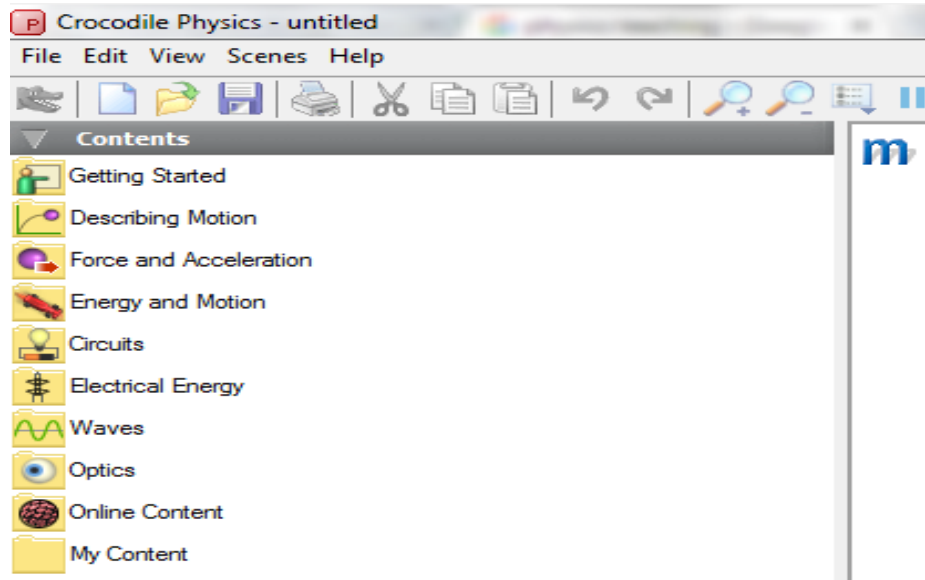
Gambar 1. Tampilan Phet

3. Situs e-learning Crocodile Physics dari MIT: <http://ocw.mit.edu>

Saat ini sudah banyak program komputer yang dapat digunakan dalam dunia pendidikan. Sehingga media komputer menjadi salah satu media yang dapat membantu siswa untuk memahami suatu materi. Salah satu software yang cukup bagus digunakan adalah crocodile-clips, dimana software ini dapat membantu sekolah yang tidak mempunyai peralatan labolatorium IPA yang lengkap. Untuk bidang fisika dapat kita gunakan Crocodile Physics.

Software simulasi fisika yang sangat menarik. Banyak sekali jenis simulasi pada software ini. Mulai dari mekanika, gelombang, optik, sampai elektronika. Banyak contoh-contoh percobaan yang sangat fundamental dalam konsep fisika.

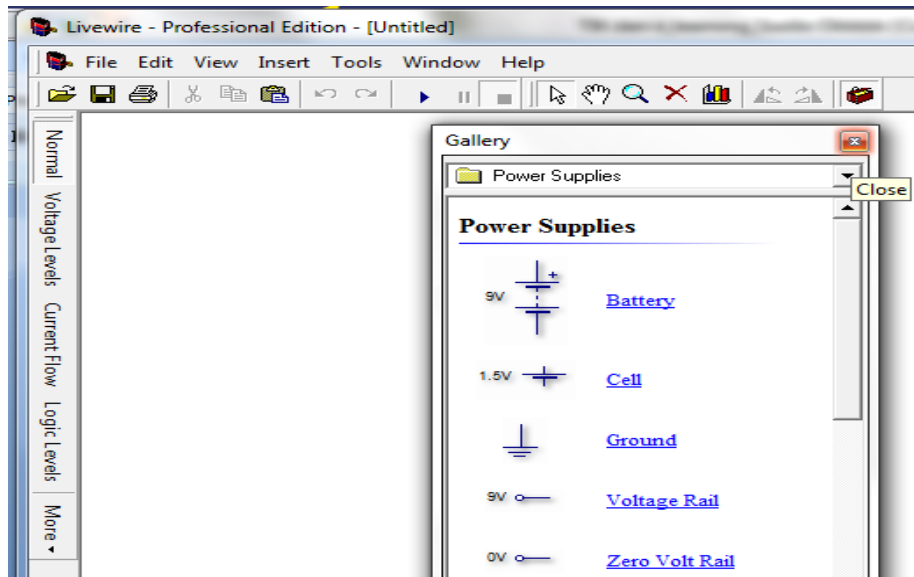
Hal ini sangat membantu para pengajar untuk menerangkan bahan ajar.



Gambar 1. Tampilan software crocodile physics

4. Software interaktif lain adalah Livewire.

LiveWIRE adalah suatu program yang merupakan suatu simulasi elektronika yang digunakan untuk merancang hingga menganalisis, ditampilkan dalam bentuk animasi dan dapat mengeluarkan bunyi untuk mempertunjukkan fungsi atau prinsip dasar dari rangkaian elektronika. Program LiveWIRE termasuk Perangkat lunak aplikasi yang merupakan suatu subkelas perangkat lunak komputer yang memanfaatkan kemampuan komputer langsung untuk melakukan suatu tugas yang diinginkan pengguna. Program simulator ini hanya berukuran sekitar 8 Mb. Secara fitur program ini kalah jauh dengan program simulator yang lain dari segi data base komponennya, namun program simulator ini cukup membantu karena terdapat tampilan alur atau arah arus mengalir, sehingga mempermudah mindset kita akan jalannya arus dalam komponen.



Gambar 2. Tampilan Livewire

5. *Software* interaktif lain yang tidak kalah menarik adalah Microsoft Encarta.

Software buatan raksasa *operating system* Microsoft Corporation ini bertajuk Ensiklopedia, merangkum berbagai topik pelajaran yang amat luas mulai sejarah, ekonomi, politik, budaya, ilmu sosial, matematika, komputer, sains, biologi, kimia, dan fisika. Tidak seperti *software* simulasi lain yang membutuhkan input persamaan matematis atau *data logging*, Microsoft Encarta sangat mudah digunakan (*easy usage*) dan tidak memerlukan input apapun.

Tampil dengan *interface* yang berwarna-warni -versi Encarta Kids- Microsoft Encarta terlihat atraktif, interaktif dan cukup mengundang ketertarikan dan minat anak khususnya siswa tingkat SD dan SMP. Pengguna cukup mengklik tabs menu yang tersedia pada halaman muka aplikasi. Pengguna bebas mengklik menu yang hendak dipelajari. Aplikasi kemudian akan menampilkan informasi berupa teks, artikel, gambar, animasi, *clips* dan video pendek dari materi yang dipilih tsb. Tampilan dan cara Microsoft Encarta mengemas materi pembelajaran sungguh menarik, interaktif dan menyenangkan, terutama bagi siswa SD yang dalam perkembangan kognitifnya masih sangat menyukai bermain sambil belajar.

Aplikasi juga menyediakan kuis trivia untuk sekedar mererefresh pikiran sambil “menguji” seberapa baik penguasaan materi *user* setelah menjelajahi aplikasi ini.

Microsoft Encarta semudah mengakses Google atau Wikipedia, bahkan pada beberapa hal memberikan informasi yang lebih terorganisasi dan terperinci. Pengguna juga dapat memanfaatkan fasilitas *search* yang terdapat pada sisi kanan atas layar. *User* cukup mengetikkan kata kunci pada menu *search* dan Microsoft Encarta akan segera menampilkan hasil pencarian dalam format yang paling relevan dengan *keywords* baik itu berupa teks, artikel, gambar, foto, animasi, suara dan sebagainya.

Memasuki abad ke-21, penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi sungguh merupakan keniscayaan suatu bangsa, dan hal tersebut harus menjadi tanggung jawab seluruh pihak. Sistem pendidikan Indonesia harus mampu mencetak generasi unggul yang siap berkompetisi di kancah global. Bangsa yang maju adalah bangsa yang menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi. Bangsa yang tidak mampu menciptakan, menyerap atau setidaknya beradaptasi dengan sains dan teknologi maka nasibnya akan menjadi pengekor, atau lebih parah lagi menjadi “budak” bangsa lain dan akhirnya tergilas oleh perubahan jaman. Untuk itulah inovasi dan penerapan sains dan teknologi harus menjadi garda terdepan dalam memajukan kehidupan di segala bidang. Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam pembelajaran adalah cara yang ampuh guna memajukan dunia pendidikan di Indonesia dan mempersiapkan peserta didik memasuki abad baru yang penuh tantangan.

Contoh Soal: