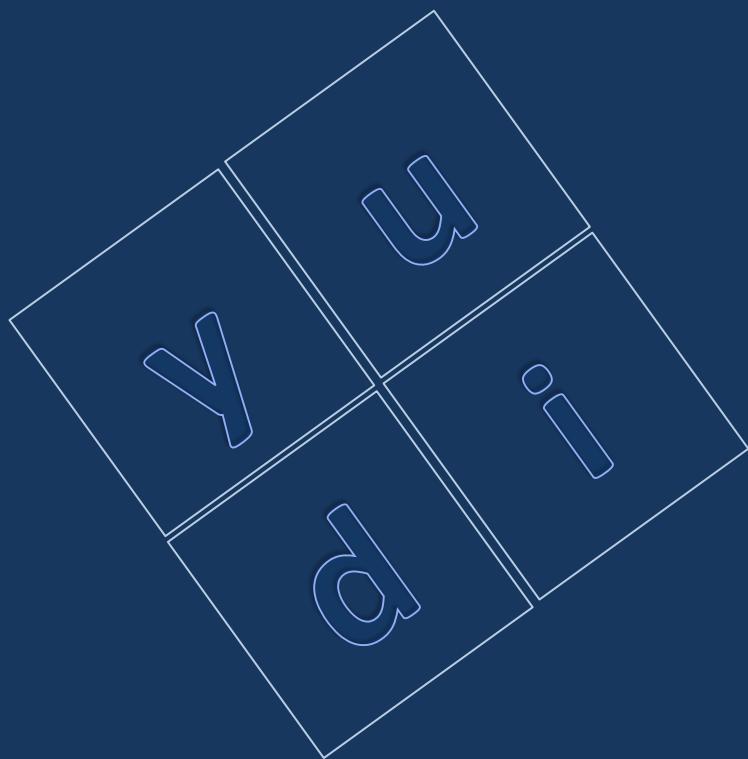


KELAS XII

LC



FISIKA
SMA KOLESE LOYOLA

MODUL – 1

STANDAR KOMPETENSI :

1. Menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang dalam menyelesaikan masalah

KOMPETENSI DASAR

- 1.1. Mendeskripsikan gejala dan ciri-ciri gelombang secara umum.

MATERI POKOK	INDIKATOR
Gejala gelombang	Peserta didik mampu menyebutkan sifat-sifat gelombang Peserta didik mampu mendeskripsikan gejala gelombang
Persamaan gelombang berjalan	Peserta didik mampu membuat persamaan gelombang berjalan dengan memahami besaran-besaran fisika yang terkait
Persamaan gelombang stasioner	Peserta didik mampu membuat persamaan gelombang stasioner Peserta didik mampu menentukan letak simpul dan perut pada gelombang stasioner



BAB – 1

GELOMBANG TRANSVERSAL

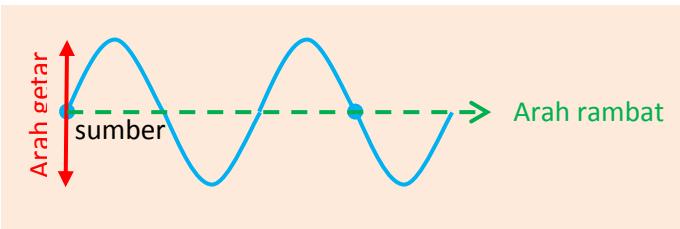
Bagaimana orang bisa *surfing*? Dengan sebilah papan, peselancar memanfaatkan energi gelombang air laut yang liar untuk bergerak.



www.surfertoday.com

A. Definisi

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatnya tegak lurus terhadap arah getar. Contoh : gelombang tali, gelombang elektromagnetik.



Gelombang berjalan adalah gelombang yang memiliki amplitudo yang sama di setiap titik gelombang. Gelombang stasioner adalah gelombang yang memiliki amplitudo berbeda-beda di tiap titik gelombang.

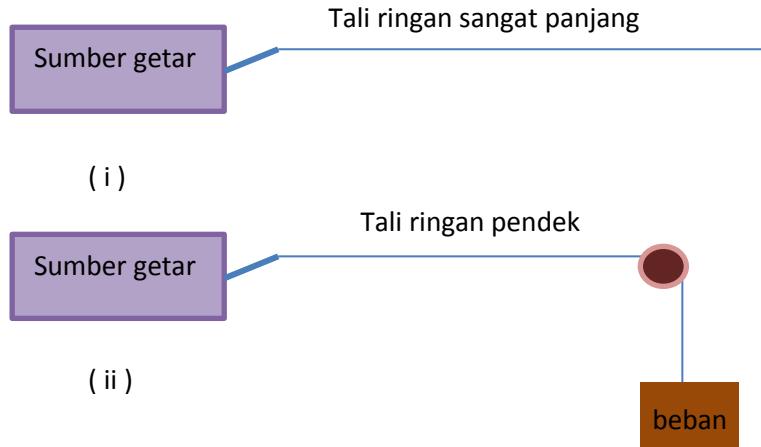
B. Klasifikasi Gelombang

Tabel 1. Ringkasan jenis-jenis gelombang

Berdasarkan pada	Jenis	
Amplitudo	Berjalan	Stasioner
Arah rambat	Transversal	Longitudinal
Medium	Mekanik	Elektromagnetik

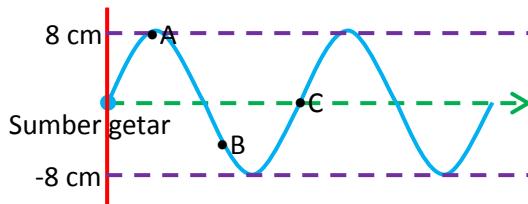
SOAL

1. Gelombang stasioner juga disebut juga sebagai gelombang atau atau
2. Sebutkan perbedaan gelombang berjalan dan gelombang stasioner!
3. Perhatikan diagram berikut!



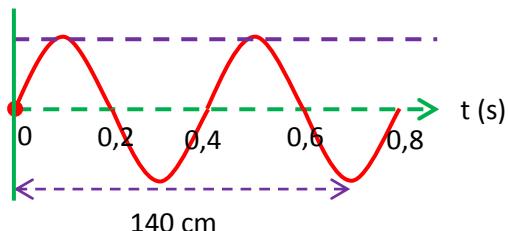
Bagaimana pola gelombang yang terbentuk pada tali, jelaskan!

4. Perhatikan gelombang yang merambat pada tali yang sangat panjang berikut ini!



Tentukan amplitudo di titik : (a) A (b) B (c) C

5. Perhatikan diagram gelombang berjalan berikut ini!



Tentukan :

- a. Panjang gelombang, periode, frekuensi
- b. Kecepatan rambat gelombang

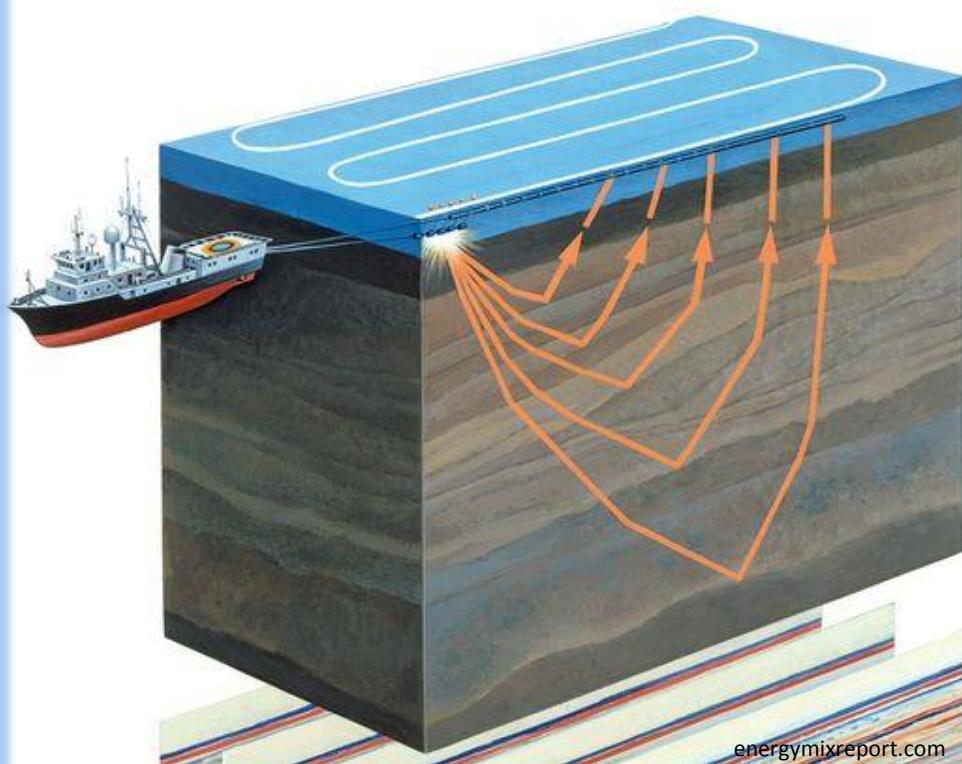
Miskonsepsi :
Amplitudo gelombang berjalan berbeda-beda di tiap titik dan bergantung pada waktu. Yang benar adalah amplitudo gelombang berjalan sama di tiap titik dan tidak bergantung waktu. Sedangkan simpangannya bergantung waktu, nilainya bisa berubah untuk setiap saat.

Untuk sekitar sebagian besar manusia dirasakan perasaan bergetar pada suatu waktu. Simpangan dan arah pergerakannya berubah di setiap titik dan selalu berjalan.

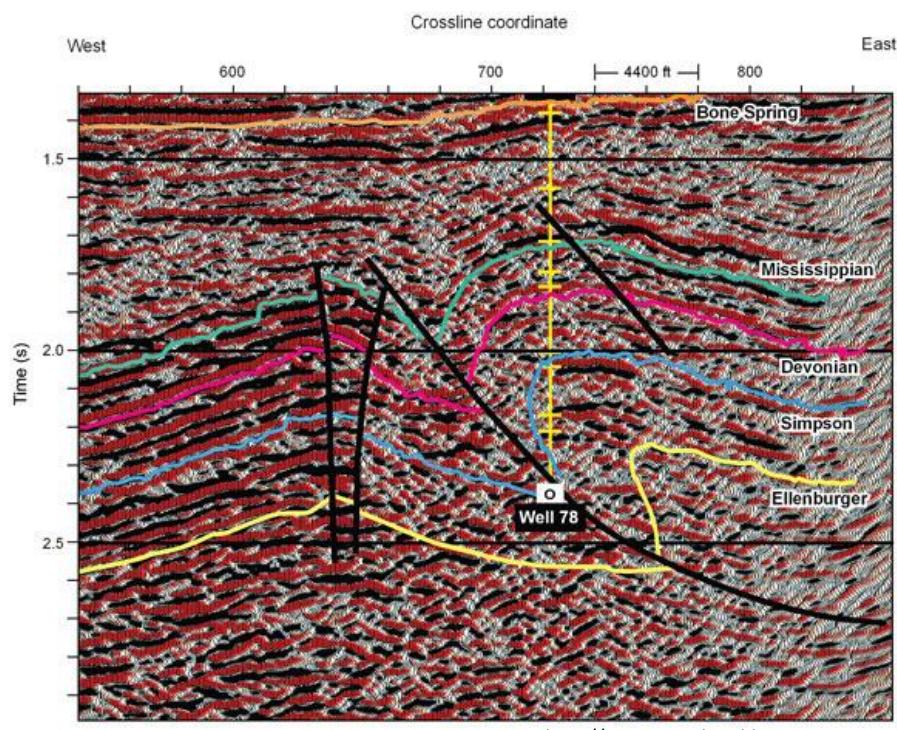
C. Gejala Gelombang

Bagaimana geophysicist memetakan bawah permukaan laut untuk mencari sumber energy minyak/gas?

Refleksi dan refraksi menjadi dasar untuk mengembangkan metode seismik guna eksplorasi/survei geofisika. Sumber gelombang biasanya menggunakan bom dan gelombang diterima oleh *geophone* (sebagai sensor). Data itu kemudian diolah menjadi seismic cross section yang menggambarkan penampang melintang bawah permukaan bumi. Dengan demikian penentuan letak titik pengeboran minyak/gas dapat lebih akurat.

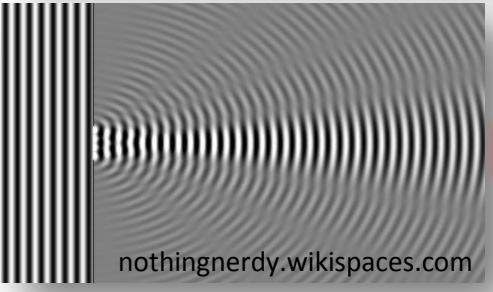
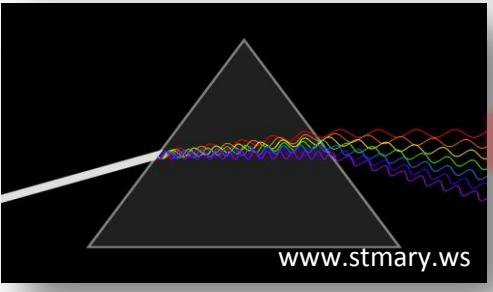
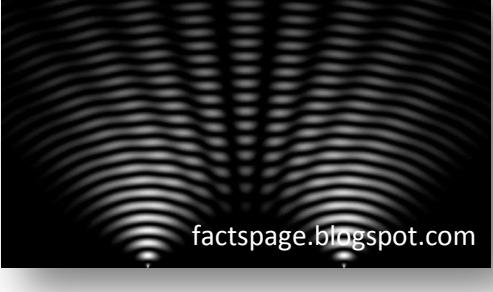


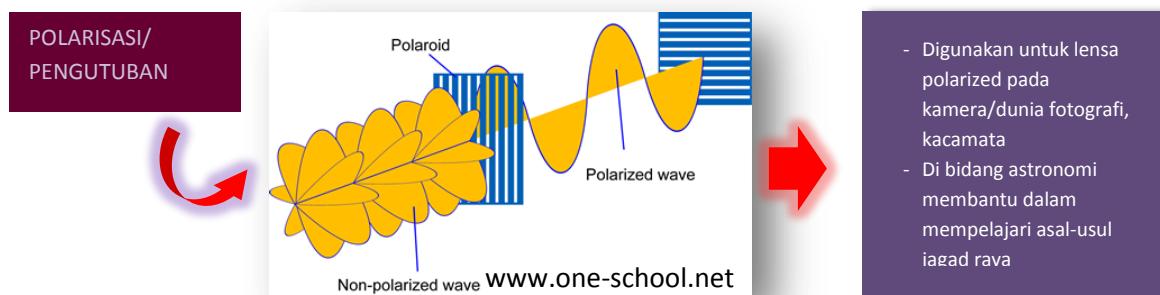
Survey
geofisika di
laut



Cross section
yang
diinterpretasi

Gelombang dapat mengalami gejala refleksi (pemantulan), refraksi (pembiasan), dispersi (perubahan bentuk), difraksi (peleburan), interferensi (perpaduan), polarisasi (pengutaban). Gelombang longitudinal tidak dapat mengalami polarisasi sedangkan gelombang transversal dapat mengalami polarisasi.

Contoh gejala gelombang	Kegunaan
REFLEKSI / PEMANTULAN :	<ul style="list-style-type: none"> - Membantu penglihatan - Penentuan jarak - Membantu dalam sistem komunikasi gelombang radio - Membantu dalam survey geofisika
	
REFRAKSI / PEMBIASAN	<ul style="list-style-type: none"> - Membantu dalam survey geofisika - Sistem alat optik
	
DIFRAKSI / PELENTURAN	<ul style="list-style-type: none"> - Membantu menganalisis struktur kristal, dengan difraksi sinar X
	
DISPERSI / PERUBAHAN BENTUK	<ul style="list-style-type: none"> - Dispersi cahaya digunakan dalam mengkonstruksi spektrometer dan spektroradiometer.
	
INTERFERENSI / PERPADUAN	<ul style="list-style-type: none"> - Sinar laser merupakan hasil perpaduan/interferensi gelombang yang memiliki amplitudo, fase dan frekuensi sama (koheren)
	

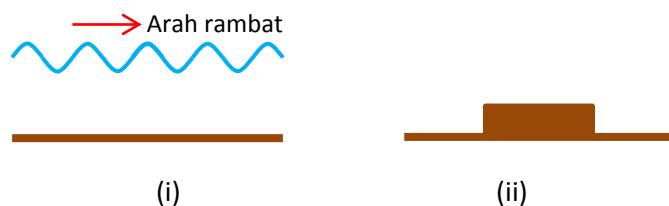


Tabel 2. Ringkasan gejala gelombang

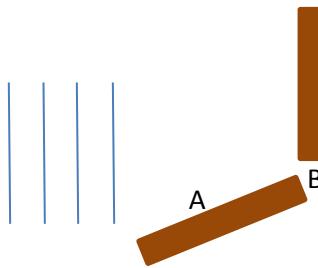
Nama	Definisi	Terjadi pada
Refleksi	Gejala pemantulan gelombang oleh benda/zat	Semua jenis gelombang
Refraksi	Gejala pembiasan gelombang karena melewati dua medium yang berbeda indeks biasnya	Semua jenis gelombang
Dispersi	Gejala perubahan bentuk gelombang (amplitudo, frekuensi, panjang gelombang) saat melewati medium	Semua jenis gelombang
Difraksi	Gejala pelenturan gelombang saat melewati celah sempit	Semua jenis gelombang
Interferensi	Perpaduan dua gelombang dengan frekuensi sama	Semua jenis gelombang
Polarisasi	Gejala pengutuban gelombang di mana saat melewati medium tertentu/polarisator maka hanya pada arah getar tertentu sajalah gelombang yang dilewatkan sedangkan pada arah getar yang lain diserap	Gelombang transversal saja

SOAL & REFLEKSI :

1. Gelombang air mula-mula bergerak ke kanan di atas permukaan datar seperti gambar (i). Kemudian pada bagian dasar diberi penghalang seperti gambar (ii). Gambarkan bentuk gelombang air pada kondisi (ii)!



2. Muka gelombang air pada tangki riak mendekati sebuah penghalang dilukiskan seperti gambar di bawah ini.



Lukiskan bentuk gelombang setelah :

- a. Menabrak penghalang A
 - b. Memasuki celah B
3. Mengapa langit berwarna biru? Bagaimana langit jika dilihat dari permukaan bulan?
4. Bagaimanakah pelangi dapat terbentuk?
5. Gambarkan gelombang air laut yang menuju ke pantai! Gejala gelombang apakah yang bisa anda lihat?
6. Saat anda di dalam kelas yang tertutup, anda masih dapat mendengarkan suara teman anda di luar kelas. Bagaimanakah hal itu bisa terjadi?
7. Jika ada dua gelombang air dari dua sumber identik dipadukan, tentukan manakah besaran-besaran berikut ini yang berubah dan mana yang tetap?
 - a. Frekuensi
 - b. Periode
 - c. Panjang gelombang
 - d. Amplitudo
8. Gejala gelombang seperti apakah yang sering Anda temukan dalam kehidupan sehari-hari?
9. Sebutkan salah satu gejala gelombang yang menarik bagi Anda, dalam peristiwa apakah Anda pernah mengalaminya?
10. Bagaimana sikap Anda melihat gejala gelombang di sekitar Anda?

D. Persamaan Gelombang Berjalan

Gelombang berjalan adalah gelombang yang memiliki amplitudo yang sama di setiap titik yang dilewati gelombang. Simpangan gelombang berubah setiap saat, atau dengan kata lain bergantung pada waktu.

1. Persamaan simpangan getar di sumber getar



Jika suatu titik bergetar harmonis dengan frekuensi f atau kecepatan sudut ω maka persamaan simpangannya dinyatakan dengan :

$$Y = A \sin \theta = A \sin (\omega t) = A \sin (2\pi f t) = A \sin (2\pi t/T)$$

Dengan : y = simpangan (meter atau cm)
 A = amplitudo (meter atau cm)
 θ = sudut fase (radian)
 ω = kecepatan sudut (rad/s)
 t = waktu (detik)
 f = frekuensi (hertz)
 T = periode (detik)

SOAL :

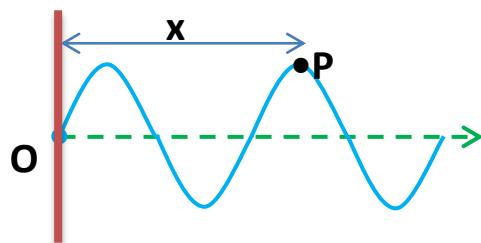
Sebuah bandul bergetar harmonis dengan frekuensi 2 Hz dan amplitudo 4 cm. Tentukan :

- Persamaan simpangan
- Simpangan saat benda telah bergetar 1/12 detik, jika getaran dimulai dari titik setimbang.

2. Persamaan simpangan gelombang berjalan di sebuah titik yang berjarak x dari sumber getar

Kecepatan rambat gelombang berjalan ke arah kanan atau kiri nilainya tetap.

Andaikan ada sebuah tali ringan yang panjang sekali, salah satu ujungnya diikatkan pada sumber getar. Gelombang akan merambat dengan kecepatan v dari sumber getar ke seluruh tali sehingga terbentuk gelombang berjalan. Sekarang, tinjaulah sebuah titik P yang berjarak x dari sumber getar O seperti gambar berikut :



Jika titik O mulai bergetar, tentu titik P tidak langsung bergetar bersama-sama dengan titik O , melainkan gelombang butuh selang waktu $t = x/v$ untuk sampai di P . Ketika sumber getar sudah bergetar selama t tertentu maka di titik P akan bergetar selama $t - (x/v)$. Sehingga :

$$t_p = t - (x/v) \quad \text{dengan } t_p = \text{waktu bergetar di titik } P$$

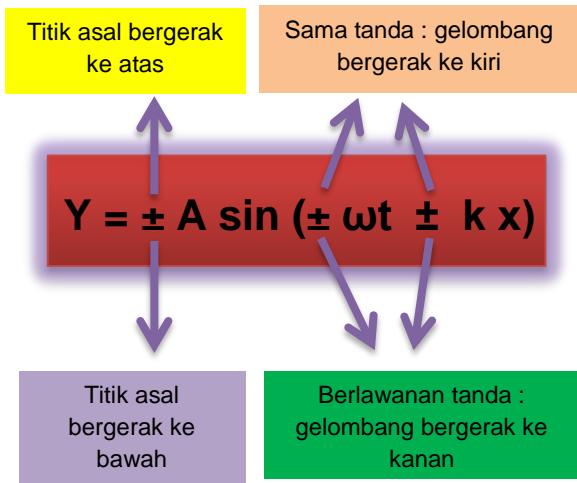
Persamaan gelombang di titik P yang berjarak x dari sumber getar O dapat dinyatakan dengan :

$$\begin{aligned} Y &= A \sin \theta_P \\ &= A \sin (\omega t_p) \\ &= A \sin (2\pi f(t - (x/v))) \\ &= A \sin 2\pi (t/T - (x/\lambda)) \\ &= A \sin 2\pi (t/T - (x/\lambda)) \\ &= A \sin (2\pi t/T - (2\pi x/\lambda)) \\ &= A \sin (2\pi t/T - kx) \\ &= A \sin (\omega t - kx) \\ &= A \sin 2\pi \phi \end{aligned}$$

Dimana :

- θ_p = sudut fase di titik P (radian)
- λ = panjang gelombang (cm, m)
- k = bilangan gelombang (m^{-1} , cm^{-1})
- v = laju rambat gelombang (m/s, cm/t)
- ω = kecepatan sudut (rad/s)
- ϕ = fase gelombang (tanpa satuan)
- T = periode (detik)

Secara umum, persamaan gelombang berjalan dirumuskan :



Perlu diperhatikan bahwa :

Bilangan gelombang :

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Jika dibandingkan antara ω dan k akan didapatkan :

$$\frac{\omega}{k} = \frac{2\pi/T}{2\pi/\lambda} = \frac{\lambda}{T} = v$$

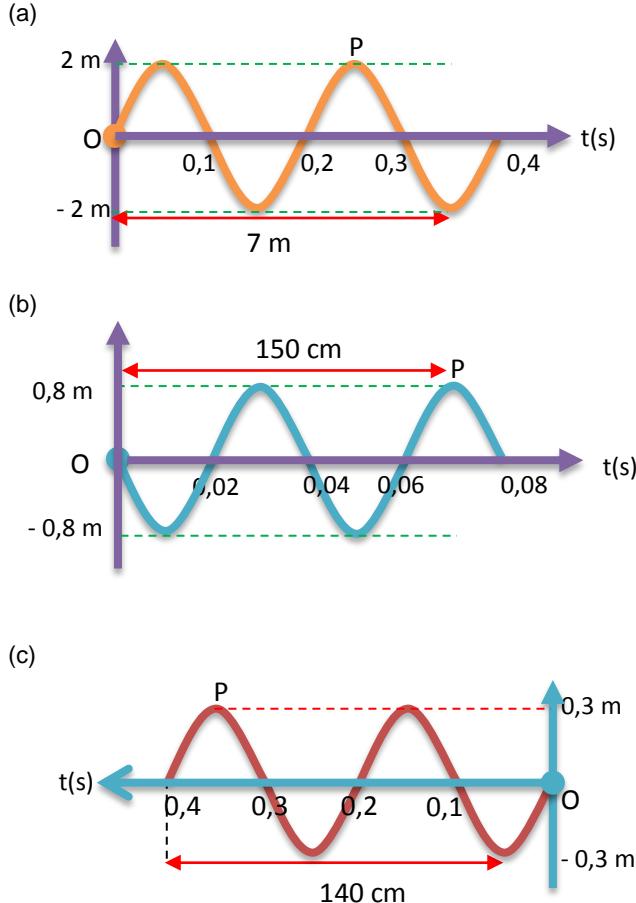
Jadi cepat rambat gelombang v dirumuskan :

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{\text{koefisien } t}{\text{koefisien } x}$$

SOAL

1. Tentukan arah rambat gelombang berikut :
 - a. $Y \text{ (m)} = 0,4 \sin (6t + 4x)$
 - b. $Y \text{ (m)} = 0,4 \sin (6t - 4x)$
 - c. $Y \text{ (m)} = -0,4 \sin (-6t + 4x)$
 - d. $Y \text{ (m)} = -0,4 \sin (-6t - 4x)$
2. Pada persamaan gelombang berikut, tentukan frekuensi dan periodenya!
 - a. $Y(m) = 0,7 \sin (10\pi t + 4x)$
 - b. $Y(m) = 0,8 \sin \pi(5t - 2x)$
 - c. $Y(m) = 2 \sin 2\pi(-4x + 0,2t)$
 - d. $Y(m) = 1,1 \sin 3(-x - 6t)$

3. Sebuah sumber gelombang bergerak dengan persamaan : $Y \text{ (m)} = 0,5 \sin 8t$, dimana t dalam detik. Tentukan :
- besar amplitudo
 - arah getar pertama kali
 - kecepatan sudut
 - frekuensi
 - periode
4. Tentukan besar dan arah kecepatan rambat gelombang berikut , anggap semua satuan dalam SI:
- $Y = 0,2 \sin (10t + 4x)$
 - $Y = 0,2 \sin (6t - 2x)$
 - $Y = 0,2 \sin \pi(-10x + 0,2t)$
 - $Y = 0,2 \sin 5 (-8x - 1,2t)$
5. Persamaan gelombang di titik P yang berada pada jarak x dari sumber gelombang dinyatakan dalam bentuk : $Y \text{ (m)} = \sqrt{2} \sin (4t - \pi x)$. Tentukan simpangan di titik P yang berjarak 75 cm dari sumber dan sumber telah bergetar selama $\pi/2$ detik!
6. Tentukan persamaan gelombang di titik P berikut ini! Titik O merupakan sumber getar.



7. Gambarkan grafik gelombang dari persamaan berikut ini!
- $Y(\text{m}) = 0,8 \sin \pi(5t - 2x)$
 - $Y(\text{m}) = -0,4 \sin 8\pi(t + 4x)$

SUDUT FASE, BEDA SUDUT FASE, FASE, BEDA FASE

Pada pelajaran matematika telah dipelajari bahwa fungsi sinus merupakan hasil proyeksi gerak melingkar beraturan. Jika kita bandingkan maka :

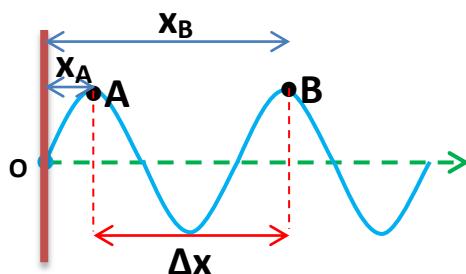
Tabel ilustrasi perbandingan gerak melingkar dan fungsi sinus

Gerak Melingkar	Fungsi Sinus
Waktu tempuh 1 keliling lingkaran disebut periode	Waktu tempuh 1 λ disebut periode
Satu keliling lingkaran = 2π radian	Sudut yang ditempuh dalam 1 λ adalah 2π radian
Jarak yang ditempuh selama 1 periode sama dengan keliling lingkaran	Jarak yang ditempuh dalam 1 periode sama dengan panjang gelombang
Sudut yang ditempuh benda saat berputar disebut sudut fase	Sudut yang ditempuh gelombang disebut sudut fase
Banyaknya putaran melukiskan berapa kali sebuah benda melakukan gerak melingkar	Fase melukiskan seberapa banyak sebuah titik yang dilewati gelombang telah bergetar

Fase ϕ adalah hasil bagi sudut fase dengan 2π , dirumuskan :

$$\varphi = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}$$

Misalkan titik A terletak sejauh x_A dari sumber gelombang O, dan titik B terletak sejauh x_B dari sumber gelombang O, maka :



beda fase antara titik A dan B merupakan selisih fase di titik B dan A :

$$\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A = \frac{-(x_B - x_A)}{\lambda} = \frac{-\Delta x}{\lambda}$$

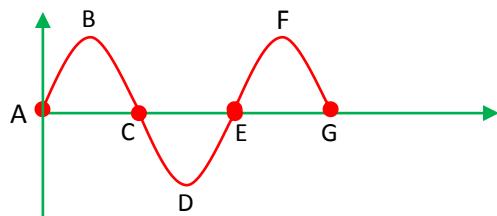
Tanda minus menunjukkan bahwa titik yang lebih jauh dari sumber getar mengalami keterlambatan fase.

Kesimpulan :

- Dua buah titik dikatakan **sefase** jika keduanya memiliki simpangan dan arah simpangan yang sama. Dengan demikian **beda jarak** antara dua titik itu merupakan kelipatan bulat dari panjang gelombangnya atau kelipatan **genap dari $\frac{1}{2}\lambda$** .
- Dua buah titik dikatakan **berlawanan fase** jika keduanya memiliki besar simpangan sama tetapi arah getarnya berlawanan. Dengan demikian **beda jarak** kedua titik itu merupakan kelipatan **ganjil dari $\frac{1}{2}\lambda$** .

SOAL

1. Perhatikan titik-titik A, B, C, D, E, F, G pada gelombang berjalan berikut:



- Titik yang sefase dengan titik A adalah...
 - Titik yang sefase dengan titik B adalah...
 - Titik yang sefase dengan C adalah...
 - Titik yang berlawanan fase dengan titik A adalah...
 - Titik yang berlawanan fase dengan titik B adalah...
 - Titik yang berlawanan fase dengan titik C adalah...
 - Beda fase antara titik A dan B adalah...
 - Beda fase antara titik A dan C adalah...
 - Beda fase antara titik A dan D adalah...
2. Dua titik pada gelombang berjalan berjarak 8 cm. Jika panjang gelombang tersebut 12 cm, tentukan beda fase dua titik tersebut!
3. Sebuah sumber getar bergetar dengan frekuensi 10 Hz dan menggerakkan tali panjang dengan amplitudo 20 cm. Kecepatan rambat gelombang 4 m/s ke arah kanan. Titik A berada 40 cm dari sumber getar dan titik B berada 120 cm di sebelah kanan sumber getar. Jika sumber getar telah bergerak selama 0,5 detik tentukan beda fase antara titik A dan titik B! (Jawab : - 2)
4. Persamaan gelombang berjalan dinyatakan dengan $Y(m) = 0,4 \sin(4\pi t - \pi x)$. Jika titik P berada pada jarak 1 m dari sumber dan sumber getar telah bergerak selama 2 detik, tentukan banyaknya getaran yang dilakukan di titik P!

E. Persamaan Gelombang Stasioner

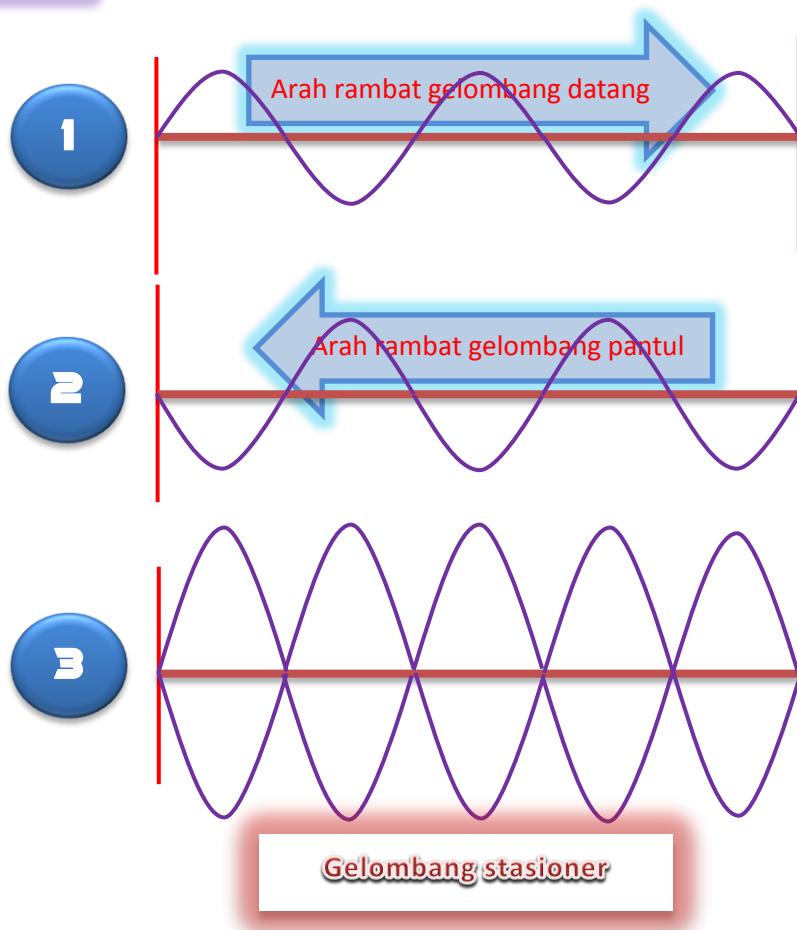
Berselancar di atas sungai stasioner buatan di Lima, Peru.



Gelombang stasioner disebut juga gelombang berdiri atau tegak atau diam.

Apakah gelombang stasioner? Bagaimanakah gelombang stasioner terbentuk? Bagaimanakah persamaan gelombang stasioner? Gelombang stasioner adalah gelombang yang memiliki amplitudo berbeda-beda. *Gelombang stasioner terbentuk dari perpaduan (hasil penjumlahan) dua gelombang yang memiliki amplitudo dan frekuensi sama tetapi arah rambatnya berlawanan.*

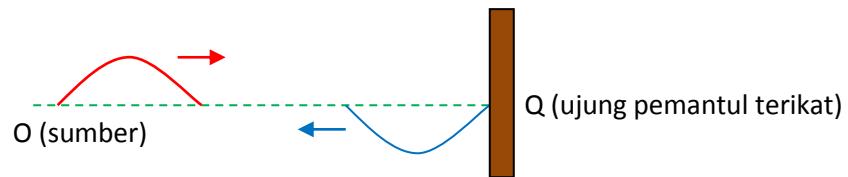
Ilustrasi proses terbentuknya gelombang stasioner :



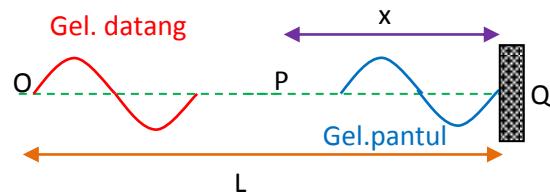
1. Persamaan Gelombang Stasioner Ujung Terikat

Bayangkan kita memiliki tali yang ujung sebelah kanan diikatkan pada sebuah titik Q. Di ujung O kita berikan usikan sehingga terbentuk gelombang yang bergerak ke kanan. Sesampainya di titik Q gelombang akan *dipantulkan dengan fase berlawanan*. Hal ini bisa dikatakan terjadi pembalikan fase sebesar $\frac{1}{2}$, dengan demikian sudut fase gelombang datang dan gelombang pantul *berbeda sebesar π rad*.

Ilustrasi terbentuknya gelombang stasioner ujung terikat :



Perhatikan gambar di bawah ini. Misalkan kita memiliki sebuah tali panjangnya L yang salah satunya diikatkan pada titik Q. Di titik P, gelombang datang membutuhkan waktu selama $(L - x)/v$. Sedangkan gelombang pantul akan sampai di titik P dalam waktu $(L+x)/v$.



Persamaan gelombang datang di titik P adalah :

$$Y_1 = A \sin (\omega t - kx_p) = A \sin (\omega t - k(L - x))$$

Sedangkan untuk gelombang pantul di titik P adalah :

$$Y_2 = A \sin (\omega t - kx_p + \pi) = A \sin (\omega t - k(L + x) + \pi)$$

Atau

$$Y_2 = -A \sin (\omega t - k(L + x))$$

Dengan demikian, persamaan gelombang stasioner di titik P adalah merupakan perpaduan antara Y_1 dan Y_2 sehingga didapatkan :

$$Y_p = Y_1 + Y_2 = A \sin (\omega t - k(L - x)) - A \sin (\omega t - k(L + x))$$

$$Y_p = 2 A \sin (kx) \cos (\omega t - kL)$$

Atau dituliskan :

$$Y_p = 2 A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right) \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right)$$

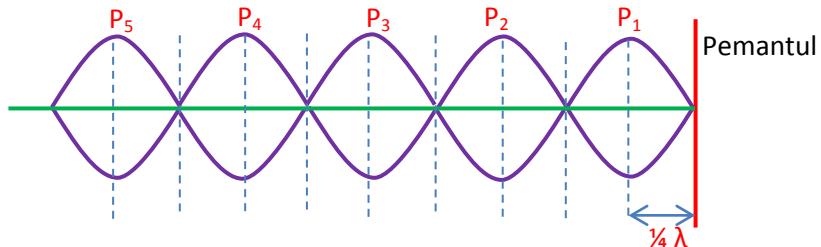
Dari persamaan di atas maka **amplitudo gelombang stasioner ujung terikat**:

$$A_s = 2 A \sin (kx) = 2 A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right)$$

Perhatikan bahwa amplitudo gelombang stasioner bergantung pada jarak terhadap titik pantul. Atau dengan kata lain amplitudo merupakan fungsi dari x.

Letak Perut dan Simpul pada Ujung Terikat

- Letak perut



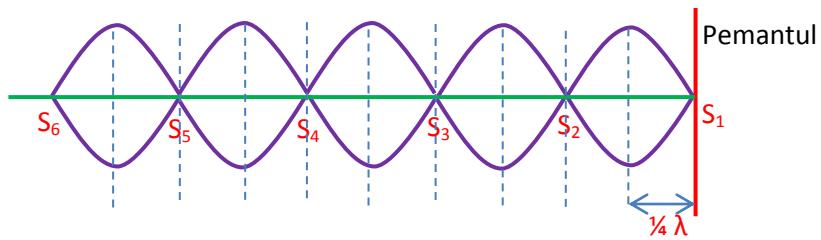
Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa letak perut diukur dari pemantul:

- Perut pertama P_1 sama dengan $1 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama P_2 sama dengan $3 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama P_3 sama dengan $5 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama P_4 sama dengan $7 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama P_5 sama dengan $9 \times \frac{1}{4}\lambda$

Secara matematis disimpulkan bahwa letak perut diukur dari ujung pemantul merupakan kelipatan bilangan ganjil dari $\frac{1}{4}\lambda$, atau dirumuskan perut ke n :

$$P_n = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4}\lambda$$

■ Letak simpul



Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa letak simpul diukur dari pemantul:

- Perut pertama S_1 sama dengan $0 \times \frac{1}{4} \lambda$
- Perut pertama S_2 sama dengan $2 \times \frac{1}{4} \lambda$
- Perut pertama S_3 sama dengan $4 \times \frac{1}{4} \lambda$
- Perut pertama S_4 sama dengan $6 \times \frac{1}{4} \lambda$
- Perut pertama S_5 sama dengan $8 \times \frac{1}{4} \lambda$

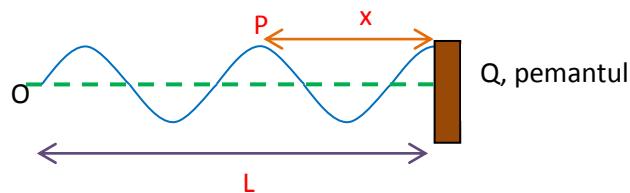
Secara matematis disimpulkan bahwa letak simpul diukur dari ujung pemantul merupakan kelipatan bilangan genap dari $\frac{1}{4} \lambda$, atau dirumuskan simpul ke n :

$$S_n = (2n - 2) \cdot \frac{1}{4} \lambda$$

2. Persamaan Gelombang Stasioner Ujung Bebas

Bayangkan kita memiliki tali panjang dimana di salah satu ujung kanan kita pasang sebuah gelang, kemudian kita masukkan gelang tersebut ke sebuah tiang licin. Jika di ujung kiri kita gerakan maka gelombang akan merambat ke kanan. Setelah mencapai ujung kanan maka gelombang akan dipantulkan ke kiri. Namun, berbeda dengan ujung tetap, pada ujung bebas **tidak terjadi perubahan fase**.

Ilustrasi terbentuknya gelombang stasioner ujung bebas



Persamaan gelombang datang di titik P adalah :

$$Y_1 = A \sin (\omega t - kx_p) = A \sin (\omega t - k(L - x))$$

Sedangkan untuk gelombang pantul di titik P adalah :

$$Y_2 = A \sin (\omega t - kx_p + \pi) = A \sin (\omega t - k(L+x))$$

Dengan demikian, persamaan gelombang stasioner di titik P adalah merupakan perpaduan antara Y_1 dan Y_2 sehingga didapatkan :

$$Y_p = Y_1 + Y_2 = A \sin (\omega t - k(L-x)) + A \sin (\omega t - k(L+x))$$

$$Y_p = 2A \cos(kx) \sin(\omega t - kL)$$

Jadi :

$$Y_p = 2A \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right) \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right)$$

Dari persamaan di atas maka **amplitudo gelombang stasioner ujung bebas**:

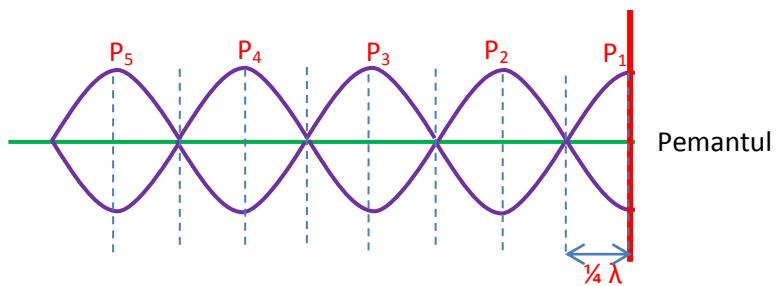
$$A_s = 2A \cos(kx) = 2A \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right)$$

Perhatikan bahwa amplitudo gelombang stasioner bergantung pada jarak terhadap titik pantul. Atau dengan kata lain amplitudo merupakan fungsi dari x.

Letak Perut dan Simpul pada Ujung Bebas

Pada ujung bebas, di bagian pemantul selalu terbentuk perut

■ Letak perut



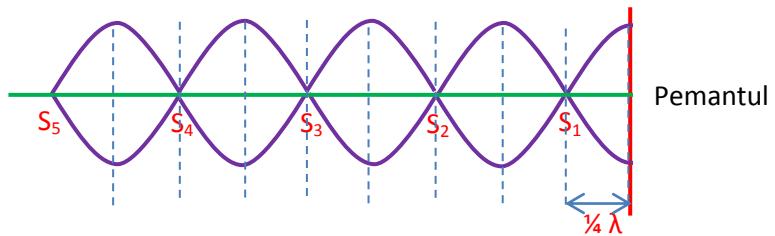
Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa letak perut diukur dari pemantul:

- Perut pertama P_1 sama dengan $0 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama P_2 sama dengan $2 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama P_3 sama dengan $4 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama P_4 sama dengan $6 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama P_5 sama dengan $8 \times \frac{1}{4}\lambda$

Secara matematis disimpulkan bahwa letak perut diukur dari ujung pemantul merupakan kelipatan bilangan genap dari $\frac{1}{4}\lambda$, atau dirumuskan perut ke – n :

$$P_n = (2n - 2) \cdot \frac{1}{4}\lambda$$

■ Letak simpul



Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa letak simpul diukur dari pemantul:

- Perut pertama S_1 sama dengan $1 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama S_2 sama dengan $3 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama S_3 sama dengan $5 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama S_4 sama dengan $7 \times \frac{1}{4}\lambda$
- Perut pertama S_5 sama dengan $9 \times \frac{1}{4}\lambda$

Secara matematis disimpulkan bahwa letak simpul diukur dari ujung pemantul merupakan kelipatan bilangan ganjil dari $\frac{1}{4}\lambda$, atau dirumuskan simpul ke – n :

$$S_n = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4}\lambda$$

Persamaan letak simpul ujung terikat sama dengan letak perut ujung bebas. Begitu pula sebaliknya.

SOAL

1. Sebuah gelombang diam dinyatakan dalam persamaan : $Y(m) = 0,3 \cos\left(\frac{3\pi}{2}x\right) \sin(8\pi t)$. Jarak antara perut dan simpul berurutan pada gelombang tersebut adalah...
2. Dua buah gelombang berjalan dinyatakan dengan :

$$Y_1(\text{cm}) = 4 \sin(kx - \omega t) \text{ dan } Y_2(\text{cm}) = 4 \sin(kx + \omega t)$$

Jika $k = \pi \text{ cm}^{-1}$ dan $\omega = 6\pi \text{ s}^{-1}$, maka superposisi kedua gelombang itu akan menghasilkan gelombang berdiri. Tentukan amplitudo gelombang berdiri!

3. Sebuah tali panjangnya 2 m direntangkan horizontal dengan salah satu ujung kanan terikat. Ujung lainnya dihubungkan dengan sumber getar dengan frekuensi 4 Hz dan amplitudo 10 cm. Kecepatan rambat gelombang 50 cm/s. Tentukan :
- Amplitudo getaran di titik P yang berjarak 120 cm dari sumber getar.
 - Simpangan di titik P yang berjarak 120 cm dari sumber getar saat sumber getar telah bergetar selama 2 detik!
 - Simpangan di titik P tersebut setelah sumber getar bergetar selama 20 detik!
 - Tentukan letak perut kedua dari ujung terikat!
 - Tentukan letak simpul ketiga dari ujung terikat
4. Persamaan gelombang stasioner pada sebuah kawat dinyatakan :
 $Y \text{ (cm)} = 0,8 \sin(0,2\pi x) \cos(10\pi t)$.
- Tentukan :
- Jarak perut keempat dari $x = 0$.
 - Jarak simpul kelima dari $x = 0$
 - Laju partikel pada $x = 40 \text{ cm}$ dan $t = 0,5 \text{ detik}$!
5. Sebuah gelombang berdiri pada ujung bebas diketahui memiliki jarak titik simpul kelima dari ujung bebasnya 60 cm. Jika frekuensi gelombang tersebut 20 Hz, maka laju rambat gelombang itu adalah...
6. Sebuah tali panjangnya 2 m dimana salah satu ujungnya dihubungkan dengan sumber getar dengan frekuensi 4 Hz dan amplitudo 10 cm. Ujung yang lain dibiarkan bergetar bebas. Jika cepat rambat gelombang itu 20 cm/s, tentukan :
- Letak perut kedua dari sumber getar
 - Letak simpul ketiga dari sumber getar

F. Kecepatan dan Percepatan Getar

Andaikan ada gelombang pada tali maka partikel-partikel pada tali hanya bergetar sedangkan yang merambat energinya. Kecepatan getar partikel itu tidak konstan melainkan merupakan fungsi turunan dari simpangannya. Jika fungsi simpangan dinyatakan oleh $y = A \sin(\omega t - kx)$ maka fungsi kecepatannya dinyatakan oleh :

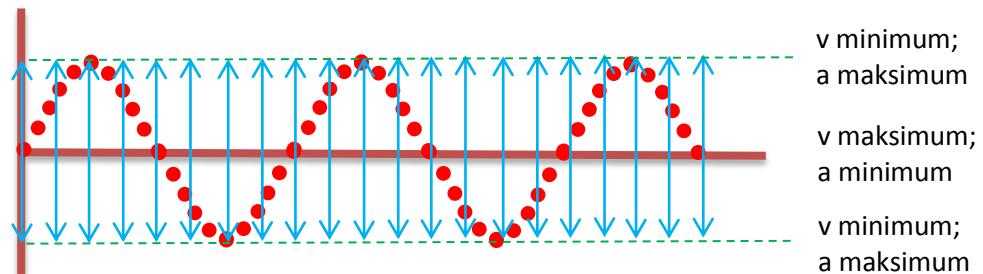
$$v = \frac{dy}{dt} = A \omega \cos(\omega t - kx)$$

Sedangkan fungsi percepatan merupakan turunan fungsi kecepatan, sehingga :

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t - kx)$$

Ilustrasi kecepatan dan percepatan getar gelombang berjalan

$$v_{\text{maks}} = A \omega$$
$$a_{\text{maks}} = a \omega^2$$



Saat bergetar, kecepatan maksimum dicapai saat berada di titik kesetimbangannya dan mencapai minimum saat berada di simpangan terjauhnya. Sedangkan percepatannya mencapai maksimum saat partikel berada di simpangan maksimumnya dan mencapai minimum saat berada di titik kesetimbangannya.

SOAL

1. Diketahui persamaan gelombang : $y (\text{m}) = 0,1 \sin \pi (4t + 0,5 x)$, dengan t dalam detik dan x dalam meter. Tentukan :
 - a. Persamaan kecepatan getar partikel yang dilewati gelombang
 - b. Kecepatan getar maksimum
 - c. Persamaan percepatan getar partikel yang dilewati gelombang
 - d. Percepatan getar maksimum
2. Sebuah partikel tali yang dilewati gelombang bergetar dengan frekuensi 10 Hz. Saat simpangannya $\frac{1}{2}$ kali amplitudonya, tentukan kecepatan getar partikel tali itu!



"Belajar butuh ketekunan"

MODUL – 2

STANDAR KOMPETENSI :

2. Menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang dalam menyelesaikan masalah

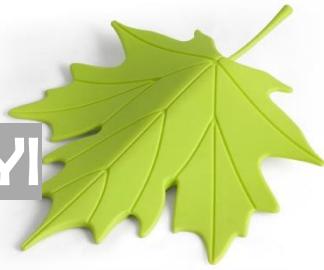
KOMPETENSI DASAR

- 2.1. Mendeskripsikan gejala dan ciri-ciri gelombang bunyi

MATERI POKOK	INDIKATOR
Gelombang pada tali	Peserta didik mampu menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi cepat rambat gelombang
Pipa organa	Peserta didik mampu menentukan frekuensi pada pipa organa tertutup Peserta didik mampu menentukan frekuensi pada pipa organa terbuka
Intensitas dan Taraf Intensitas	Peserta didik mampu merumuskan intensitas bunyi Peserta didik mampu merumuskan taraf intensitas sumber bunyi
Efek Doppler	Peserta didik mampu merumuskan prinsip efek doppler untuk menentukan hubungan frekuensi sumber dan frekuensi yang diterima pendengar
Pelayangan bunyi	Peserta didik mampu merumuskan frekuensi layangan bunyi

BAB - 2

GELOMBANG BUNYI



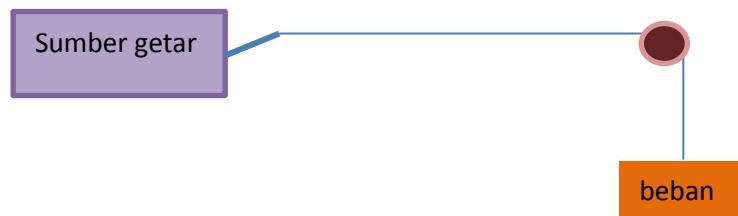
Gitar telah merubah hidup banyak orang. Bagaimana nada-nada gitar dihasilkan?



www.imagesci.com

A. Kecepatan gelombang pada kawat/tali

Gelombang dapat merambat melalui medium padat, cair, dan gas. Pada tali, faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi cepat rambat gelombang? Perhatikan diagram berikut ini!



Dari diagram di atas dihasilkan data :

Yang diubah	Hasil pengamatan
Beban	Makin besar beban maka λ makin besar
Jenis tali	Makin besar massa per satuan panjang tali maka λ makin kecil
Panjang tali	λ tetap untuk panjang tali berbeda-beda

Dari hasil pengamatan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa :
 Kecepatan rambat dipengaruhi oleh tegangan tali/kawat dan jenis tali/kawat. Bagaimana merumuskan hubungan kecepatan, tegangan, dan jenis tali?

Dengan menggunakan analisis dimensi, kita akan mendapatkan bahwa :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Di mana : v = cepat rambat gelombang (m/s)
 F = tegangan tali (N)
 μ = massa per satuan panjang atau massa linier (kg/m)

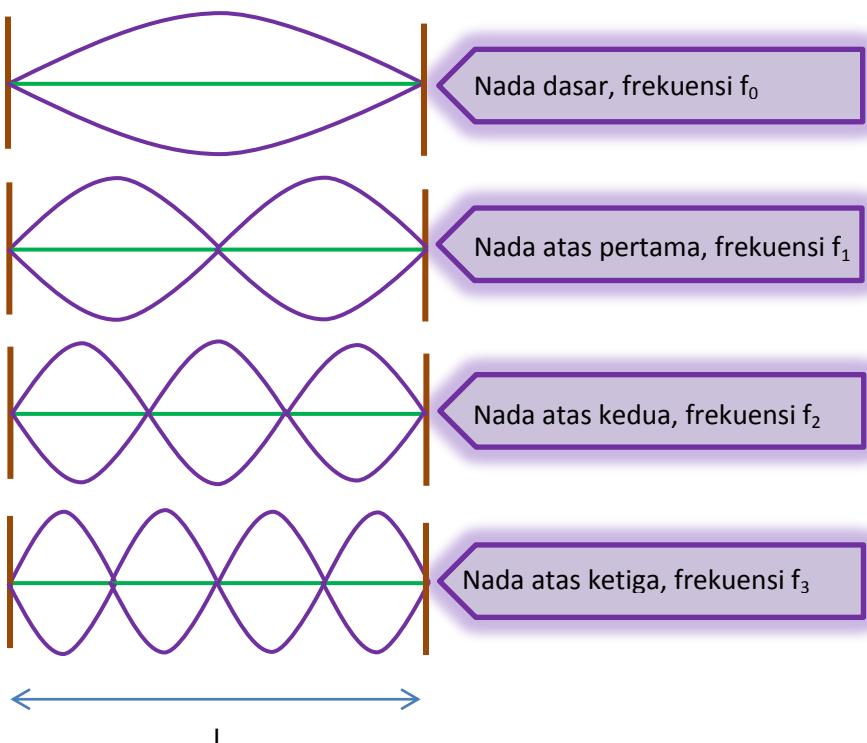
Frekuensi Gelombang pada Tali/Kawat

Asumsi : kedua ujung kawat diikat (terbentuk simpul). Gelombang stasioner pada tali bisa menghasilkan frekuensi bermacam-macam. Untuk frekuensi yang teratur, frekuensi terendah yang diamati adalah nada dasar kemudian nilai yang lebih tinggi adalah frekuensi nada atas pertama, kedua, ketiga dst.

Pola gelombang yang terjadi pada tali/kawat/senar/dawai disajikan seperti gambar di bawah ini :

Istilah :

- Nada dasar = harmoni pertama
- Nada atas pertama = harmoni kedua
- Nada atas kedua = harmoni ketiga
- Nada atas ketiga = harmoni keempat



Dari pola gambar di atas dapat disimpulkan bahwa :

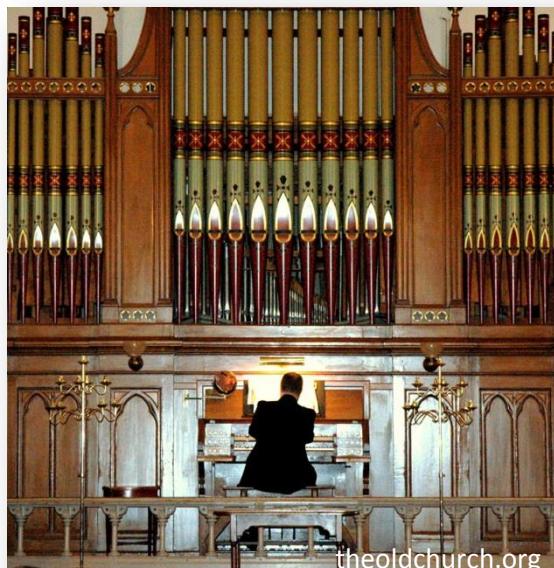
Saat terjadi	Hubungan λ dan L	$f = v/\lambda$
Nada dasar	$L = \frac{1}{2} \lambda$ atau $\lambda = 2L$	$f_0 = v/2L$
Nada atas pertama	$L = \lambda$ atau $\lambda = L$	$f_1 = v / L$
Nada atas kedua	$L = \frac{3}{2} \lambda$ atau $\lambda = 2/3 L$	$f_2 = 3 v / 2L$
Nada atas ketiga	$L = 2\lambda$ atau $\lambda = \frac{1}{2} L$	$f_3 = 2 v / L$

Jika kita bandingkan frekuensi yang dihasilkan maka akan kita dapatkan :

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots = 1 : 2 : 3 : 4 : \dots$$

B. Pipa Organa

Susunan
pipa organa
piano di
sebuah
gereja.

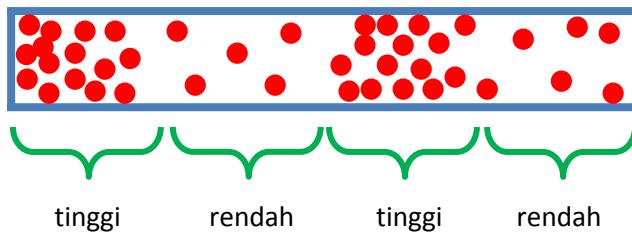


1. Pipa organa tertutup

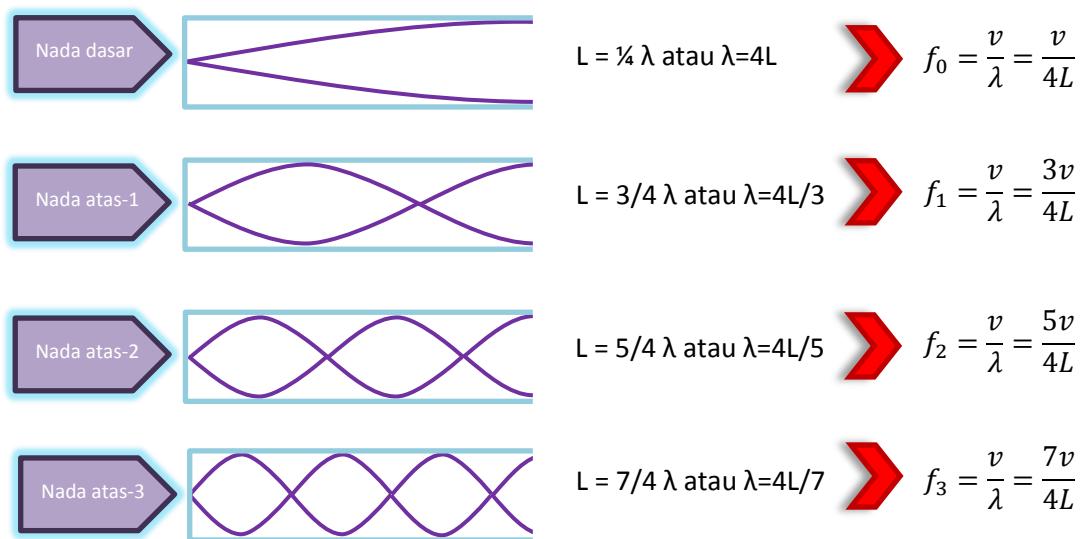
Pipa organa tertutup yang dimaksud adalah sebuah pipa organa di mana salah satu ujungnya tertutup sedangkan ujung lainnya terbuka.

Jika di bagian terbuka digetarkan sumber suara dengan frekuensi tertentu maka udara di dalam pipa organa tertutup itu akan ikut bergetar dengan frekuensi sama (udara ikut beresonansi). Di dalam pipa akan timbul variasi tekanan udara. Di bagian pipa tertutup akan terbentuk simpul (tekanan udara besar), sedangkan di bagian pipa yang terbuka akan terbentuk perut (tekanan udara kecil).

Pola tekanan udara pada pipa organa tertutup :



Frekuensi – frekuensi nada pada pipa organa tertutup :

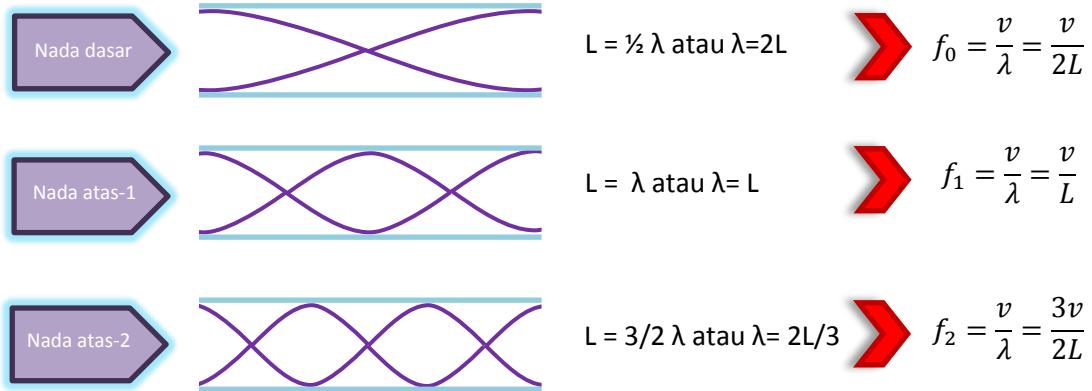


Jika frekuensi – frekuensi yang dihasilkan dibandingkan maka akan dihasilkan :

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 = 1 : 3 : 5 : 7$$

2. Pipa organa terbuka

Frekuensi – frekuensi nada pada pipa organa tertbuka :



Jika frekuensi – frekuensi yang dihasilkan dibandingkan maka akan dihasilkan :

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 = 1 : 2 : 3 : 4$$

Simpulan : perbandingan frekuensi-frekuensi pada pipa organa terbuka sama dengan perbandingan frekuensi-frekuensi pada senar/kawat/tali/dawai.

SOAL

1. Apakah kecepatan rambat gelombang pada tali bergantung pada panjang tali? Jelaskan!
2. Sebuah dawai memiliki massa linier 5 gram/meter. Salah satu ujungnya dihubungkan dengan sumber getar dan ujung yang lain dihubungkan dengan beban 80 N. Hitung kecepatan rambat gelombang pada tali itu!
3. Seutas kawat dengan massa linier 5 g/m ditegangkan dengan gaya 400 N. Diamati bahwa kawat beresonansi pada frekuensi 400 Hz. Frekuensi tinggi berikutnya di mana kawat beresonansi terjadi pada frekuensi 500 Hz. Tentukan panjang kawat!

4. Sebuah pipa organa memiliki panjang 80 cm menghasilkan nada dasar. Hitung panjang gelombang yang terbentuk jika pipa itu adalah
 - a. Pipa organa tertutup
 - b. Pipa organa terbuka
5. Frekuensi nada atas pertama yang dihasilkan pipa organa terbuka adalah 400 hz. Jika cepat rambat bunyi di udara pada saat itu 340 m/s, tentukan :
 - a. panjang pipa organa
 - b. panjang gelombang yang dihasilkan
 - c. frekuensi nada atas kedua
6. Pipa organa tertutup menghasilkan nada dasar 620 Hz. Jika panjang pipa organa tersebut 12,5 cm, tentukan kecepatan bunyi di udara saat itu!
7. Pipa organa terbuka menghasilkan frekuensi 560 Hz ketika terbentuk tiga perut. Tentukan frekuensi nada dasar dan nada atas pertamanya!
8. Pipa organa tertutup menghasilkan frekuensi nada dasar 400 HZ. Jika panjang pipa organa tersebut dipendekkan menjadi $\frac{1}{2}$ kali semula, tentukan frekuensi nada dasar sekarang!
9. Sebuah pipa organa menghasilkan tiga frekuensi berurutan : 1200 Hz, 2000 Hz, 2800 Hz. Jika cepat rambat bunyi di udara 340 m/s, tentukan :
 - a. Jenis pipa organa, beri alasan!
 - b. Frekuensi nada dasarnya
 - c. Panjang pipa organa
10. Frekuensi nada atas pertama pipa organa tertutup yang panjangnya 60 cm beresonansi dengan frekuensi pada pipa organa terbuka. Jika jumlah simpul pada kedua pipa organa sama, tentukan panjang pipa organa terbuka!

C. Intensitas dan Taraf Intensitas Bunyi

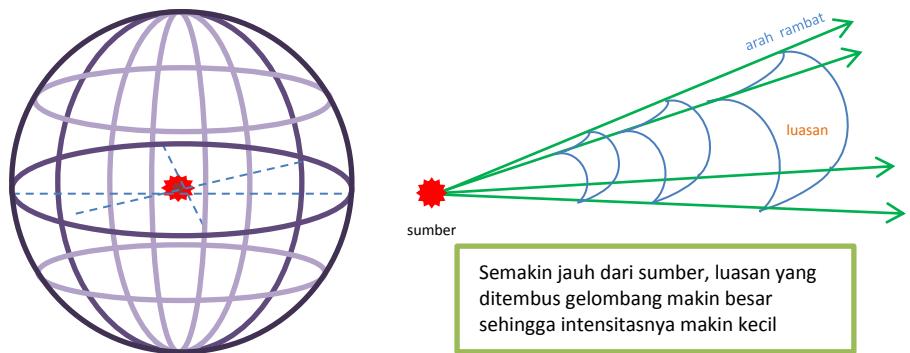


Telinga manusia dapat mendengar bunyi audiosonik dengan frekuensi 20 Hz – 20 kHz. Telinga manusia juga mempunyai batas maksimum terhadap intensitas bunyi yang masuk atau sering dinyatakan dalam bentuk taraf intensitas bunyi. Pada taraf intensitas 120 dB, telinga manusia akan mendengar bunyi yang menyakitkan. Pada taraf intensitas 160 dB gendang telinga manusia akan pecah.

<http://www.youth.hear-it.org>

1. Intensitas Bunyi

Jika ada sumber bunyi berada dalam *medium isotropik* (contoh : udara) maka gelombang akan merambat ke segala arah dengan kecepatan yang sama. Setiap saat gelombang akan memancar ke segala arah membentuk bola seperti diagram berikut!



Intensitas adalah daya yang dipindahkan tiap satuan luas yang tegak lurus terhadap arah rambatan gelombang itu.

Apabila sumber bunyi memiliki daya P , maka intensitas di sebuah titik yang berjarak r dari sumber bunyi didefinisikan sebagai perbandingan daya per luasan bola dengan jari-jari r sehingga dirumuskan :

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Dengan :

I = intensitas bunyi (W/m^2)

P = daya sumber bunyi (Watt)

r = jarak titik yang ditinjau ke sumber bunyi (m)

Intensitas ambang pendengaran

Intensitas bunyi terkecil yang masih dapat menimbulkan rangsangan pendengaran pada telinga manusia disebut **intensitas ambang pendengaran I_0** , yang besarnya 10^{-12} W/m^2 .

Intensitas ambang perasaan

Sedangkan intensitas terbesar yang masih dapat diterima telinga manusia tanpa rasa sakit disebut **intensitas ambang perasaan yang besarnya 1 W/m^2** .

2. Taraf Intensitas Bunyi



Gambar : dB-meter

Pada kenyataannya, orang lebih suka mengukur taraf intensitas bunyi daripada mengukur intensitasnya. Taraf intensitas diukur dengan dB-meter. *Taraf intensitas didefinisikan sebagai logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran.*

Secara matematis dituliskan :

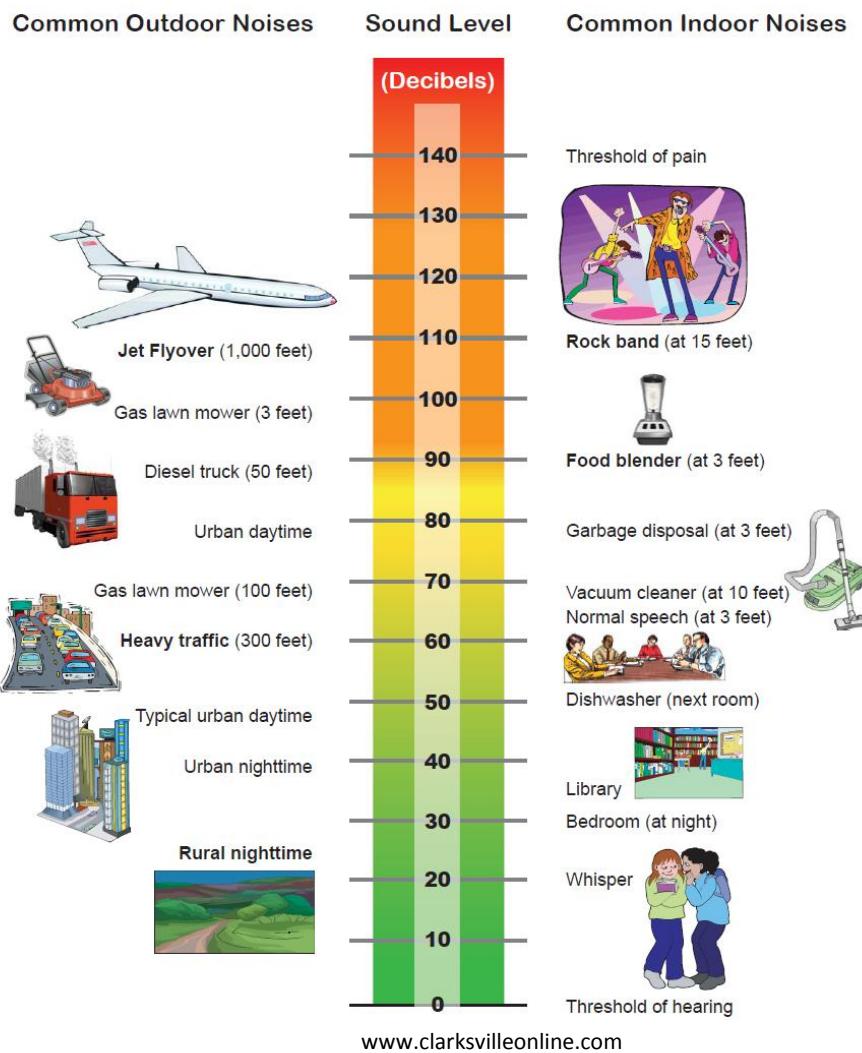
$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Dengan : TI = taraf intensitas (desibel)
 I = intensitas bunyi (W/m^2)
 I_0 = intensitas ambang pendengaran (10^{-12} W/m^2)

Tabel taraf intensitas beberapa sumber bunyi

Bunyi/Kondisi	TI (dB)
Ambang pendengaran	0
Bisikan dari jarak 1 m	20
Percakapan normal pada jarak 1 m	60
Lalu lintas ramai	80
Kereta api bawah tanah	100
Musik rock pada jarak 4 m (batas rasa sakit)	120
Pesawat jet pada jarak 50 m	130
Gendang telinga pecah	160
Pesawat ruang angkasa pada jarak 100m	165

Diagram taraf intensitas beberapa sumber bunyi :



Pengaruh jarak dan jumlah sumber terhadap taraf intensitas :

a. Jarak

Semakin jauh dari sumber bunyi tentu intensitasnya semakin kecil, demikian pula taraf intensitasnya.

Jika taraf intensitas sumber bunyi pada jarak r_1 adalah TI_1 maka taraf intensitasnya pada jarak r_2 adalah :

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

b. Jumlah sumber bunyi

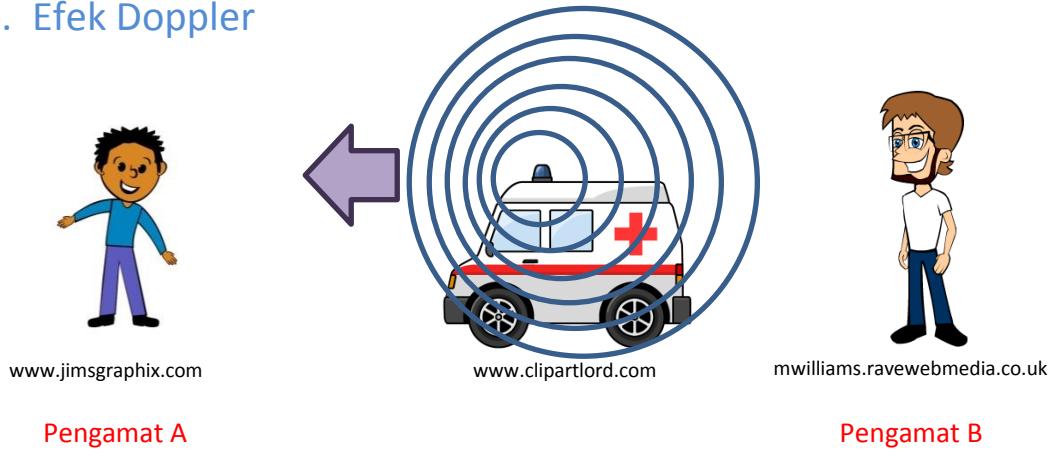
Jika n_1 adalah jumlah sumber bunyi mula-mula dengan taraf intensitas TI_1 , dan n_2 jumlah sumber bunyi akhir maka taraf intensitas akhir dapat dirumuskan :

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \frac{n_2}{n_1}$$

SOAL

1. Intensitas sebuah sumber suara pada jarak 2 m adalah 6 W/m^2 . Tentukan intensitasnya jika jaraknya diubah menjadi 4 m!
2. Intensitas seorang suloco 10^{-10} W/m^2 . Jika ada 100 suloco yang identik, maka intensitas totalnya ...
3. Jika intensitas sebuah sumber bunyi 10^{-8} W/m^2 , hitunglah taraf intensitasnya!
4. Buktikan rumus taraf intensitas(di atas, pada penjelasan teori poin a dan b) yang dipengaruhi oleh :
 - a. Jarak
 - b. Jumlah sumber
5. Taraf intensitas yang dihasilkan oleh sebuah motor adalah 70 dB. Tentukan taraf intensitas yang dihasilkan :
 - a. 10 motor
 - b. 100 motor
 - c. 1000 motor
6. Pada jarak 1 m percakapan normal menghasilkan taraf intensitas 60 dB. Berapa taraf intensitasnya pada jarak 2 m?
7. Jika jarak pendengar ke sumber bunyi dijadikan lima kali semula, berapa pengurangan taraf intensitas bunyi yang terdengar pendengar?
8. Seorang komandan barisan dapat menghasilkan suara aba-aba 80 dB pada jarak 1 m. Sampai berapa jauhkah aba-aba itu masih dapat didengar dengan jelas jika ambang taraf intensitas 20 dB?
9. Dua buah sumber bunyi pada jarak 10 m menghasilkan taraf intensitas 80 dB. Jika ada 20 sumber bunyi pada jarak 100 m maka taraf intensitas yang dihasilkan adalah...dB

D. Efek Doppler



Pada diagram gambar di atas, sebuah ambulan bergerak ke kiri sambil membunyikan sirine dengan frekuensi f_s . Pengamat A akan mendengar bunyi dengan frekuensi yang lebih tinggi dari f_s . Sedangkan pengamat B akan mendengar frekuensi bunyi lebih rendah dari f_s .

Gejala terdengarnya bunyi dengan frekuensi lebih tinggi atau lebih rendah dari frekuensi sumber akibat gerak relatif sumber atau pengamat disebut dengan efek doppler.

Hubungan antara frekuensi sumber dan frekuensi yang didengar pengamat dirumuskan :

Penting untuk membuat diagram pergerakan sumber atau pengamat, kemudian tentukan arah dari sumber ke pendengar bernilai +

$$f_P = \frac{v \pm v_a - (\pm v_p)}{v \pm v_a - (\pm v_s)} \times f_s$$

Dengan : f_p = frekuensi yang didengar oleh pengamat (Hz)
 f_s = frekuensi yang dihasilkan sumber bunyi (Hz)
 V = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)
 V_a = kecepatan angin (m/s)
 V_p = kecepatan pengamat (m/s)
 V_s = kecepatan sumber bunyi (m/s)

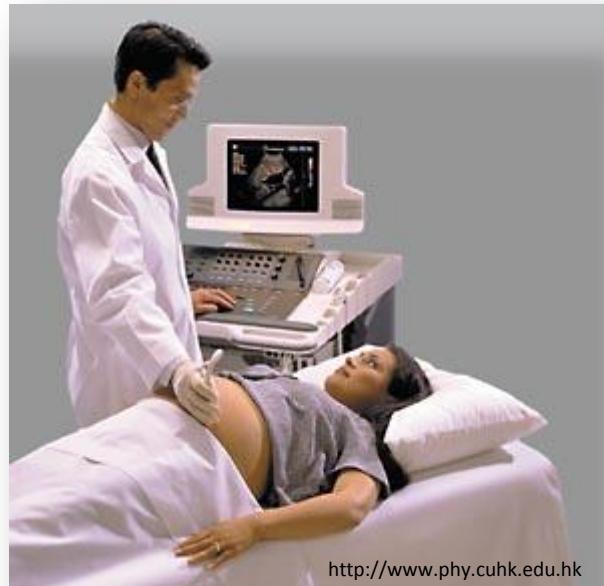
Tanda ± dari v_a ; v_p ; v_s akan bernilai (+) jika arah v_a , v_p atau v_s searah dari arah sumber ke pengamat, dan berlaku sebaliknya .

Manfaat efek doppler

In physics, '[ultrasound](#)' refers to [sound](#) waves with a [frequency](#) too high for humans to hear. Ultrasound images (sonograms) are made by sending a pulse of ultrasound into tissue using an [ultrasound transducer](#) (probe). The sound reflects and echoes off parts of the tissue; this echo is recorded and displayed as an image to the operator.

Many different types of images can be formed using ultrasound. The most well-known type is a B-mode image, which displays a two-dimensional cross-section of the tissue being imaged. Other types of image can display [blood flow](#), motion of tissue over time, the location of blood, the presence of specific molecules, the [stiffness of tissue](#), or the [anatomy of a three-dimensional region](#). Ultrasound can also be used therapeutically, to [break up gallstones and kidney stones](#) or to [heat and destroy diseased or cancerous tissue](#). (http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_ultrasonography)

Ultrasonografi membantu dokter untuk mendapatkan data dari pasien.



Penggunaan efek doppler yang lain :

- a. Lalu lintas : pada radar polisi yang membantu polisi mengukur kecepatan mobil yang melintas di jalan (<http://science.howstuffworks.com>)
- b. Meteorologi : radar doppler digunakan untuk memprediksi kondisi cuaca (<http://science.howstuffworks.com>)

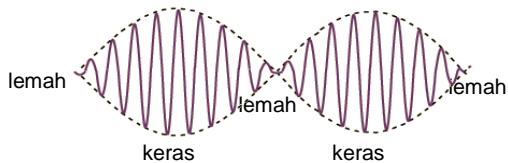
SOAL

1. Sebuah mobil ambulan menyalakan sirine dengan frekuensi 640 Hz mendekati seorang perawat yang berdiri di depan rumah sakit. Kecepatan mobil ambulan 20 m/s dan kecepatan suara di udara saat itu 340 m/s. Tentukan frekuensi yang didengarkan perawat tersebut!

2. Saat musim mudik lebaran, sebuah kereta Argo Lawu bergerak dengan kecepatan 30 m/s sambil membunyikan klakson dengan frekuensi 900 Hz saat mendekati stasiun Tawang. Tentukan frekuensi yang didengar seorang calon penumpang yang berdiri di stasiun jika saat itu angin bertiup dengan kecepatan 10 m/s :
- searah pergerakan kereta api
 - berlawanan arah dengan arah gerak kereta api
- Anggap kecepatan bunyi di udara 340 m/s.
3. Motor Rossi ketika dipacu di lintas balap menghasilkan frekuensi bunyi 800 Hz. Ketika mendekati alat detektor, ternyata alat detektor menangkap frekuensi 937,93 Hz. Jika kecepatan bunyi di udara saat itu 340 m/s, tentukan kecepatan motor Rossi!
4. Level 2. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 20 m/s mendekati sebuah bukit sambil membunyikan klakson dengan frekuensi 640 Hz. Pada saat itu, angin juga berhembus ke arah bukit dengan kecepatan 10 m/s. Jika kecepatan bunyi di udara saat itu 340 m/s, tentukan :
- Frekuensi bunyi pantul yang didengarkan sopir mobil!
 - Selisih frekuensi antara frekuensi yang dipancarkan mobil dan frekuensi yang didengar sopir mobil.

E. Pelayangan Bunyi

Interferensi yang terjadi akibat superposisi dua buah gelombang bunyi dengan **frekuensi yang berbeda sedikit** akan menghasilkan “kenyarungan” yang berubah secara periodik. Peristiwa demikian disebut dengan pelayangan bunyi. Gambar hasil superposisi dua gelombang bunyi dengan frekuensi yang berbeda sedikit dapat dilihat sebagai berikut :



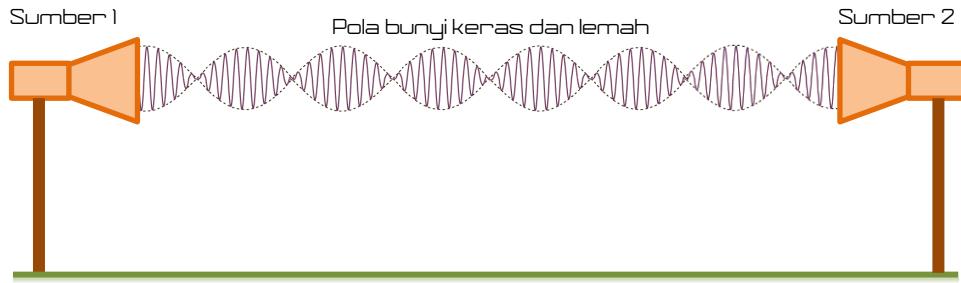
Satu layangan didefinisikan sebagai gejala dua bunyi keras atau dua bunyi lemah berurutan. Dengan demikian satu layangan adalah keras – lemah – keras atau lemah – keras – lemah.

Frekuensi Pelayangan

Frekuensi pelayangan merupakan banyaknya layangan tiap detik, dan merupakan selisih antara dua frekuensi gelombang yang bersuperposisi. Dirumuskan :

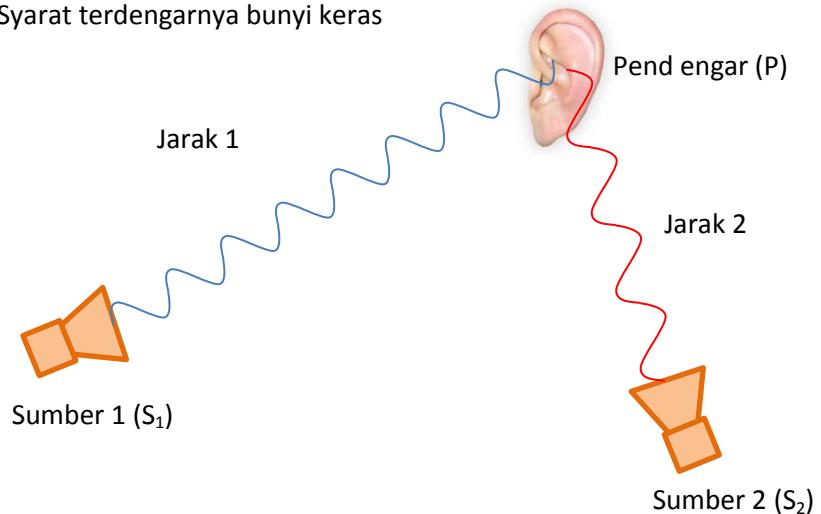
$$\Delta f = f_2 - f_1$$

Interferensi Gelombang Bunyi



Jika ada dua sumber bunyi dengan frekuensi sama yaitu f dipadukan maka akan terdengar bunyi keras – lemah secara berurutan. Terdengarnya bunyi keras atau lemah bergantung pada selisih jarak titik yang ditinjau ke masing-masing sumber bunyi dan panjang gelombang yang dihasilkan dari sumber bunyi.

a. Syarat terdengarnya bunyi keras



Bunyi keras terjadi apabila :

$$\Delta S = \text{jarak } 1 - \text{jarak } 2 = (n-1) \lambda$$

dengan $n = 1, 2, 3$ dst.

Keterangan : $n=1$ adalah keras pertama
 λ = panjang gelombang dari sumber 1 atau 2

b. Syarat terdengarnya bunyi lemah

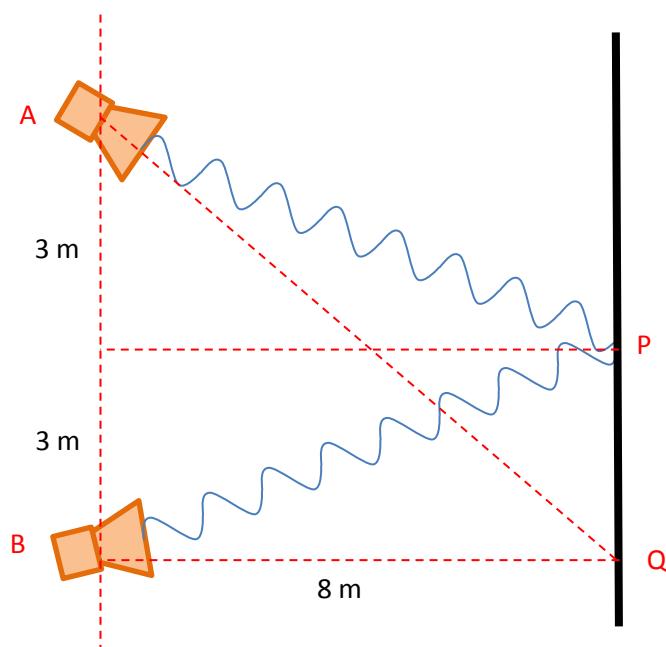
Bunyi lemah terjadi jika :

$$\Delta S = \text{jarak } 1 - \text{jarak } 2 = (n - \frac{1}{2}) \lambda$$

dengan $n = 1, 2, 3$ dst

SOAL

1. Dua sumber bunyi menghasilkan frekuensi 400 Hz dan 403 Hz. Jika kedua sumber bunyi dibunyikan bersama-sama, tentukan frekuensi layangan yang terbentuk!
2. Frekuensi layangan antara dua sumber bunyi adalah 5 Hz. Jika salah satu sumber bunyi memiliki frekuensi 800 Hz, berapakah frekuensi sumber lainnya?
3. Perhatikan diagram berikut!



Jika panjang gelombang kedua sumber bunyi A dan B sama sebesar 4 m, tentukan pola bunyi keras atau lemahkah yang terdengar di titik P dan Q? Jelaskan!



MODUL – 3

STANDAR KOMPETENSI :

3. Menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang dalam menyelesaikan masalah

KOMPETENSI DASAR

- 3.1. Mendeskripsikan gejala dan ciri-ciri gelombang cahaya

MATERI POKOK	INDIKATOR
a. Spectrum gelombang elektromagnetik dan manfaatnya	
b. Pola difraksi celah tunggal	
c. Interferensi celah ganda Young	
d. Persamaan pada kisi difraksi	

BAB - 3

GELOMBANG CAHAYA

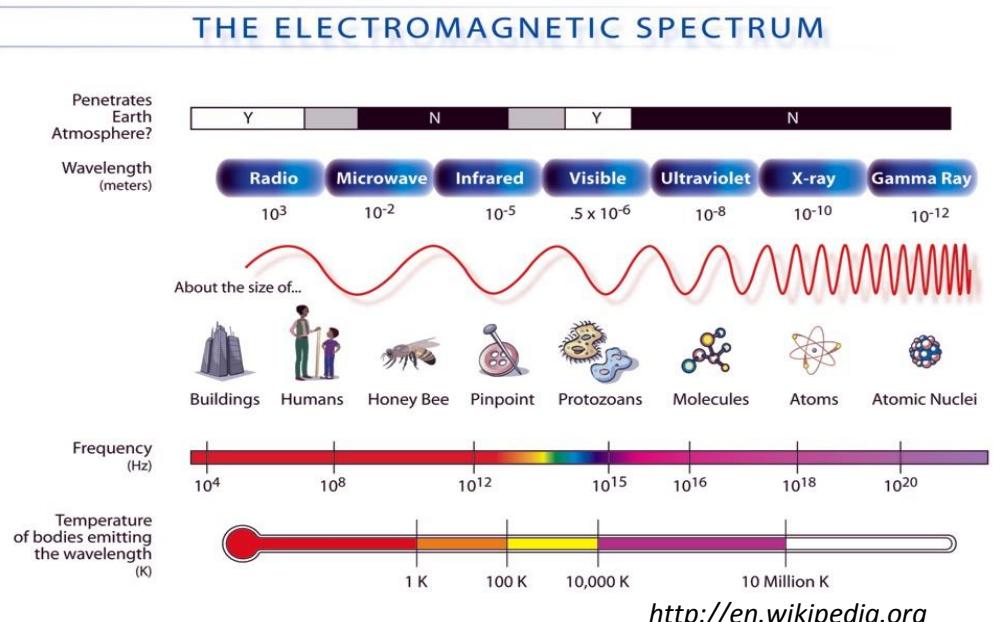


Internet sudah menjadi kebutuhan banyak orang. Bagaimana data internet ditransferkan?



A. Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik memiliki sebaran ukuran (spektrum) dari gelombang radio hingga sinar gamma seperti gambar berikut :

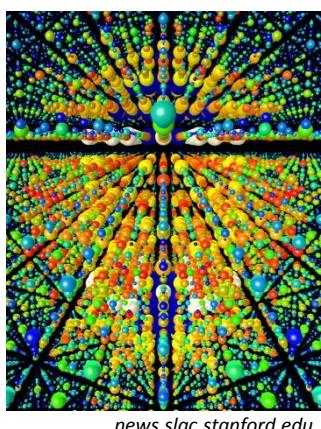


Berikut manfaat masing-masing jenis gelombang elektromagnetik itu diawali dari panjang gelombang terbesar hingga terkecil:

NO	Nama	Manfaat
1	Gelombang radio	a. Komunikasi radio b. Komunikasi satelit
2	Mikro	a. Radar b. Pemanas <i>microwave</i> c. Pengukuran kedalaman laut
3	Inframerah	a. Pemetaan sumber daya alam b. Pemotretan diagnose penyakit c. Terapi fisik d. Remote control e. Teleskop di kegelapan/kabut f. Transfer <i>file /data</i> g. Pengeringan cat pada industri mobil
4	Cahaya tampak	a. Membantu penglihatan b. Bidang telekomunikasi digunakannya sinar laser dalam <i>fiber optic</i>
5	Ultraviolet	a. Mensterilkan ruangan operasi dan alat-alat kedokteran b. Membunuh kuman penyakit c. Pemeriksaan keaslian tanda tangan d. Membantu pembentukan vitamin D
6	Sinar X	a. Pemeriksaan barang-barang di bandara b. Pemotretan bagian dalam tubuh c. Pemeriksaan keretakan logam d. Analisis struktur bahan/kristal
7	Sinar gamma	a. Sterilisasi alat-alat kedokteran b. Terapi kanker c. Pembuatan bibit unggul d. Sterilisasi makanan kaleng

B. Difraksi Celah Tunggal (Fraunhofer)

Data 3D
difraksi sinar X
pada sistem
protein

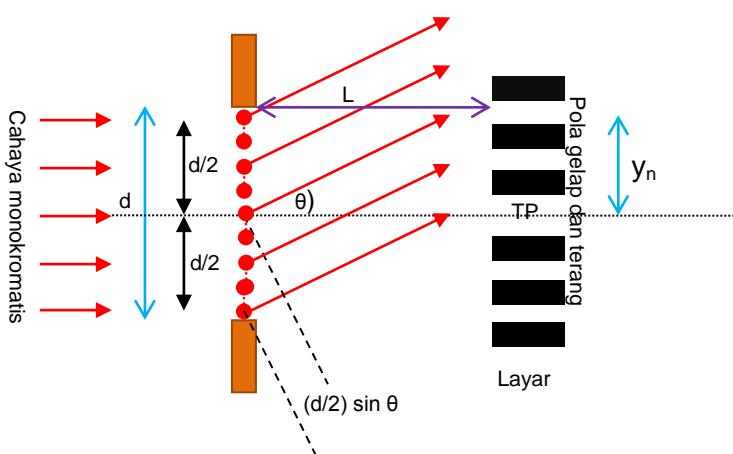


Analisis struktur bahan/kristal memegang peran penting dalam kemajuan teknologi khususnya di bidang elektronika. Pembuatan transistor, dioda, dan beberapa bahan penting lainnya tidak lepas dari peran analisis struktur bahan. Teknik yang dipakai dalam menganalisis bahan/kristal adalah dengan difraksi sinar X. Bagaimanakah dasar-dasar difraksi? Berikut akan kita pelajari tentang difraksi celah tunggal.

Jika seberkas sinar dengan panjang gelombang tertentu (monokromatis) dilewatkan melalui celah yang sangat sempit maka sinar akan “dileburkan” dan apabila kita letakkan layar di belakang celah itu, akan terlihat pola garis terang dan gelap secara berselang-seling. Menurut Huygens, titik-titik pada celah dapat dipandang sebagai sumber gelombang yang baru. Dengan demikian pola garis terang dan gelap sangat dipengaruhi sudut deviasinya. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa selisih jarak tempuh berkas-berkas sinar yang berpadu terhadap panjang gelombangnya akan menentukan pola terang atau gelap pada layar. Perhatikan diagram berikut :

Konstruktif
jika perpaduan menghasilkan garis terang.

Destruktif jika perpaduan menghasilkan garis gelap.



Keterangan : d = lebar celah tunggal (m)

L = jarak celah ke layar (m)

θ = sudut deviasi

TP = terang pusat

y = jarak garis gelap ke terang pusat (m)

n = orde

Pola Garis Gelap

Syarat terjadinya pola garis gelap jika selisih jarak berkas sinar yang berpadu merupakan kelipatan $\frac{1}{2} \lambda$. Dengan demikian maka :

$$\frac{1}{2} d \sin \theta = n \cdot \frac{1}{2} \lambda$$

Atau

$$d \sin \theta = n \cdot \lambda$$

Untuk θ kecil maka $\sin \theta \approx \tan \theta = y / L$ dimana y adalah jarak garis gelap ke terang pusat dan L jarak celah ke layar. Maka rumus di atas dapat dituliskan menjadi :

$$y \cdot d = L \cdot n \cdot \lambda$$

CONTOH :

Cahaya monokromatik melalui celah tunggal yang lebarnya 0,6 mm. Sebuah layar yang terletak 2 m dari celah terdapat pola pita gelap. Jarak pita gelap pertama ke terang pusat adalah 1,4 mm. Tentukan panjang gelombang monokromatik itu!

Jawab :

$$d = 0,6 \text{ mm} = 6 \times 10^{-4} \text{ meter}$$

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

$$y = 1,4 \text{ mm} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ meter}$$

$$n = 1 \text{ (pita gelap pertama)}$$

$$n \lambda = y d / L \rightarrow 1 \cdot \lambda = 1,4 \times 10^{-3} \cdot 6 \times 10^{-4} / 2 = 4,2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

SOAL

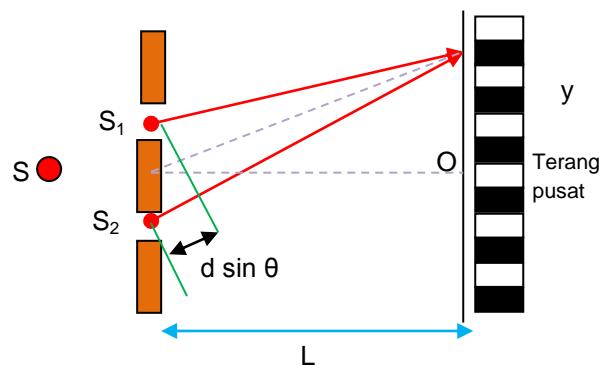
1. Celah tunggal yang lebarnya 0,12 mm disinari cahaya monokromatik sehingga menghasilkan jarak antara gelap kedua dan terang pusat sebesar 15 mm. Jika jarak layar dengan celah 2 m, berapa panjang gelombang cahaya yang digunakan?
Jawab : $4,5 \times 10^{-7} \text{ m}$

2. Celah tunggal dengan lebar 0,2 mm disinari cahaya dengan panjang gelombang 8000 Å. Pola difraksi ditangkap pada layar yang jaraknya 50 cm dari celah. Tentukan jarak antara pita gelap ketiga dan terang pusat!
Jawab : $6 \times 10^{-3} \text{ m}$

C. Interferensi Celah Ganda Young

Pada percobaan Young, digunakan satu sumber cahaya dan dua celah sempit. Penggunaan dua celah sempit dimaksudkan agar didapatkan dua sumber cahaya koheren.

Diagram percobaan Young



Syarat terjadinya :

1. Garis terang

$$d \sin \theta = n \lambda \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (n=0 \text{ terang pusat}; n=1 \text{ terang pertama})$$

atau

$$y d = L n \lambda$$

2. Garis gelap

$$d \sin \theta = (n - \frac{1}{2}) \lambda \quad (n=1 \text{ gelap pertama}, n=2 \text{ gelap kedua dst.})$$

SOAL

1. Pada percobaan celah ganda Young diketahui jarak dua celah sempit adalah 2 mm dan jarak celah ke layar 1 m. Jika dihasilkan terang kedua dari pusat 0,5 mm maka panjang gelombang cahaya yang digunakan adalah...
2. Pada percobaan Young, digunakan layar yang berjarak 2 m dari celah. Jarak dua celah sempit adalah 1,5 mm. Jika digunakan cahaya monokromatik dengan panjang gelombang 6000 Armstrong, tentukan :
(a) jarak antara garis gelap keempat ke terang pusat (b) jarak antara garis terang kedua dengan garis keempat terdekat!
Jawab : (a) 2,8 mm (b) 1,2 mm
3. Garis terang orde kedua terjadi ketika cahaya dengan panjang gelombang 400 nm jatuh pada dua celah dengan sudut 30° terhadap arah berkas semula. Tentukan jarak kedua celah!
Jawab : 1,6 mikrometer

D. Difraksi Kisi



www.enasco.com

Kisi biasanya terdiri dari ribuan garis tiap centimeternya untuk mendapatkan pola difraksi yang lebih tajam. Jarak antar goresan pada kisi disebut tetapan kisi.

Syarat terjadinya garis terang :

$$d \sin \theta = n \lambda$$

$n = 0, 1, 2, \dots$ ($n=0$ terang pusat ; $n=1$ terang pertama)

Keterangan : d = tetapan kisi = jarak antar goresan (m)

θ = sudut deviasi

λ = panjang gelombang (m)

Hubungan antara **tetapan kisi (d)** dan **banyaknya goresan (N)** dinyatakan dengan :

$$d = 1/N$$

Orde Tertinggi

Berdasarkan persamaan $d \sin \theta = n \lambda$ maka nilai n tertinggi tentunya terjadi saat nilai $\sin \theta = 1$. Dengan demikian didapatkan bahwa :

$$n_{\text{tertinggi}} = d / \lambda$$

CONTOH:

Cahaya monokromatik melawati sebuah kisi yang terdiri dari 5000 goresan tiap cm. Sudut bias orde dua adalah 30° . Tentukan panjang gelombang yang digunakan!

Jawab :

Tetapan kisi $d = 1/5000$ cm.

Jadi : $d \sin \theta = n \lambda$

$$(1/5000) \sin 30 = 2 \lambda \text{ atau } \lambda = 5 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

SOAL:

10. Cahaya monokromatik dengan panjang gelombang 6000 Armstrong datang tegak lurus pada kisi. Diketahui, orde ketiga membentuk sudut 30° . Tentukan : jumlah goresan tiap cm!
11. Cahaya monokromatik dengan panjang gelombang 500 nm melewati sebuah kisi yang memiliki lebar celah 2 mikrometer. Tentukan : (a) sudut bias garis terang untuk $n=1$ (b) orde maksimum yang mungkin teramat!

Lebih jauh tentang difraksi...

Pernahkah kamu memperhatikan sorot lampu sebuah mobil dari kejauhan hingga mendekatimu? Bukankah saat jauh kedua lampu nampak menjadi satu, namun semakin dekat maka kedua lampu tampak terpisah. Mengapa?



www.wallpapersmash.com

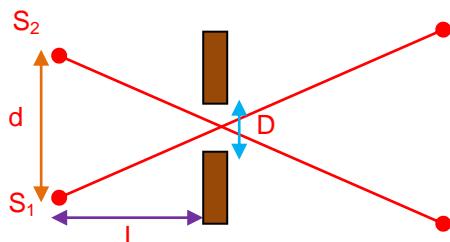
Sorot lampu semakin jelas saat mendekati pengamat akibat daya urai alat optik



Lord Rayleigh adalah ilmuwan yang menyelidiki batasan bagaimana dua buah titik masih dapat dipisahkan oleh alat optik (termasuk mata). Menurut dia, dua benda titik dapat dibedakan atau dipisahkan oleh alat optik jika *pusat pola difraksi benda titik pertama berimpit dengan pita gelap (minimum) ke satu pola difraksi benda kedua*, yang selanjutnya pernyataan ini disebut dengan **Kriteria Rayleigh**. Jarak terdekat dua buah titik yang masih terlihat terpisah disebut dengan **daya urai** atau **batas resolusi**.

Ilustrasi daya urai

Jika ada dua sumber cahaya (S_1 dan S_2) masing-masing memancarkan panjang gelombang λ , keduanya terpisah pada jarak d , cahaya memasuki alat optik dengan bukaan D , dan jarak sumber cahaya ke alat optik adalah L maka :



Akan berlaku :

$$\frac{d}{L} = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

TEMA – TEKNIK

Bayangkan kamu berada di tengah-tengah rel kereta api. Bagaimana kamu bisa memperkirakan panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh rel kereta api itu?

MODUL – 4

STANDAR KOMPETENSI :

4. Menerapkan konsep kelistrikan dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi

KOMPETENSI DASAR

- 4.1. *Menerapkan konsep gaya listrik, medan listrik, dan hukum Gauss pada suatu distribusi muatan*

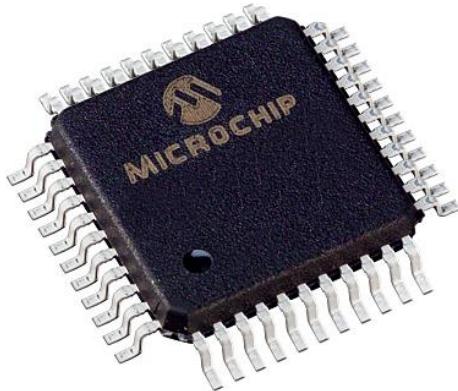
MATERI POKOK	INDIKATOR
a. Hukum Coulomb	Memformulasikan hukum Coulomb
b. Medan Listrik	Memformulasikan medan listrik untuk muatan titik
c. Hukum Gauss	Memformulasikan hukum Gauss
d. Medan Listrik distribusi muatan	Memformulasikan medan listrik akibat distribusi muatan listrik
e. Potensial Listrik	Memformulasikan potensial listrik akibat muatan listrik
f. Energi Potensial Listrik	Menunjukkan sifat konservatif
g. Kapasitor	Menentukan prinsip rangkaian seri paralel kapasitor Menentukan energi kapasitor

BAB – 4

MEDAN LISTRIK



Microchip, dari bahan semikonduktor (silicon), sebagai “otak” perangkat elektronika.



www.narincomicro.com

Hukum Coulomb

Dua buah muatan listrik sejenis akan saling tolak menolak. Sebaliknya, dua buah muatan listrik yang berlainan jenis akan tarik menarik. Menurut Coulomb, gaya yang muncul akibat interaksi dua muatan listrik sebanding dengan muatan listrik itu dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara dua muatan. Untuk di ruang hampa atau udara dirumuskan :

Untuk menghitung gaya, tanda minus pada muatan tidak perlu dimasukkan dalam persamaan.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Dengan : F = gaya Coulomb yang dirasakan tiap muatan listrik (N)
 k = konstanta = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$
 q_1, q_2 = muatan 1 dan muatan 2
 r = jarak pisah muatan q_1 dan q_2

Pengaruh Medium

Jika interaksi dua buah muatan berada dalam medium selain udara atau ruang hampa maka konstanta k pada persamaan di atas akan berubah. Hal ini karena :

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon} \text{ dan } \epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

Dengan :

ϵ = permitivitas bahan

ϵ_r = permitivitas relatif (> 1)

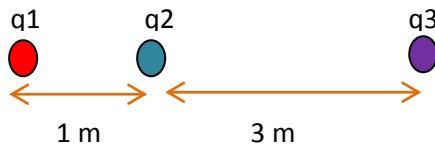
$$\begin{aligned}\epsilon_0 &= \text{permitivitas ruang hampa/udara} \\ &= 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}\end{aligned}$$

Dengan demikian, jika dua muatan diletakkan dalam bahan/medium bukan udara (vakum) maka gaya Coulombnya akan berkurang. Perbandingan gaya Coulomb di dalam bahan dan di vakum/udara adalah :

$$\frac{F_{\text{bahan}}}{F_{\text{vakum}}} = \frac{\epsilon_{\text{vakum}}}{\epsilon_{\text{bahan}}} = \frac{\epsilon_0}{\epsilon_0 \epsilon_r} = \frac{1}{\epsilon_r}$$

SOAL

1. Dua buah muatan $q_1 = 2 \text{ nC}$ dan $q_2 = 3 \text{ nC}$ terpisah pada jarak 30 cm. Tentukan gaya tolak yang dialami oleh salah satu muatan!
2. Dua muatan $+q_1$ dan $-q_2$ terpisah pada jarak r . Besar gaya tarik yang dialami oleh salah satu muatan itu adalah F . Tentukan besar gaya tariknya jika :
 - a. Jarak pisah kedua muatan menjadi 2 kali semula
 - b. Jarak pisah kedua muatan menjadi $1/3$ kali semula
 - c. Besar masing-masing muatan dilipatkan 2 kalinya, dan jaraknya diubah menjadi $1/2$ kali semula
3. Di udara, dua muatan sejenis mengalami gaya tolak menolak sebesar F . Kedua muatan itu kemudian diletakkan dalam sebuah bahan dengan jarak tetap, tentukan gaya tolak yang dialami masing-masing muatan jika permitivitas relatifnya :
 - a. 2
 - b. 5
4. Tiga buah muatan $q_1 = +1 \mu\text{C}$, $q_2 = -2 \mu\text{C}$, dan $q_3 = -3 \mu\text{C}$ diletakkan pada garis hubung yang sama seperti gambar berikut:

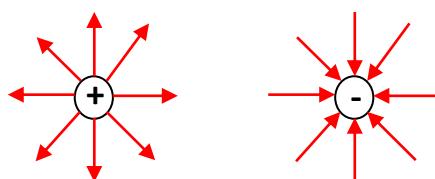


- a. Gambarkan arah gaya yang dialami oleh tiap muatan
- b. Gaya total yang dialami muatan q_1
- c. Gaya total yang dialami muatan q_2
- d. Gaya total yang dialami muatan q_3
5. Dua buah muatan $q_1 = +9 \text{ nC}$ dan $q_2 = -16 \text{ nC}$ terpisah pada jarak 4 m. Di manakah muatan $q_3 = +2 \text{ nC}$ harus diletakkan agar gaya total yang dialami muatan q_3 sama dengan nol?

6. Tiga buah muatan $q_1 = -1 \text{ nC}$, $q_2 = +2 \text{ nC}$, $q_3 = +3 \text{ nC}$ diletakkan pada sudut-sudut sebuah segitiga sama sisi yang memiliki panjang rusuk 3 cm. Tentukan besar gaya total yang dialami oleh muatan q_2 !

Medan Listrik

Arah medan listrik selalu radial **menjauhi muatan sumber positif** dan radial **masuk ke muatan sumber negatif** seperti gambar :



Kuat Medan Listrik (E)

Kuat medan listrik menyatakan besarnya gaya listrik yang dialami oleh muatan uji dibagi besar muatan uji itu sendiri.

Dirumuskan :

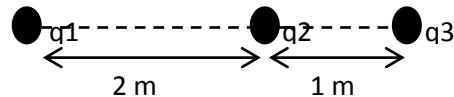
$$E = \frac{F}{q_0}$$

Dengan : F = gaya Coulomb (N)
 E = kuat medan listrik (N/C)
 q_0 = muatan uji (C)

SOAL

- Muatan $q = 3 \text{ pC}$ mengalami gaya coulomb $12 \times 10^{-3} \text{ N}$. Tentukan kuat medan listrik di titik di mana muatan q itu berada!
- Dua buah muatan listrik $q_1 = +4 \text{ C}$ dan $q_2 = -9 \text{ C}$ terpisah pada jarak 6 m. Tentukan kuat medan listrik di tengah-tengah antara kedua muatan itu!

3. Tiga buah muatan listrik $q_1 = -9 \text{ C}$, $q_2 = 4 \text{ C}$, dan $q_3 = 2 \text{ C}$ diletakkan seperti gambar berikut :

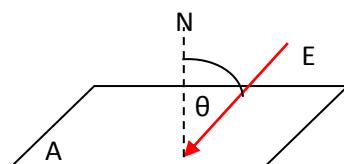


- Berapakah kuat medan listrik total yang dialami oleh muatan q_3 ?
4. Dua muatan listrik $q_1 = 9 \text{ C}$ dan $q_2 = 16 \text{ C}$ terpisah pada jarak 5 m. Di manakah kuat medan listrik total akibat kedua muatan itu bernilai nol?
5. Tiga buah muatan $q_1 = 1 \text{ C}$; $q_2 = -2 \text{ C}$; $q_3 = -3 \text{ C}$ diletakkan pada sudut-sudut segitiga sama sisi dengan panjang sisi 3 m. Tentukan besar medan listrik yang dirasakan muatan q_3 !

Hukum Gauss

Fluks listrik (Φ)

Definisi : jumlah garis-garis medan listrik yang menembus suatu luasan secara tegak lurus.

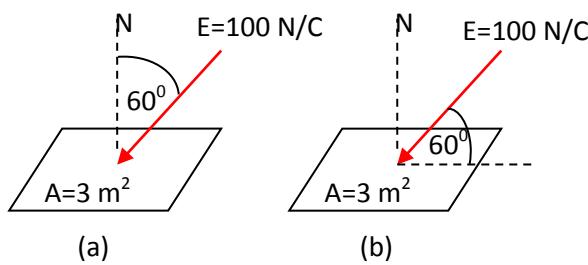


$$\Phi = E A \cos \theta$$

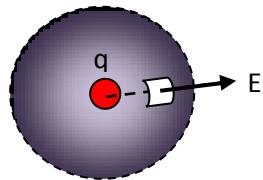
Dimana ϕ dinyatakan dalam weber

SOAL

1. Medan listrik homogen 80 N/C menembus tegak lurus suatu permukaan 80 cm^2 . Tentukan fluks listrik!
2. Tentukan fluks listrik berikut!



Hukum Gauss



Gauss menyatakan hukumnya bahwa *fluks listrik yang menembus suatu permukaan tertutup sama dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup itu (permukaan Gauss) dibagi dengan permitivitas udara ϵ_0 .*

Meskipun hukum Gauss berlaku untuk semua jenis bentuk permukaan ataupun ruang, tetapi untuk lebih menyederhanakan digunakan bentuk bola dengan jari-jari r dan elemen luasan yang ditembus medan listrik adalah dS . Maka hukum Gauss dirumuskan :

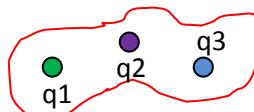
$$\epsilon_0 \oint E \cdot dS = q$$

Atau di SMA sering ditulis :

$$\phi = EA \cos \theta = \frac{\Sigma q}{\epsilon_0}$$

SOAL

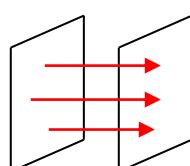
1. Tiga buah muatan $q_1 = 3 \text{ C}$; $q_2 = -2 \text{ C}$ dan $q_3 = 5 \text{ C}$ berada di dalam suatu wadah seperti gambar berikut:



Tentukan fluks listrik yang menembus luasan itu!

Penerapan Hukum Gauss untuk beberapa kondisi khusus

➤ Keping sejajar



Jika dua keping sejajar masing-masing luasannya A dan salah satu keping diberi muatan $+q$ sedangkan keping lainnya $-q$ maka di antara kedua keping timbul medan listrik. Besar medan listrik di antara kedua keping dapat dihitung menggunakan hukum Gauss :

$$E A \cos \theta = q/\epsilon_0$$

Karena kedua keping sejajar maka nilai $\cos \theta = 1$ sehingga :

$$E = \frac{q}{A\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Di mana $\sigma = q/A$ sebagai rapat muatan

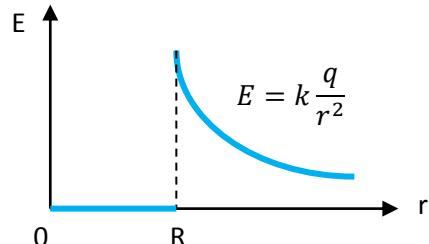
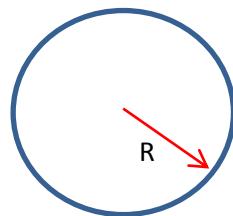
➤ Bola berongga

Hukum Gauss dapat meramalkan bahwa jika muatan diberikan pada sebuah bola berongga maka muatan itu akan terdistribusi di permukaan bola saja.

Karena di dalam bola berongga tidak mengandung muatan listrik, maka medan listrik E di dalam bola berongga sama dengan nol.

Bagaimana di permukaan dan di luar bola? Dengan menggunakan hukum Gauss kita akan mendapatkan grafik seperti di bawah ini.

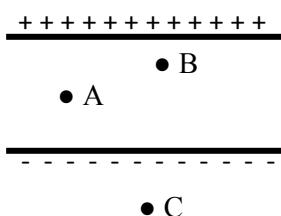
Muatan pada bola berongga berjari-jari R akan terdistribusi merata pada permukaannya



Grafik medan listrik terhadap variasi jarak pada bola berongga berjari-jari R

SOAL

- Dua buah keping sejajar diberi muatan listrik seperti gambar di bawah ini :



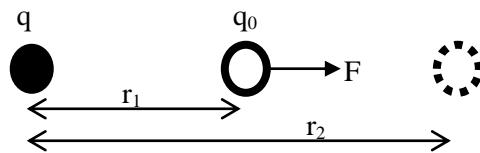
Apakah kuat medan listrik yang dirasakan oleh A, B, dan C sama?
Jelaskan!

2. Berdasarkan soal no 1 di atas, jika masing-masing keping luasnya 40 cm^2 dan besar muatan pada tiap keping $6 \mu\text{C}$, tentukan kuat medan listrik di antara dua keping itu!

Energi Potensial Listrik

Usaha yang dilakukan gaya Coulomb merupakan usaha **konservatif**, artinya hanya bergantung pada posisi awal dan akhir saja dan tidak bergantung pada lintasannya. Jadi saat kita memindahkan sebuah muatan dari titik 1 ke titik 2 maka *usaha yang dilakukan merupakan perubahan energi potensialnya*.

Usaha yang dibutuhkan untuk memindahkan muatan listrik dari titik 1 ke titik 2 adalah :



$$W_{12} = -kq_0q \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Usaha di atas merupakan perubahan energi potensial, sehingga dapat dituliskan menjadi :

$$W_{12} = -\Delta EP$$

Beda Potensial Listrik

Perubahan energi potensial saat kita memindahkan muatan uji dari titik 1 ke titik 2 per satuan muatan uji disebut dengan beda potensial. Jadi :

$$\Delta V_{12} = \frac{\Delta EP_{12}}{q_0} = kq \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Potensial Mutlak

Potensial mutlak adalah perubahan energi potensial per satuan muatan uji saat kita memindahkan muatan uji dari suatu titik yang jauh tak berhingga ke suatu titik tertentu. Jadi :

$$V = k \frac{q}{r}$$

Potensial akibat Banyak Muatan Sumber Titik

Jika sebuah titik dipengaruhi oleh banyak muatan sumber titik, maka besar potensial di titik itu adalah :

$$V = k \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \dots \right) = k \sum_{i=1}^{i=n} \frac{q_i}{r_i}$$

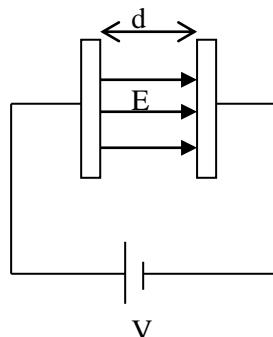
Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Energi mekanik suatu muatan adalah kekal, dengan demikian berlaku :

$$\begin{aligned} EM_1 &= EM_2 \\ EP_1 + EK_1 &= EP_2 + EK_2 \end{aligned}$$

$$qV_1 + \frac{1}{2} mv_1^2 = qV_2 + \frac{1}{2} mv_2^2$$

Hubungan Potensial dan Medan Listrik Keping Sejajar



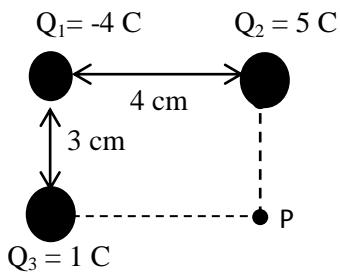
Beda potensial antara kedua keping sejajar merupakan perkalian antara kuat medan listrik E dan jarak kedua keping d , dirumuskan :

$$\Delta V = E \cdot d$$

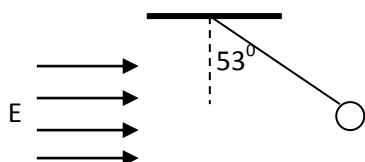
SOAL

1. Muatan uji $q_0 = 3 \text{ nC}$ berada pada jarak 0,2 mm dari sebuah muatan $q = 6 \text{ nC}$. Jika muatan q_0 dipindahkan ke sebuah titik yang jaraknya 1 mm dari muatan q , berapakah usaha yang dibutuhkan untuk memindahkan muatan itu?
2. Berdasarkan soal no 1 di atas, berapakah beda potensial antara titik awal dan akhir muatan uji berada?

3. Tentukan potensial mutlak di titik P pada gambar berikut!

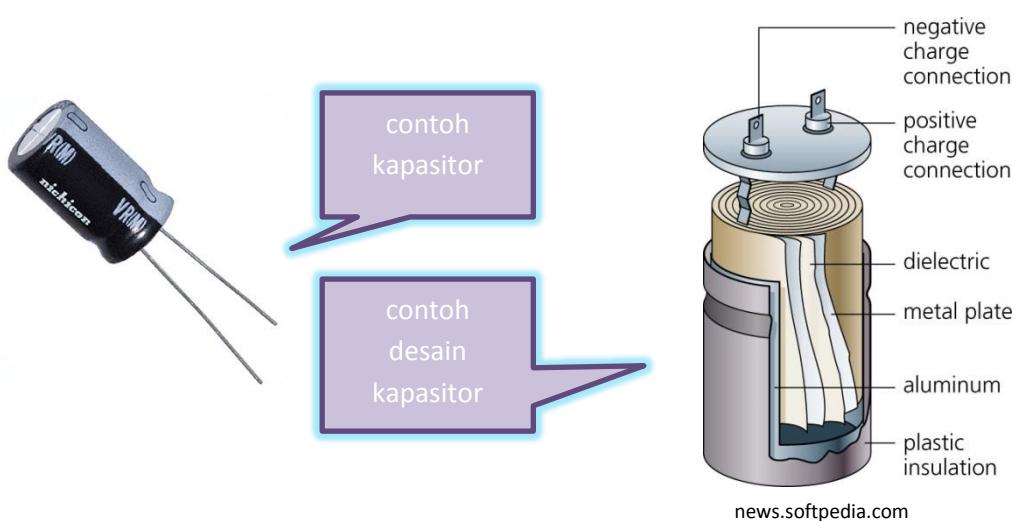


4. Dua keping sejajar diberi beda potensial 100 kV. Sebuah elektron $m=9 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $q_e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ dilepaskan dari keping negatif dari kondisi diam. Tentukan kecepatan elektron saat menumbuk keping positif!
5. Dua buah keping sejajar terpisah pada jarak 0,4 cm. Jika kedua keping diberi beda potensial 200 V, tentukan kuat medan listrik di antara kedua keping itu!
6. Sebuah gotri 0,4 g digantung pada seutas tali ringan kemudian diletakkan dalam medan listrik homogen 500 N/C. Gotri itu setimbang saat membentuk sudut 53° seperti gambar berikut :



Tentukan : (a) jenis muatan pada gotri (b) besar muatan pada gotri

KAPASITOR



A. SEJARAH



Kapasitor (piranti untuk menyimpan muatan dan energi listrik) pertama kali adalah botol Leyden yang diciptakan oleh Pieter Van Musschenbroek (fisikawan Jerman) pada tahun 1746. Botol Leyden merupakan dasar pembuatan kapasitor kertas, elektrolit (elco), kapasitor variabel.

B. PENGGUNAAN

Hampir setiap rangkaian elektronika menggunakan kapasitor. Beberapa penerapan kapasitor adalah :



ergonomicssimplified.com



novuslabz.com



amazon.com

C. KAPASITAS KAPASITOR

Adalah kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik pada beda potensial tertentu. Dirumuskan :

$$C = \frac{Q}{V}$$

Di mana C dalam SI dinyatakan dalam farad (F); Q dalam coulomb, dan V dalam volt.

Perhatikan! Kapasitas kapasitor **tidak bergantung pada muatan yang diberikan dan beda potensial** pada kedua keping kapasitornya, namun bergantung pada bentuk geometri kapasitor yaitu :

- Jarak antar keping kapasitor (d)
- Luas penampang keping (A)
- Bahan yang disisipkan di antara kedua keping kapasitor (dielektrik) (ϵ)

Dirumuskan :

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

D. PENGARUH BAHAN DIELEKTRIK

Permitivitas relatif ϵ_r merupakan perbandingan antara permitivitas bahan (ϵ) terhadap permitivitas udara (ϵ_0), dirumuskan :

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

Nilai $\epsilon_r > 1$.

Sehingga kapasitas kapasitor yang disisipi bahan menjadi :

$$C = \epsilon_r C_0$$

Kesimpulan : saat disisipi bahan dielektrik, nilai kapasitasnya makin besar.

Dua kondisi kapasitor yang perlu diingat :

1. Baterai tidak dihubungkan

Saat kapasitor udara diisi muatan dan baterai diputus dari rangkaian, kemudian di antara kedua keping disisipi bahan dielektrik, maka potensial kedua keping akan berkurang. Prinsipnya : muatan pada kapasitor itu adalah kekal (sama sebelum dan setelah disisipi bahan dielektrik). Dirumuskan :

$$q = q_0 \text{ sehingga } V = \frac{V_0}{\epsilon_r} \text{ dan } E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$$

Kesimpulan : *beda potensial dan medan listrik semakin kecil.*

2. Baterai tetap dihubungkan

Saat kapasitor udara diisi muatan dan tetap dihubungkan dengan baterai, kemudian di antara kedua keping disisipi bahan dielektrik, maka potensial di antara kedua keping tetap. Berarti setelah disisipi yang berubah adalah muatannya. Prinsipnya : tegangan tetap (baik sebelum disisipi maupun setelah disisipi bahan dielektrik), sehingga :

$$V = V_0 \text{ atau } \frac{q}{C} = \frac{q_0}{C_0} \text{ sehingga } q = \epsilon_r q_0$$

Kesimpulan : *Nilai muatan akan semakin besar.*

E. RANGKAIAN SERI KAPASITOR

Kapasitas total kapasitor akan semakin kecil jika kapasitor disusun seri :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

Prinsipnya : saat beberapa kapasitor disusun seri maka muatan (q) pada setiap kapasitor sama.

F. RANGKAIAN PARALEL KAPASITOR

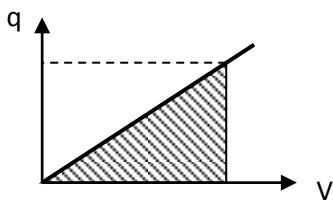
Kapasitas total kapasitor akan semakin besar jika susunan adalah parallel.

$$C = C_1 + C_2 + \dots$$

Prinsipnya : saat beberapa kapasitor disusun parallel maka tegangan V pada setiap kapasitor adalah sama.

G. ENERGI POTENSIAL KAPASITOR

Hubungan antara muatan q yang tersimpan di dalam kapasitor saat kapasitor dihubungkan dengan tegangan v dapat dilihat dari grafik berikut ini!

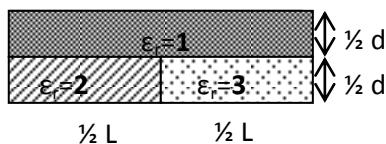


Energi potensial (W) kapasitor sama dengan luas yang diarsir sehingga :

$$W = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

SOAL

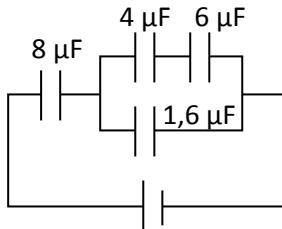
1. Sebuah kapasitor memiliki kapasitas 6 nF dihubungkan dengan tegangan 12 V hingga penuh. Berapa muatan yang tersimpan dalam kapasitor?
2. Saat kapasitor diisi muatan 8 nC , tegangan pada kapasitor menunjukkan 4 V . Hitung kapasitas kapasitor itu!
3. Sebuah kapasitor keping sejajar terpisah pada jarak $0,8 \text{ mm}$ dan memiliki luas penampang 10 cm^2 . Jika jaraknya dijadikan 3 kali semula dan luas penampangnya dijadikan 0,5 kali semula maka perbandingan kapasitas kapasitor mula-mula dan sekarang adalah....
4. Sebuah kapasitor keping sejajar memiliki luas penampang A , jarak antar keping d , kapasitas C_0 saat diisi udara. Ke dalam kapasitor itu kemudian disisipkan tiga macam bahan dielektrik dengan permitivitas relatif berturut-turut $1,2,3$ seperti gambar berikut :



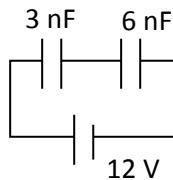
- Tentukan kapasitas kapasitor sekarang! Nyatakan dalam C_0 !
5. Kapasitor udara dengan kapasitas $12 \mu\text{F}$ diisi muatan hingga penuh sebesar $72 \mu\text{C}$. Setelah penuh, baterai dilepas dan ke dalam kapasitor disisipkan bahan dielektrik dengan permitivitas relatif 6. Tentukan tegangan kapasitor itu sekarang!

6. Kapasitor udara dihubungkan dengan baterai 12 V dan kapasitor penuh dengan muatan sebesar $24 \mu\text{F}$. Dengan tetap terhubung dengan baterai, kapasitor itu disisipi bahan dielektrik dengan permitivitas relatif 4. Berapakah muatan yang dapat tersimpan dalam kapasitor itu sekarang?

7. Tentukan kapasitas total kapasitor pada rangkaian berikut!

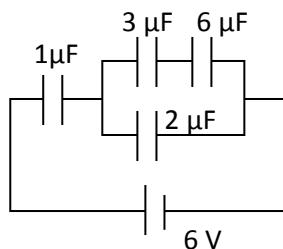


8. Perhatikan rangkaian kapasitor berikut!



Hitung :

- a. Kapasitas total
 - b. Muatan total
 - c. Muatan pada tiap kapasitor
 - d. Tegangan pada tiap kapasitor
 - e. Energi pada tiap kapasitor
9. Perhatikan rangkaian kapasitor berikut ini!



Tentukan energi yang tersimpan pada setiap kapasitor!

☺ ☺ ☺
GOOD LUCK