



Hidup di tengah Gelombang Bunyi dan Cahaya

MODUL TEMA 10

FISIKA PAKET C SETARA SMA/MA
KELAS XI



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat
Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan
Tahun 2018

Hak Cipta © 2018 pada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Dilindungi Undang-Undang

Fisika Paket C Tingkatan V Modul Tema 10
Modul Tema 10 : Hidup Di Tengah Gelombang Bunyi dan Cahaya

- Penulis: Marga Surya Mudhari, Drs, MT
- Diterbitkan oleh: Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan-
Ditjen Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat-Kementerian Pendidikan dan
Kebudayaan, 2018

vi+ 64 hlm + ilustrasi + foto; 21 x 28,5 cm

Modul Dinamis: Modul ini merupakan salah satu contoh bahan ajar pendidikan kesetaraan yang berbasis pada kompetensi inti dan kompetensi dasar dan didesain sesuai kurikulum 2013. Sehingga modul ini merupakan dokumen yang bersifat dinamis dan terbuka lebar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi daerah masing-masing, namun merujuk pada tercapainya standar kompetensi dasar.

Kata Pengantar

Pendidikan kesetaraan sebagai pendidikan alternatif memberikan layanan kepada masyarakat yang karena kondisi geografis, sosial budaya, ekonomi dan psikologis tidak berkesempatan mengikuti pendidikan dasar dan menengah di jalur pendidikan formal. Kurikulum pendidikan kesetaraan dikembangkan mengacu pada kurikulum 2013 pendidikan dasar dan menengah hasil revisi berdasarkan peraturan Mendikbud No.24 tahun 2016. Proses adaptasi kurikulum 2013 ke dalam kurikulum pendidikan kesetaraan adalah melalui proses kontekstualisasi dan fungsionalisasi dari masing-masing kompetensi dasar, sehingga peserta didik memahami makna dari setiap kompetensi yang dipelajari.

Pembelajaran pendidikan kesetaraan menggunakan prinsip *flexible learning* sesuai dengan karakteristik peserta didik kesetaraan. Penerapan prinsip pembelajaran tersebut menggunakan sistem pembelajaran modular dimana peserta didik memiliki kebebasan dalam penyelesaian tiap modul yang di sajikan. Konsekuensi dari sistem tersebut adalah perlunya disusun modul pembelajaran pendidikan kesetaraan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan melakukan evaluasi ketuntasan secara mandiri.

Tahun 2017 Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan, Direktorat Jendral Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat mengembangkan modul pembelajaran pendidikan kesetaraan dengan melibatkan Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru dan tutor pendidikan kesetaraan. Modul pendidikan kesetaraan disediakan mulai paket A tingkat kompetensi 2 (kelas 4 Paket A). Sedangkan untuk peserta didik Paket A usia sekolah, modul tingkat kompetensi 1 (Paket A setara SD kelas 1-3) menggunakan buku pelajaran Sekolah Dasar kelas 1-3, karena mereka masih memerlukan banyak bimbingan guru/tutor dan belum bisa belajar secara mandiri.

Kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan modul ini.

Jakarta, Desember 2018

Direktur Jenderal

Harris Iskandar

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Petunjuk Penggunaan Modul	v
Tujuan yang Diharapkan Setelah Mempelajari Modul	vi
UNIT 1 KARAKTERISTIK GELOMBANG	1
A. Ciri-Ciri Gelombang	3
B. Jenis Gelombang	6
Uji Kompetensi	13
UNIT 2 GELOMBANG STASIONER DAN GELOMBANG BERJALAN	15
A. Gelombang Stasioner	15
B. Gelombang Berjalan	16
C. Sifat-Sifat Gelombang	19
D. Pemantulan Gelombang	19
Uji Kompetensi	23
UNIT 3 GELOMBANG BUNYI DAN CAHAYA	25
A. Spektrum Gelombang Elektromagnetik	26
B. Gelombang Radio MW	28
C. Gelombang Televisi	28
D. Gelombang Radio FM	29
E. Gelombang Mikro	29
F. Gelombang Inframerah	30
G. Gelombang Cahaya	31
H. Gelombang Ultraungu	32
I. Gelombang Sinar-X	33
J. Gelombang Sinar Gamma	33
K. Kejadian Gelombang Elektromagnetik	34
L. Aplikasi Gelombang Elektromagnetik	40
Uji Kompetensi	44
UNIT 4 ALAT-ALAT OPTIK	47
A. Mata dan Kacamata	48
B. Kamera	50
C. Lup	51
D. Mikroskop	52
E. Teropong Bintang	53
Uji Kompetensi	54
Rangkuman	58
Penilaian dan Kunci Jawaban	61
Daftar Istilah	62
Saran Referensi	63
Daftar Pustaka	63
Profil	64

HIDUP DI TENGAH GELOMBANG BUNYI DAN CAHAYA

Petunjuk Penggunaan Modul



Modul tentang 'Hidup di tengah Gelombang Bunyi dan Cahaya' terdiri dari karakteristik gelombang secara umum dengan sifat-sifat tertentu, seperti merambat lurus pada medium yang setara, memantul, membias, hingga terjadinya interferensi dan difraksi. Pola gelombang yang berbeda antara gelombang transversal dengan longitudinal memerlukan pengamatan yang cermat karena sifat dan dampaknya yang juga berbeda. Selanjutnya mengenai perbedaan antara gelombang bunyi dengan gelombang cahaya, serta penerapannya sehari-hari di lingkungan sekitar. Juga keterkaitan antara gelombang cahaya dengan gelombang elektromagnetik. Semua gejala alam tentang gelombang tersebut sudah berada di sekitar kita, bahkan memberikan ketergantungan pada kehidupan manusia. Hampir semua alat-alat pada kehidupan manusia khususnya di bidang komunikasi, sangat berhubungan erat dengan gelombang, misalnya radio, televisi, telepon seluler (*handphone/HP*), dan lainnya. Apalagi sekarang merupakan abad millenium yang ditandai dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, sehingga alat-alat komunikasi seolah menjadi sangat berperan penting dalam kehidupan manusia. Oleh karena itu pembahasan tentang gelombang ini sangat penting karena berkaitan dengan kegiatan kita sehari-hari. Dapat dibayangkan betapa sulitnya manusia berkomunikasi tanpa peran serta gelombang bunyi dan cahaya.

Modul ini terdiri dari pengantar yang berfungsi sebagai dasar pemikiran untuk memotivasi para pembaca; uraian materi sebagai gejala dan atau konsep dasar yang perlu dicermati; penugasan

kegiatan agar pembaca bisa mengalami sendiri suatu permasalahan; contoh soal memberi contoh kepada pembaca cara mengatasi suatu permasalahan; soal latihan dan tugas untuk melatih pembaca mengatasi permasalahan.



Tujuan yang Diharapkan Setelah Mempelajari Modul

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan peserta didik dapat

1. Menjelaskan perambatan gelombang melalui suatu medium
2. Menguraikan karakteristik gelombang transversal dan longitudinal
3. Menjelaskan gejala superposisi, pemantulan, dan interferensi gelombang
4. Memberikan contoh gejala superposisi, pemantulan, dan interferensi gelombang dalam kehidupan sehari-hari
5. Menjelaskan gejala dispersi gelombang
6. Memberi contoh gejala dispersi gelombang dalam kehidupan sehari-hari
7. Menjelaskan gejala polarisasi gelombang
8. Menggunakan Efek Doppler dalam mengamati gejala gerak gelombang
9. Menjelaskan peristiwa interferensi cahaya pada celah ganda
10. Menjelaskan terjadinya gejala difraksi cahaya
11. Menjelaskan gejala polarisasi cahaya yang terjadi di lingkungan sekitar
12. Menjelaskan karakteristik gelombang bunyi
13. Menggolongkan gelombang bunyi berdasarkan nilai frekwensinya
14. Membandingkan tinggi nada bunyi pada beberapa sumber bunyi
15. Menjelaskan hubungan antara cepat rambat bunyi dengan frekwensi dan panjang gelombang
16. Menjelaskan gejala pelayangan bunyi
17. Memberi contoh peristiwa interferensi dan resonansi bunyi pada kehidupan sehari-hari.
18. Memberi contoh penerapan konsep bunyi pada beberapa produk teknologi

UNIT 1

KARAKTERISTIK GELOMBANG



sumber: www.teknolojixhaber.com

Gambar 1. Satelit komunikasi menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai media komunikasi lintas benua

Pernahkah mengunjungi pantai pada waktu liburan? Perhatikan gerak air yang tampak di tepi pantai. Apakah tampak naik-turun?

Air di tepi pantai tampak selalu bergerak. Pada gerak air tersebut tampak puncak dan lembah gerak air yang menyusuri pantai. Kita menyebut gerak air yang merambat naik-turun tersebut sebagai gerak gelombang air di tepi pantai.

Pernahkah mendengar suara alunan musik? Suara alunan musik yang merdu sering membuat kita terlena. Kombinasi nada tinggi dan rendah yang harmonis bisa menciptakan keindahan tersendiri. Apalagi jika ditimpali dengan variasi warna musik yang berbeda, seperti suara gitar, bass, drum, piano, biola, dan lainnya.

Setiap jenis musik tersebut mempunyai warna suara yang berbeda, hingga kita bisa membedakan suara antara jenis alat-alat musik tersebut. Bagaimana cara kita membedakan suara atau bunyi yang berasal dari alat musik yang berbeda?

Masih berkaitan dengan gelombang, kita bisa membahas tentang cahaya. Apa yang dimaksud

dengan cahaya? Cahaya merupakan sesuatu yang sangat dekat dengan kehidupan kita sehari-hari. Begitu dekatnya dengan kita, hingga kita seolah-olah tidak bisa hidup tanpa cahaya. Bayangkan seandainya tidak ada cahaya di permukaan bumi ini, bagaimana kehidupan akan terus berlangsung?

Banyak ahli berpendapat bahwa jika tidak ada cahaya, maka tidak akan ada kehidupan di muka bumi ini. Suhu permukaan bumi akan turun hingga di bawah titik beku air. Tumbuh-tumbuhan tidak bisa melaksanakan proses fotosintesis untuk menghasilkan makanan dan akan mati karenanya. Hewan yang bergantung pada sumber makanan dari tumbuhan akan ikut mati karena tidak tersedia makanan. Begitu juga hewan pemakan daging juga akan kehilangan makanannya. Permukaan bumi menjadi tandus tiada kehidupan.

Begitu pentingnya cahaya bagi kehidupan, tapi tahukah apa itu cahaya? Ternyata cahaya adalah salah satu jenis gelombang, seperti juga bunyi/suara. Bedanya adalah bunyi digolongkan sebagai gelombang mekanik, sementara cahaya merupakan gelombang elektromagnetik. Walaupun begitu, kedua gelombang tersebut mempunyai ciri-ciri dan sifat umum yang sama.



sumber: medium.com

Gambar 2. Gerak gelombang pada permukaan air



sumber: elevenia.co.id

Gambar 3. Berbagai alat musik



sumber: <http://www.goodwp.com/>

Gambar 4. Matahari sebagai sumber cahaya dan juga kehidupan di permukaan bumi

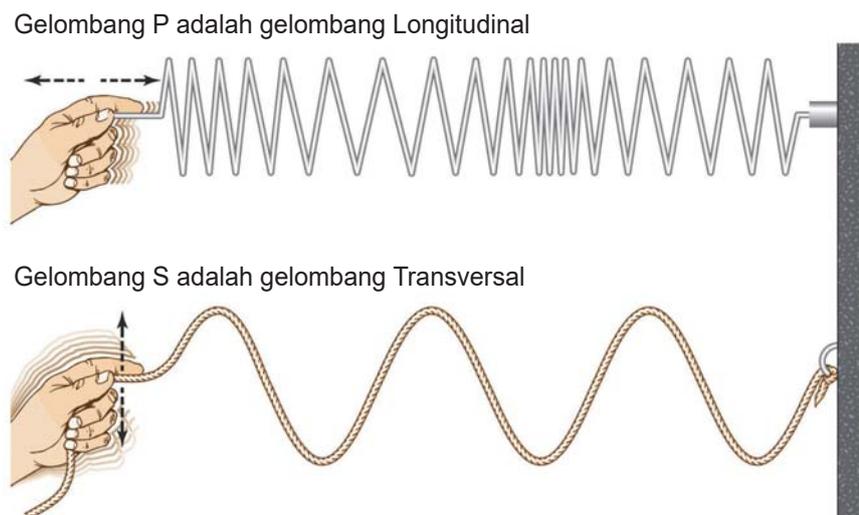
A. Ciri-Ciri Gelombang

Sebelum kita membahas lebih lanjut, agar kita lebih mudah memahami tentang gelombang, mari kita melakukan kegiatan berikut.

Penugasan 1 : Membuat Gelombang

Langkah Kegiatan 1

1. Sediakan seutas tali (atau benang) sepanjang 2 m (makin panjang makin baik)
2. Simpulkan salah satu ujung tali pada dinding (atau tiang) kira-kira pada ketinggian sekitar 1 m dari permukaan tanah.
3. Pada ujung yang lain, getarkan tali naik-turun secara teratur.
4. Amati gerak tali dari ujung yang satu ke ujung yang lain.
5. Buatlah kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan.



sumber: www.pinterest.com

Gambar 5. Gelombang yang merambat

Masih ada lagi kegiatan lainnya yang diharapkan bisa membantu pemahaman kita tentang gelombang sebagai berikut.

Langkah Kegiatan 2

1. Sediakan sebuah wadah air berdiameter 30 cm (makin besar makin baik dan sebaiknya wadah tersebut tembus pandang).

2. Isikan dengan air hingga mencapai bibir wadah.
3. Biarkan permukaan air hingga tenang (ditunjukkan dengan permukaannya yang datar)
4. Tekan atau sentuh pada tengah permukaan air.
5. Amati yang terjadi pada permukaan air, juga dampaknya pada bibir wadah.
6. Buatlah kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan.



sumber: www.batan.go.id

Gambar 6. Gelombang pada permukaan air

Apa yang bisa kita simpulkan berdasarkan hasil pengamatan terhadap kedua kegiatan tersebut? Beberapa hal yang perlu menjadi perhatian berdasarkan gejala gelombang pada tali dan air, yaitu:

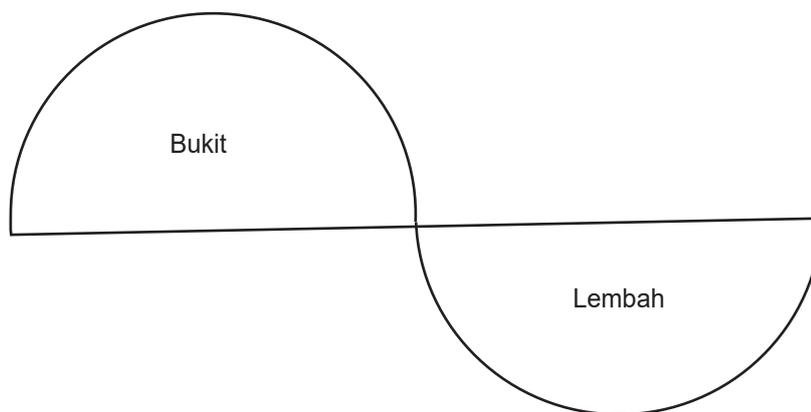
1. Adanya sumber gelombang yang bergetar
 Pada gejala gelombang tali dan air, ada titik yang merupakan sumber gelombang. Pada tali yang dipegang naik-turun secara teratur, merupakan getaran yang menimbulkan gelombang. Begitu juga pada permukaan air di dalam wadah yang naik-turun setelah disentuh, menimbulkan gelombang yang merambat. Pada kedua kasus itu, baik pada tali maupun permukaan air, terdapat sumber getaran yang menimbulkan gelombang.
 Bagaimana kita menghubungkan antara getaran dengan gelombang? Apakah gelombang bisa terjadi tanpa adanya getaran? Apa persamaan dan perbedaan getaran dengan gelombang?
2. Gelombang selalu merambat pada arah tertentu
 Pada gejala tali, gelombang merambat ke arah dinding atau tiang. Sementara pada gejala di air, gelombang merambat ke arah bibir wadah.
3. Adanya medium sebagai penghantar rambatan gelombang
 Baik pada tali maupun air, terdapat medium yang membantu gelombang bisa merambat.

Pada tali yang membentuk gelombang akibat adanya getaran pada salah satu ujung tali, medium penghantarnya adalah tali itu sendiri.

Bagaimana dengan gejala pada permukaan air? Apa medium yang membantu gelombang bisa merambat di atas permukaan air?

Berdasarkan bentuknya, baik gelombang pada tali maupun pada permukaan air, mempunyai ciri-ciri sebagai berikut.

1. Adanya bukit (dan lembah)
Pada setiap gelombang selalu ada bukit yang selalu diikuti dengan lembah.
2. Panjang gelombang
Setiap bukit dengan bukit berikutnya (atau lembah dengan lembah berikutnya) selalu berjarak sama, yang disebut sebagai panjang gelombang.
3. Amplitude
Kekuatan gelombang ditentukan oleh jarak antara simpang normal dengan bukit (atau antara simpang normal dengan lembah) yang disebut amplitude.
4. Periode
Waktu yang dibutuhkan gelombang merambat dari satu bukit ke bukit berikutnya (atau dari lembah ke lembah berikutnya) disebut periode.
5. Frekuensi
Banyaknya bukit yang dihasilkan oleh gelombang dalam satuan waktu tertentu (atau banyaknya lembah per satuan waktu tertentu) disebut frekuensi.
6. Cepat rambat
Gelombang merambat menempuh suatu jarak dalam waktu tertentu yang disebut cepat rambat.



Gambar 7. Gelombang



B. Jenis Gelombang

Perhatikan pada kegiatan di atas berupa gelombang pada tali dan pada permukaan air. Apa persamaan dari kedua bentuk gelombang tersebut?

Tampakkah bahwa arah getaran dan arah rambat pada gelombang tali dan gelombang permukaan air itu saling tegak lurus?

Keadaan pada suatu gelombang dimana arah getar dan arah rambat saling tegak lurus, maka gelombang tersebut digolongkan sebagai Gelombang Transversal.

Adakah gelombang yang arah getar dan arah rambatnya berimpit dan searah?

Pernahkah mendengar bunyi atau suara? Bagaimana bunyi atau suara tersebut bisa mencapai telinga kita?

Langkah Kegiatan 3

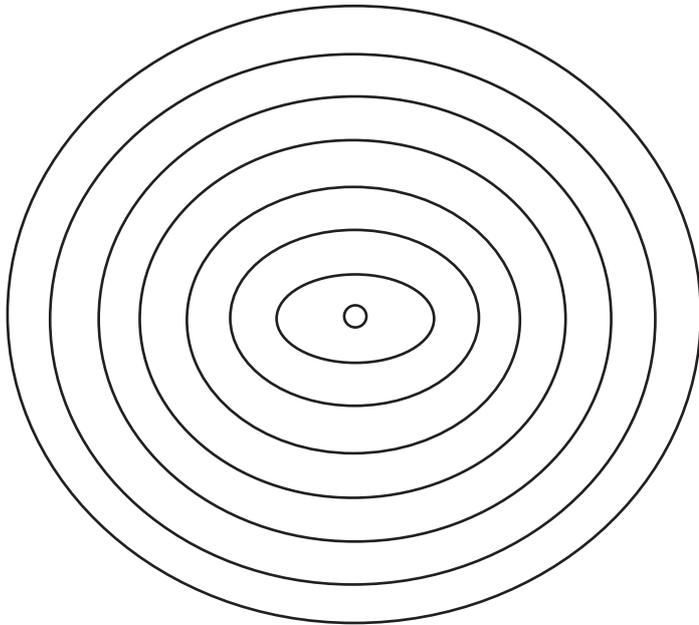
1. Sediakan seutas tali senar atau karet gelang, dan atau lembaran kertas/ kulit untuk gendang (lebih baik lagi jika mempunyai alat musik gitar dan atau gendang).
2. Getarkan tali senar tersebut (atau tabuhlah gendang). Tentukan apakah suara/ bunyi bisa ditangkap oleh telinga kita.
3. Buatlah kesimpulan mengapa bunyi/suara bisa mencapai telinga kita padahal tali senar dan atau lembaran kertas/kulit gendang tersebut tidak menyentuh telinga kita.

Dari kegiatan di atas tampaknya ada media yang menyalurkan getaran pada tali senar dan gendang tersebut ke telinga kita. Apakah media tersebut?

Kita telah mengetahui dari pembahasan terdahulu bahwa dii sekitar kita tidak kosong, tetapi ada benda yang menyebar ke segala secara merata. Benda tersebut adalah udara, terdiri dari partikel-partikel gas yang begitu kecil hingga tidak tampak oleh mata kita. Udara di sekitar kita tersebut berada di antara tali senar dan gendang ke telinga kita. Pada saat tali senar dan lembar gendang bergetar, getaran tersebut berpengaruh terhadap udara di sekitarnya yang ikut bergetar. Udara yang bergetar tersebut merambat ke telinga kita dan menggetarkan selaput gendang pada telinga kita, maka bunyi atau suara pada tali senar tersebut dapat didengar oleh kita.

Bagaimana udara bergetar?

Kita sulit membayangkan bahwa udara akan bergetar dan merambat seperti tali atau permukaan air. Pada contoh tali dan permukaan air, gambaran rambatan gelombang bisa diwujudkan melalui gambar 2 dimensi. Untuk udara yang bergetar dan merambat membutuhkan gambaran 3 dimensi.



Gambar 8. Gelombang longitudinal di udara: pada titik tengah merupakan sumber bunyi

merambat seolah-olah naik turun mengikuti arah rambat gelombang. Pada gelombang udara (gelombang longitudinal), gelombang merambat seolah maju mundur sambil merambat ke segala arah.

1. Sifat-Sifat Gelombang

Ada beberapa sifat gelombang yang berlaku baik untuk gelombang bunyi maupun untuk gelombang cahaya. Sifat-sifat tersebut adalah: pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), interferensi, dispersi, dan difraksi. Khusus untuk cahaya juga berlaku sifat polarisasi.

2. Refleksi gelombang

Pantulan gelombang terjadi apabila suatu gelombang mengenai suatu dinding yang lebih padat. Gejala pemantulan gelombang bisa kita misalkan dengan pemantulan pada gelombang tali. (selanjutnya dibahas lebih lanjut pada Unit 2 Gelombang Stasioner dan Gelombang Berjalan). Pada gelombang bunyi, pemantulan terjadi pada gejala gema atau gaung, sementara pada gelombang cahaya bisa kita lihat melalui cermin.

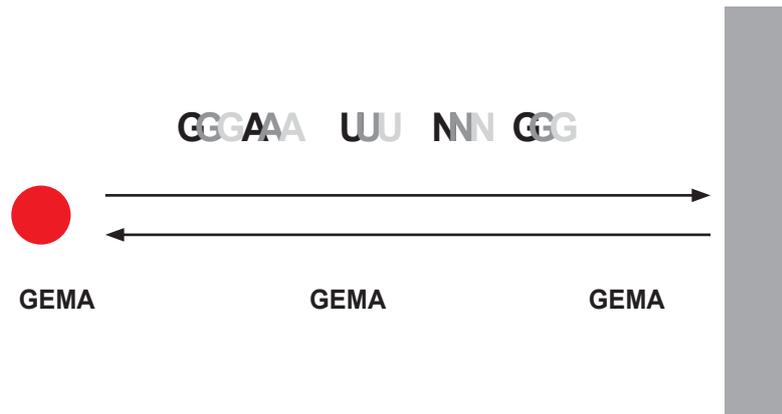
Pada gelombang tali, arah rambat gelombang pada satu arah saja, sementara pada permukaan air, arah rambat ke segala arah pada permukaan air saja (gambar 2 dimensi). Pada udara yang bergetar dan merambat, arah rambatan ke segala arah pada permukaan 3 dimensi. Tidak seperti pada gelombang tali dan permukaan air dimana arah getar dan arah rambat saling tegak lurus (gelombang transversal), pada gelombang udara arah rambat dan arah getar searah dan berimpit yang disebut sebagai gelombang longitudinal.

Pada gelombang tali dan permukaan air (gelombang transversal), gelombang



sumber: www.pexels.com

Gambar 9. Cermin



sumber: www.sainshack.com

Gambar 10 Gejala gema dan gaung

3. Refraksi Gelombang

Perhatikan gelombang yang terdapat pada gelombang air laut. Bagaimana keadaan gelombang berupa ombak yang menerpa pantai? Apakah tampak adanya perubahan panjang gelombang pada saat makin memasuki daratan? Panjang gelombang akan tampak makin lama makin pendek ketika makin memasuki daratan atau pantai. Bukan hanya itu, gelombang berupa ombak seolah-olah bisa merambat naik ke permukaan daratan lebih jauh ke tempat yang lebih tinggi. Seolah-olah gelombang mengalami pembengkokan/perubahan arah akibat adanya perubahan permukaan daratan yang makin lama makin tinggi.

Peristiwa perubahan atau pembelokan arah perambatan gelombang karena adanya perubahan panjang gelombang atau perubahan kecepatan gelombang disebut refraksi atau pembiasan gelombang.

Pembiasan gelombang air terjadi jika gelombang air merambat pada suatu tempat yang berbeda kedalamannya. Kenyataan menunjukkan bahwa cepat rambat gelombang di permukaan air berbeda pada kedalaman air yang berbeda. Sesuai dengan persamaan dasar gelombang : $v = \lambda \cdot f$, karena frekuensi gelombang (f) tetap, maka kecepatan (v) sebanding dengan panjang gelombang (λ). Pada air yang



sumber: www.nwetimes.com

Gambar 11 Gelombang air di tepi laut

dangkal, gelombang permukaan merambat lebih lambat daripada di air yang dalam, akibatnya panjang gelombang di tempat yang dangkal lebih pendek dari pada di tempat yang dalam. Bagaimana jika gelombang merambat di tempat air dalam?

Terjadinya pembiasan pada gelombang air yang merambat pada bentuk permukaan pantai yang tidak rata, mungkin sulit diamati lebih cermat. Oleh karena itu, lebih mudah jika kita mengamati gelombang cahaya yang merambat pada air. Misalnya suatu batang pensil yang diletakkan di air pada gelas tembus pandang. Bagaimana tampak batang pensil tersebut?

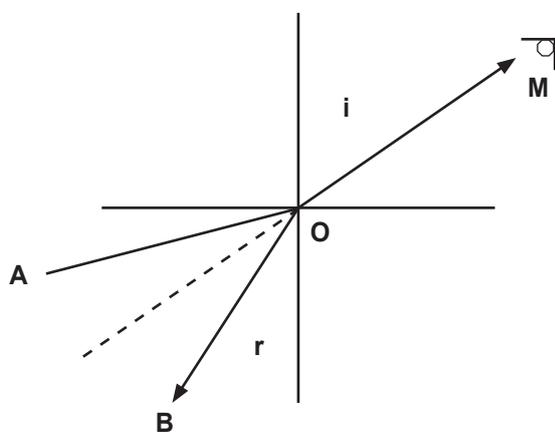


sumber: pixels.com

Gambar 12 Sebatang pensil di dalam air gelas

Perhatian!

Pada saat kita mengamati gejala pembiasan pada suatu objek benda, haruslah disadari bahwa yang sedang diamati adalah bayangan benda, bukan arah sinar yang merambat di dalam air. Jika bayangan benda seolah-olah membengkok ke arah garis permukaan, maka sebenarnya arah sinar membengkok ke arah garis tegak lurus (garis normal). Dapat diandaikan seandainya kita bercermin di depan cermin, tangan kanan kita seolah-olah di cermin menjadi tangan kiri.



Gambar 13. Jalur sinar dan jalur bayangan

Gambar di samping menunjukkan arah sinar cahaya yang ditangkap oleh mata (M), serta arah sinar cahaya yang mengalami pembiasan (OB) dan bayangan benda yang tampak oleh mata (OA).

Sudut antara arah sinar datang dengan garis normal disebut sudut datang (*i*) dan sudut antara arah sinar bias dengan garis normal disebut sudut bias (*r*). Hubungan antara sudut datang dengan sudut bias telah dirumuskan melalui hukum Snellius.

Hukum Snellius : $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

Dimana *n* = indek bias cairan yang membiaskan cahaya, dibandingkan dengan indek bias udara (*n* = 1) tempat asal arah sinar datang.

Adanya pembiasan menyebabkan terjadinya perubahan panjang gelombang yang berdampak juga terhadap cepat rambat gelombang itu sendiri. Hubungan antara kecepatan gelombang dan panjang gelombang adalah sebagai berikut.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Dimana : n_2 = indek bias medium 2 tempat terjadinya pembiasan

n_1 = indeks bias medium 1 tempat sinar berasal

i = sudut datang

r = sudut bias

v_1 = cepat rambat gelombang dalam medium 1

v_2 = cepat rambat gelombang dalam medium 2

λ_1 = panjang gelombang dalam medium 1

λ_2 = panjang gelombang dalam medium 2

4. Interferensi Gelombang

Kita telah bahas sebelumnya bahwa jika dua gelombang bertemu dan berimpitan lalu menghasilkan satu gelombang tunggal yang lebih kuat, maka kedua gelombang tersebut mengalami superposisi. Sementara itu, interferensi gelombang terjadi jika dua gelombang yang berasal dari dua sumber yang sama frekuensinya, mengalami interaksi atau saling bertemu. Kedua gelombang tersebut akan bersuperposisi, dan akan terjadi interferensi konstruktif (saling memperkuat) dan interferensi destruktif (saling memperlemah).

Interferensi konstruktif terjadi jika dua gelombang bersuperposisi dan menghasilkan gelombang yang lebih kuat ditunjukkan dengan amplitudo yang bertambah atau kedua gelombang saling memperkuat.

Sebaliknya, interferensi destruktif terjadi jika dua gelombang bersuperposisi dan menghasilkan gelombang yang lebih lemah ditunjukkan dengan amplitudo yang berkurang bahkan saling menghapuskan, atau bernilai nol.

Interferensi konstruktif maksimum terjadi bila kedua gelombang yang bersuperposisi memiliki fase gelombang yang sama. Amplitudo gelombang paduan sama dengan jumlah amplitudo kedua gelombang. Interferensi destruktif maksimum terjadi bila kedua gelombang yang bersuperposisi berlawanan fase. Amplitudo gelombang paduan sama dengan selisih amplitudo kedua gelombang, dan bisa jadi bernilai nol.

5. Dispersi Gelombang

Pernahkah Anda memperhatikan pelangi? Tampak garis-garis warna yang bervariasi dan tersusun rapi pada pita pelangi. Tahukah anda bahwa warna-warna tersebut berasal dari warna putih?



sumber: webneel.com

Gambar 14. Pelangi

Mungkin anda masih ingat pada pembahasan sebelumnya bahwa cahaya putih (polikromatik) yang melalui prisma kaca akan mengalami penguraian (dispersi) sehingga membentuk garis-garis warna (spektrum) yang terdiri dari merah, jingga, kuning, hijau, biru, dan ungu.

Dispersi gelombang adalah perubahan bentuk gelombang dari bentuk aslinya menjadi beberapa bentuk gelombang ketika gelombang merambat melalui suatu medium dalam ruang yang tidak persegi. Pada bentuk persegi, perubahan bentuk hanya pada satu bentuk gelombang, sementara pada ruang berbentuk tidak persegi (seperti prisma) perubahan bentuk gelombang menjadi lebih bervariasi.

Gejala penguraian atau dispersi biasanya terjadi pada gelombang cahaya yang ditunjukkan dengan adanya pelangi. Apakah gelombang bunyi juga mengalami dispersi?

Sejauh ini, belum ada gejala alam yang menunjukkan adanya dispersi gelombang bunyi, atau sangat sulit diamati dengan menggunakan panca indera. Berbeda dengan cahaya dimana antara gelombang tidak saling mengganggu (kecuali gelombang yang berfrekuensi sama), pada gelombang bunyi karena merambat melalui medium, antara gelombang akan saling mengganggu biarpun berbeda frekuensi. Oleh karena itu gejala dispersi pada gelombang bunyi sangat sulit dilacak. Namun keuntungannya adalah kita bisa mendengarkan nada suara bunyi seperti adanya, walau mungkin nada suara/ bunyi tersebut telah mengalami pemantulan atau gaung, warna asli suara tetap kelihatan.

6. Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang merupakan perubahan arah gelombang menjadi cenderung ke arah yang

lebih luas ke segala arah. Kadang dikatakan seolah-olah gelombang menjadi lebih lentur yang tadinya lurus menjadi cenderung ke segala arah. Hal ini terjadi jika gelombang melewati suatu celah yang lebarnya lebih kecil daripada panjang gelombangnya.

Pada suatu percobaan dengan menggunakan riak gelombang air, akan tampak pola sebagai berikut. Apabila gelombang melalui celah yang lebarnya melebihi panjang gelombang, maka gelombang melentur (difraksi gelombang) kurang jelas terlihat, gelombang tersebut dilenturkan hanya pada bagian tepi saja. Tetapi jika gelombang melalui celah yang lebarnya lebih kecil dibandingkan panjang gelombangnya, maka difraksi gelombang tersebut tampak sangat jelas, dimana setelah melalui celah, muka gelombang lurus tersebut berubah bentuk melentur menjadi muka gelombang yang cenderung melingkar dengan celah seolah-olah berfungsi sebagai pusat gelombang. Panjang gelombang tersebut sebelum dan sesudah difraksi adalah sama.

7. Polarisasi Gelombang

Pemantulan, pembiasan, difraksi dan interferensi dapat terjadi pada gelombang tali (satu dimensi), gelombang permukaan air (dua dimensi), gelombang bunyi dan gelombang cahaya (tiga dimensi). Gelombang pada tali, gelombang cahaya adalah gelombang transversal. Gelombang transversal dapat terpolarisasi, tetapi gelombang longitudinal tidak terpolarisasi, misalnya gelombang bunyi tidak dapat terpolarisasi. Mengapa demikian? Gelombang dikatakan terpolarisasi linier jika getaran dari gelombang tersebut terjadi dalam satu arah saja. Arah ini disebut arah polarisasi.

Ide polarisasi gelombang dapat kita pahami dengan memperhatikan suatu gelombang transversal pada tali ketika melewati sebuah celah. Gelombang transversal pada tali yang arahnya pada satu arah saja, yaitu arah vertikal. Gelombang tersebut dilewatkan melalui celah A dan kemudian diteruskan oleh celah kedua yaitu celah B. Rangka bercelah A disebut polarisator. Apa yang terjadi jika gelombang terpolarisasi dalam arah vertikal ini kita lewatkan melalui sebuah celah B yang juga berarah vertikal? Tampak bahwa gelombang lewat dengan bentuk yang sama karena arah polarisasi gelombang sejajar dengan arah memanjang celah. Sebaliknya apa yang terjadi jika rangka celah B diputar 90° hingga arah memanjang celah menjadi horizontal atau tegak lurus terhadap arah polarisasi gelombang? Tampak bahwa gelombang terpolarisasi tidak dapat melewati celah B. Hal ini disebabkan karena celah mendatar menahan gelombang tali dalam arah vertikal tersebut. Kemampuan untuk dapat dipolarisasi merupakan karakteristik gelombang transversal.

Bagaimanakah jika tali digantikan dengan kumparan pegas (slingki)? Gelombang longitudinal yang terdapat di dalam slingki akan dapat melewati kedua celah tanpa mengalami perubahan pada arah getarnya. Pada gelombang longitudinal arah getar selalu sama dengan arah merambatnya sehingga arah memanjang celah tidak akan mempengaruhi gelombang. Hal ini menunjukkan bahwa gelombang longitudinal tidak dapat dipolarisasikan.

8. Efek Doppler pada Gelombang

Bila sebuah mobil ambulance yang sedang membunyikan sirine datang mendekati kita, maka kita akan mendengar frekuensi bunyi sirine yang makin lama makin tinggi. Jika mobil tersebut bergerak melewati dan menjauhi kita, maka kita mendengar frekuensi bunyi sirine tersebut makin lama makin rendah. Perubahan frekuensi bunyi yang terdengar itu adalah hasil gerakan relatif antara sumber bunyi dan pengamat (kita). Frekuensi yang terdengar oleh pengamat berbeda dengan frekuensi yang sebenarnya dikeluarkan oleh sumber bunyi jika terdapat gerakan relatif diantara pengamat dan sumber bunyi.

Pada dasarnya frekuensi bunyi yang terdengar jika pengamat dan sumber bunyi saling mendekati adalah lebih tinggi dari pada pengamat tersebut berada dalam keadaan diam, dan sebaliknya frekuensi bunyi yang terdengar jika pengamat dan sumber bunyi saling menjauhi adalah lebih rendah dari pada pengamat tersebut berada dalam keadaan diam. Peristiwa ini pertama kali dikemukakan oleh seorang fisikawan Austria pada tahun 1842 yang bernama Christian Johann Doppler. Efek Doppler ini bukan hanya berlaku untuk bunyi, tetapi berlaku untuk semua jenis gelombang, terutama gelombang elektromagnetik termasuk cahaya.

UJI KOMPETENSI

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

1. Gelombang adalah ...
 - A. Kalor yang mengalir
 - B. Panas yang merambat
 - C. Getaran yang merambat
 - D. Listrik yang merambat
2. Berdasarkan bentuknya, salah satu gelombang di bawah ini adalah ...
 - A. Gelombang tali
 - B. Gelombang transversal
 - C. Gelombang bunyi
 - D. Gelombang cahaya
3. Salah satu ciri gelombang adalah ...
 - A. Memiliki panas

- B. Dapat menguap
 - C. Memiliki frekuensi
 - D. Dapat memantul
4. Contoh gelombang transversal adalah ...
- A. Bunyi
 - B. listrik
 - C. Magnet
 - D. Cahaya
5. Contoh gelombang longitudinal adalah ...
- A. Bunyi
 - B. Listrik
 - C. Magnet
 - D. Cahaya

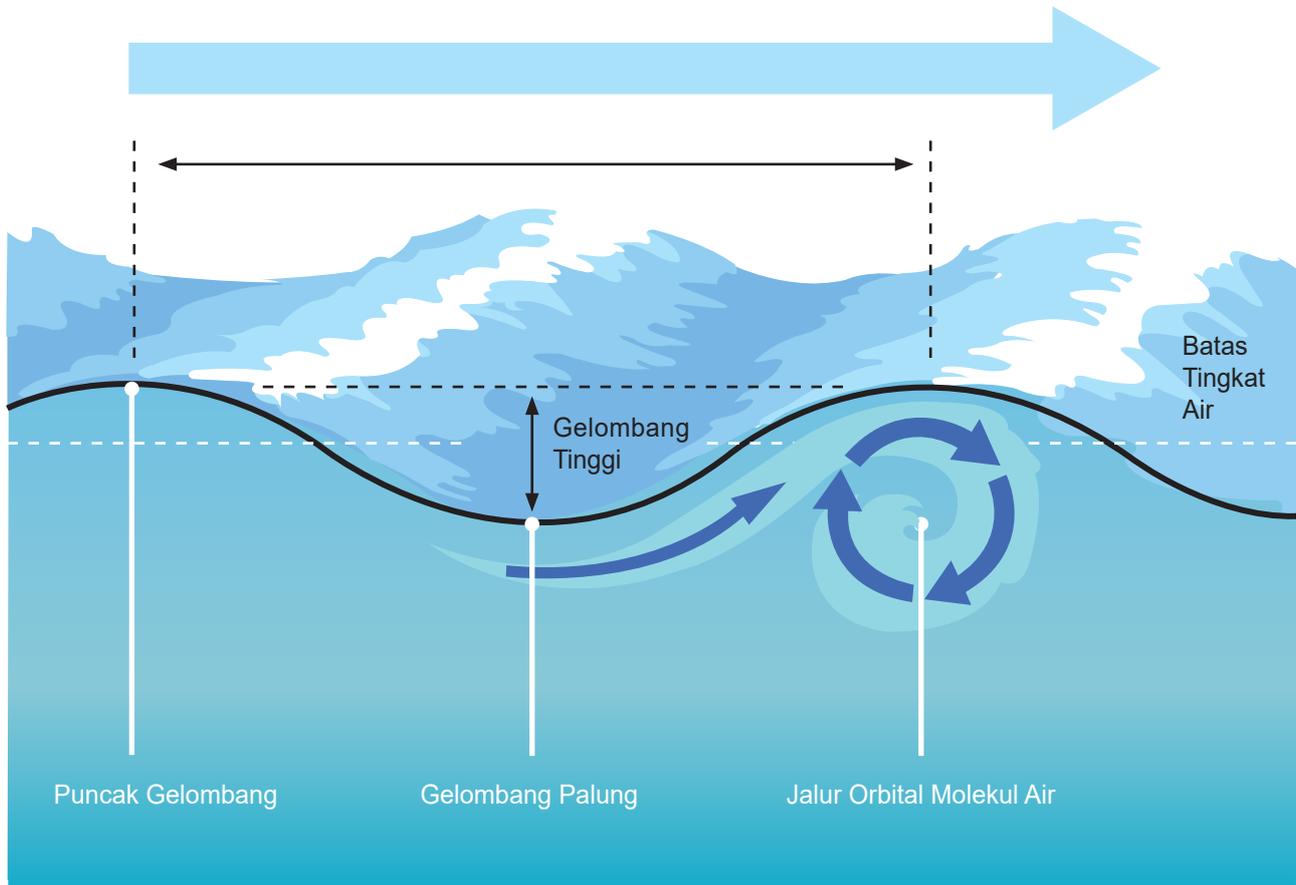
B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Gelombang terdiri dari ...
2. Contoh gelombang transversal adalah ...
3. Contoh gelombang longitudinal adalah ...
4. Gelombang yang mengalami gejala polarisasi adalah ...
5. Pada peristiwa efek Doppler, yang mengalami perubahan adalah ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apa perbedaan antara gelombang transversal dengan gelombang longitudinal?
2. Bagaimana bentuk gelombang elektromagnetik?
3. Mengapa gelombang longitudinal membutuhkan media penghantar?
4. Mengapa gejala dispersi hampir tidak mungkin terjadi pada gelombang bunyi?
5. Mengapa gejala polarisasi hanya terjadi pada gelombang transversal?

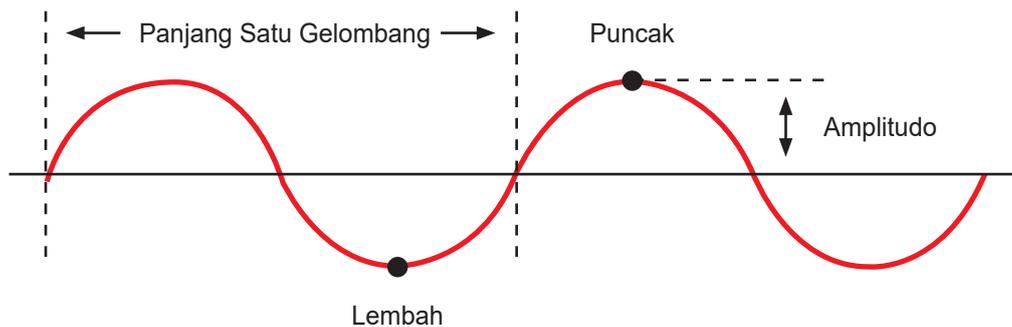


sumber: www.dosenpendidikan.com

Gambar 15. Riak gelombang pada air

A. Gelombang stasioner

Gelombang stasioner merupakan gelombang naik-turun yang tidak merambat/berjalan. Bisa juga disebut sebagai gelombang diam karena tidak kemana-mana, atau disebut gelombang tegak/berdiri karena hanya bergerak naik-turun. Gelombang stasioner merupakan perpaduan (superposisi) dua gelombang yang sama frekuensi dan amplitudonya, namun berbeda arah. Sementara gelombang berjalan merupakan gelombang yang merambat pada arah tertentu. Jika gelombang berjalan bertemu dengan gelombang lainnya yang memiliki amplitude dan frekuensi yang sama, maka akan terjadi gelombang stasioner.



Gambar 16 Gerak gelombang pada tali

Gelombang berjalan tampak pada gelombang tali, arah rambat gelombang pada satu arah saja, sementara pada permukaan air, arah rambat ke segala arah pada permukaan air saja (gambar 2 dimensi). Pada udara yang bergetar dan merambat, arah rambatan ke segala arah pada permukaan 3 dimensi. Tidak seperti pada gelombang tali dan permukaan air dimana arah getar dan arah rambat saling tegak lurus (gelombang transversal), pada gelombang udara arah rambat dan arah getar searah dan berimpit yang disebut sebagai gelombang longitudinal.

Pada gelombang tali dan permukaan air (gelombang transversal), gelombang merambat seolah-olah naik turun mengikuti arah rambat gelombang. Pada gelombang udara (gelombang longitudinal), gelombang merambat seolah maju mundur sambil merambat ke segala arah.

B. Gelombang Berjalan

Bagaimana jika beberapa gelombang bertemu pada suatu titik tertentu?

Mari kita amati kembali gelombang pada tali (atau pada permukaan air).

Penugasan 2 : Gelombang Pantul

Langkah Kegiatan

1. Sediakan tali yang salah satu ujungnya diikat mati (tidak dapat bergerak) pada tiang atau dinding yang kokoh (tidak mudah bergerak).
2. Getarkan tali dengan satu kali ayunan. Amati yang terjadi hingga menyentuh dinding atau tiang. Apakah ada pantulan?
3. Buatlah dugaan ilmiah (hipotesis) seandainya ada pantulan maupun tidak ada pantulan.
4. Seandainya ada gelombang pantul, amati bentuk dan arah gelombang pantul.
5. Pada saat ada gelombang pantul, ayunkan lagi tali. Amati pergerakan kedua impuls gelombang tersebut (yang satu gelombang pantul, lainnya gelombang datang). Apa yang terjadi pada

saat kedua gelombang tersebut bertemu?

6. Buatlah kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan.

Kegiatan tersebut menunjukkan adanya hukum kekekalan energi dimana kedua gelombang yang berlawanan saling bertemu, menimbulkan gelombang yang saling melemahkan (atau menguatkan) yang lain. Kondisi ini merupakan gejala superposisi gelombang

Untuk membahas lebih jauh mengenai superposisi gelombang, mari kita merumuskan suatu persamaan gelombang yang dalam persamaan matematika ditulis sebagai

$$y = \sin x$$

Dalam suatu persamaan gelombang nilai x lebih bergantung pada waktu t , karena gelombang merambat mencapai nilai x tertentu setelah selang waktu t . Di samping itu, gelombang juga memiliki nilai amplitudo A , sehingga dapat ditulis

$$y = A \sin \omega t$$

dimana ω merupakan kecepatan sudut yang ditulis sebagai

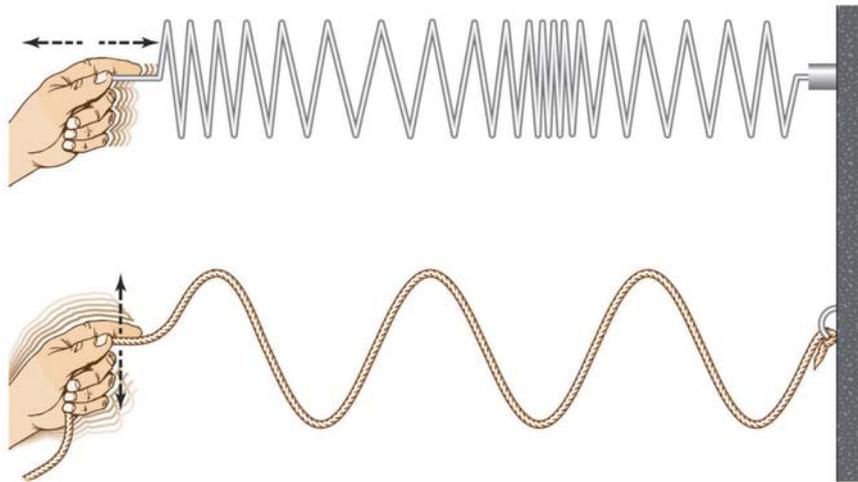
$$\omega = \frac{2\pi}{T}, T = \text{periode atau waktu untuk 1 rambatan gelombang}$$

Selanjutnya persamaan gelombang pada suatu sumber gelombang menjadi

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T}$$

Sekarang, bagaimana persamaan gelombang yang berjarak x dari sumber gelombang?

Kita tahu, ada selisih waktu antara sumber gelombang dengan titik pada jarak x dari sumber



sumber: www.pinterest.com

Gambar 17. Gelombang longitudinal dan transversal

gelombang, yang dapat ditulis sebagai

$$\Delta t = t - \frac{x}{v}, \text{ dimana } v \text{ merupakan cepat rambat gelombang}$$

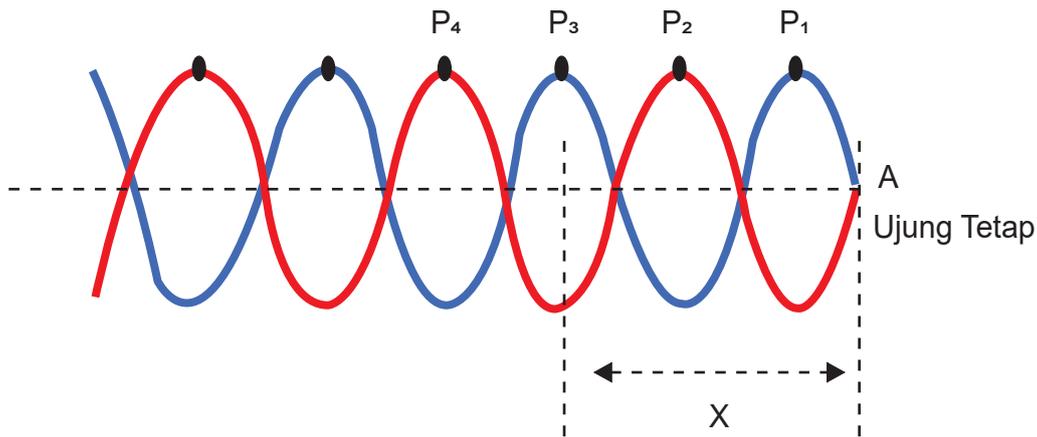
Oleh karena itu, persamaan gelombangnya juga mengalami koreksi sebesar x , atau bisa ditulis sebagai

$$y = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{v} x \right)$$

Karena $v = \lambda \cdot f$, dan $f = \frac{1}{T}$, maka

$$\begin{aligned} \frac{\omega}{v} &= \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{1}{v} \\ &= 2\pi \frac{f}{v} \\ &= 2\pi \frac{1}{\lambda} \\ &= \frac{2\pi}{\lambda} \end{aligned}$$

Persamaan di atas biasa disebut sebagai bilangan gelombang yang ditulis dengan variabel k . Selanjutnya persamaan gelombang di atas untuk titik yang berjarak x dari sumber gelombang



Gambar 18. Gelombang pantul yang mengarah ke sumber gelombang

menjadi : $y = A \sin (\omega t - kx)$, dimana $kx \leq \omega t$

Mengapa nilai kx harus lebih kecil atau sama dengan ωt ?

Bagaimana dengan persamaan gelombang yang mengarah ke sumber gelombang?

Pada saat mengarah ke sumber tegangan, waktu di titik gelombang tersebut yang berjarak x dari sumber gelombang, menjadi

$$\Delta t = t + \frac{x}{v}$$

Selanjutnya, persamaan gelombangnya menjadi : $y = A \sin (\omega t - k)$

C. Sifat-Sifat Gelombang

Ada beberapa sifat gelombang yang berlaku baik untuk gelombang bunyi maupun untuk gelombang cahaya. Sifat-sifat tersebut adalah: pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), interferensi, dispersi, dan difraksi. Khusus untuk cahaya juga berlaku sifat polarisasi.

D. Pemantulan Gelombang

Pantulan gelombang terjadi apabila suatu gelombang mengenai suatu dinding yang lebih padat. Gejala pemantulan gelombang bisa kita misalkan dengan pemantulan pada gelombang tali

1. Pemantulan Gelombang Pada Tali

Jika ujung seutas tali diikat pada tiang dan ujung yang lainnya digetarkan, maka gelombang akan merambat sepanjang tali dan kemudian gelombang datang tersebut akan dipantulkan kembali. Pemantulan pada tali bergantung pada kondisi ujung tali. Ujung tali ada yang terikat dan ada yang bebas

2. Pemantulan Pada Ujung Terikat

Seutas tali yang ujungnya diikat erat pada tiang (atau dinding) sehingga tidak dapat bergerak disebut dengan ujung terikat. Jika ujung tali yang bebas digetarkan maka gelombang akan merambat menuju ujung tali yang terikat, lalu gelombang tersebut dipantulkan, dimana bukit gelombang dari gelombang datang dipantulkan sebagai lembah gelombang, pada ujung terikat.

Telah anda ketahui bahwa simpangan gelombang datang yang merambat ke kanan pada titik berjarak x dari sumber gelombang: $Y_1 = A \sin (kx - \omega t)$

Simpangan gelombang pantul (berlawanan fase) yang merambat ke kiri pada jarak x dari sumber gelombang: $Y_2 = A \sin (kx + \omega t)$

Superposisi antara gelombang datang y_1 dan y_2 gelombang pantul menghasilkan gelombang stasioner.

Sesuai prinsip superposisi, simpangan di titik sembarang berjarak x dari sumber gelombang adalah resultan dari y_d dan y_p .

$$\begin{aligned} Y &= y_1 + y_2 \\ &= A \sin (k x - \omega t) + A \sin (k x + \omega t) \end{aligned}$$

Secara matematis :

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2} (\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2} (\alpha - \beta)$$

$$\text{Maka: } y = 2 A \sin \frac{1}{2} (k x - \omega t + k x + \omega t) \cos \frac{1}{2} (k x - \omega t - k x + \omega t)$$

Hasilnya diperoleh persamaan simpangan partikel pada gelombang pantul dengan ujung terikat :

$$Y = 2 A \sin k x \cos \omega t$$

Keterangan : y = simpangan gelombang stasioner.

x = jarak partikel dari ujung tetap,

A = amplitudo gelombang berjalan,

3. Letak Simpul dan Perut dari Ujung Terikat

Titik simpul adalah titik yang mempunyai amplitudo minimum ($Y = 0$) dan titik perut adalah titik yang mempunyai amplitudo maksimum ($Y = 2A$). Pada ujung terikat, tali tidak dapat bergerak sehingga terjadi simpul gelombang. Pada simpul ke 1 terjadi di $x = 0$. Simpul kedua berjarak $\frac{1}{2} \lambda$ dari simpul pertama. Selanjutnya letak simpul ke 1, ke 2, ke 3 dan seterusnya adalah :

$$x = 0, 1 \times \frac{1}{2} \lambda, 2 \times \frac{1}{2} \lambda, \dots \dots n \times \frac{1}{2} \lambda \text{ atau } x = 0, 2 \times \frac{1}{4} \lambda, 4 \times \frac{1}{4} \lambda, \dots \dots 2n \times \frac{1}{4} \lambda$$

Jadi letak simpul gelombang ujung terikat adalah : $X = (2n) \frac{1}{4} \lambda$, dengan $n = 0, 1, 2, 3, \dots \dots$

Letak titik simpul gelombang ujung terikat merupakan kelipatan bilangan genap dari $\frac{1}{4}$ panjang gelombang.

Jika diketahui bahwa simpul ke-1 berada pada $x = 0$, maka letak perut ke-1 terjadi pada $x = \frac{1}{4} \lambda$. Karena jarak antara 2 perut yang berdekatan adalah $\frac{1}{2} \lambda$, maka perut ke 1, ke 2, ke 3, dan seterusnya adalah :

$$x = 1 \times \frac{1}{4} \lambda, 3 \times \frac{1}{4} \lambda, 5 \times \frac{1}{4} \lambda \dots \dots (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda$$

Jadi letak perut gelombang ujung tetap adalah :

$$X = (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda, \text{ dengan } n = 0, 1, 2, 3, \dots \dots$$

Letak titik perut gelombang ujung terikat merupakan kelipatan ganjil dari $\frac{1}{4}$ panjang gelombang.

4. Pemantulan Pada Ujung Bebas

Kondisi terjadi jika pantulan gelombang pada seutas tali yang ujungnya diikat longgar pada tiang dan dapat bergerak naik turun dinamakan pantulan pada ujung bebas. Pada ujung bebas, bukit gelombang dipantulkan sebagai bukit gelombang juga atau lembah gelombang dipantulkan sebagai lembah gelombang juga. Jadi pada ujung bebas gelombang dipantulkan dengan fase yang sama.

Simpangan gelombang datang yang merambat ke kanan pada jarak x dari sumber gelombang:

$$Y_1 = A \sin (kx - \omega t)$$

Simpangan gelombang pantul (se fase) yang merambat dari kiri pada jarak x dari sumber gelombang: $Y_2 = A \sin (-kx - \omega t) = -A \sin (kx + \omega t)$

Simpangan gelombang stasioner di titik pada jarak x dari sumber gelombang adalah resultan dari y_d dan y_p .

$$Y = y_1 + y_2$$

$$Y = A \sin(kx - \omega t) - A \sin(kx + \omega t)$$

Secara matematis :

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2} (\alpha - \beta) \cos \frac{1}{2} (\alpha + \beta)$$

$$\text{Maka } y = 2 A \sin \frac{1}{2} \{ kx - \omega t - (kx + \omega t) \} \cos \frac{1}{2} (kx - \omega t + kx + \omega t)$$

Hasilnya diperoleh, persamaan simpangan partikel pada gelombang pantul dengan ujung bebas : **$Y = 2 A \cos kx \sin \omega t$**

Amplitudo gelombang stasioner : **$A_s = 2 A \cos kx$**

Simpangan partikel pada gelombang gelombang pantul ujung bebas dapat juga dinyatakan dengan persamaan : **$Y = A_s \sin \omega t$**

5. Letak Simpul dan Perut dari Ujung Bebas

Pada ujung bebas, tali selalu bergerak mengikuti ayunan gelombang sehingga posisi tali selalu pada perut gelombang. Jarak simpul dan perut yang berdekatan adalah $\frac{1}{4} \lambda$, sehingga simpul ke 1 terletak di **$X = \frac{1}{4} \lambda$** ,

Letak simpul ke 1, ke 2, ke 3, dst adalah: $X = 1 \times \frac{1}{4} \lambda, 3 \times \frac{1}{4} \lambda, 5 \times \frac{1}{4} \lambda \dots\dots\dots (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda$
 Jadi letak simpul pada ujung bebas: $X = (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda$, dengan $n = 0, 1, 2, 3 \dots$

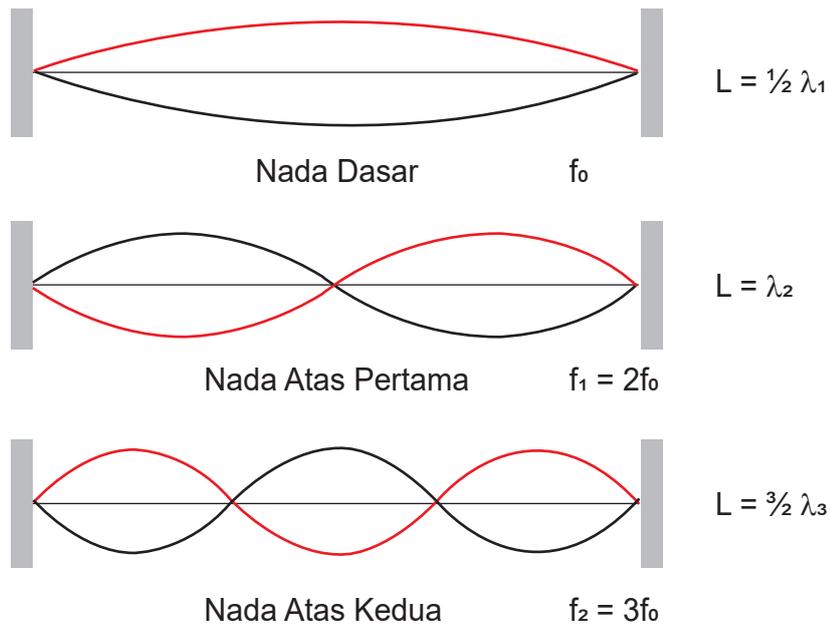
Letak titik simpul dari ujung bebas merupakan kelipatan bilangan ganjil dari $\frac{1}{4}$ panjang gelombang.

Oleh karena letak perut ke 1, ke 2, ke 3, dst selalu berselisih sebesar $\frac{1}{4} \lambda$ dengan letak simpul, maka dapat ditulis posisi letak simpul sebagai berikut.

$$X = 0, 2 \times \frac{1}{4} \lambda, 4 \times \frac{1}{4} \lambda \dots\dots\dots (2n) \frac{1}{4} \lambda$$

Jadi letak perut pada ujung bebas: **$X = (2n) \frac{1}{4} \lambda$** dengan **$n = 0, 1, 2, 3, \dots$**

Letak titik perut dari ujung bebas merupakan kelipatan genap dari $\frac{1}{4}$ panjang gelombang.



Gambar 19. Gelombang dengan ujung terikat

UJI KOMPETENSI

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

- Suatu gelombang diam/stasioner memiliki amplitude A dan kecepatan sudut ω , maka dapat ditulis persamaan gelombangnya sebagai berikut ...
 - $y = A \sin (\omega t)$
 - $A = \sin (y t)$
 - $t = \lambda \cos (AT)$
 - $\sin A = \omega t$
- Suatu gelombang dengan panjang gelombang λ dan periode T , maka kecepatan sudut ω adalah ...
 - λT
 - λ/T
 - $2\pi/T$
 - T/λ

3. Suatu gelombang dengan panjang gelombang λ dan frekuensi f , maka cepat rambat gelombang v adalah ...
 - A. $2\pi/T$
 - B. λf
 - C. λ/f
 - D. $2\pi f$

4. Suatu gelombang berjarak x dari sumber gelombang memiliki amplitude A dan kecepatan sudut ω , maka persamaan gelombangnya dapat ditulis sebagai berikut
 - A. $y = A \sin (\omega t)$
 - B. $y = A \sin (\omega t - kx)$
 - C. $y = A \sin (\omega x - k t)$
 - D. $y = A \sin (k x)$

5. Suatu gelombang memiliki panjang gelombang $\lambda = 2$ m, dengan frekuensi $f = 30$ Hz, maka cepat rambat v adalah ... (m/det)
 - A. 15
 - B. 60
 - C. 45
 - D. 75

B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Persamaan gelombang dapat ditulis sebagai berikut ...
2. Jika diketahui panjang gelombang λ dan periode T , maka kecepatan sudut ω adalah ...
3. Jika diketahui panjang gelombang λ dan frekuensi f , maka cepat rambat gelombang v adalah ...
4. Jika diketahui gelombang stasioner dengan amplitude A memiliki kecepatan sudut ω , maka persamaan gelombang dapat ditulis sebagai berikut ...
5. Jika diketahui gelombang yang merambat berjarak x dari sumber gelombang, memiliki amplitude A dan kecepatan sudut ω , maka persamaan gelombang dapat ditulis sebagai berikut ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Bagaimana menuliskan suatu persamaan gelombang?
2. Apa yang dimaksud dengan variabel A pada persamaan gelombang?
3. Apa yang dimaksud dengan variabel k pada persamaan gelombang?
4. Apa yang dimaksud dengan variabel ω pada persamaan gelombang?
5. Apa yang dimaksud dengan variabel T pada persamaan gelombang?

UNIT 3

GELOMBANG BUNYI DAN CAHAYA



Handphone



Televisi



Kentongan



Telepon



Radio



Faksimili

sumber: expertreviews.co.uk/www.compareprix.in/netpriceupdate.com/www.currys.co.uk/tokopedia.net/inkuiri.com

Gambar 20. Alat-alat komunikasi yang menggunakan gelombang bunyi dan gelombang elektromagnetik, termasuk juga gelombang cahaya

Perkembangan zaman yang demikian pesat khususnya di bidang teknologi komunikasi, menyebabkan gelombang elektromagnetik berada di sekitar kita dan mulai memadati ruang udara yang ada di permukaan bumi

Sudah lebih dari 1 abad kita, umat manusia, menikmati teknologi komunikasi dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Saat ini, hampir seluruh alat komunikasi menggunakan gelombang elektromagnetik. Radio, televisi, bahkan telpon seluler yang sekarang sedang marak, sangat bergantung pada gelombang elektromagnetik.

Apa yang akan terjadi pada bidang telekomunikasi seandainya tidak ada gelombang elektromagnetik?

Bukan hanya pada bidang komunikasi saja gelombang elektromagnetik berperan, tetapi juga

dalam dunia kedokteran. Dengan menggunakan gelombang elektromagnetik tertentu, bagian dalam tubuh kita bisa tergambar tanpa pembedahan. Melalui suatu gelombang yang disebut sinar-X dapat terekam kondisi bagian dalam tubuh yang dapat membantu diagnosis para dokter dalam menentukan penyakit sang pasien.

Betapa mudahnya dokter melakukan diagnosis gambaran penyakit sang pasien. Apa yang harus dilakukan dokter seandainya tidak ada sinar tersebut?

Peran gelombang elektromagnetik dalam kehidupan manusia menjadi tidak dapat diragukan lagi sejak ditemukannya kenyataan bahwa cahaya yang biasa kita kenal sehari-hari sebagai sumber energi penerang dan kehangatan bagi segala makhluk hidup di permukaan bumi, ternyata salah satu dari gelombang elektromagnetik!

Apa yang terjadi pada kehidupan makhluk hidup seandainya tidak ada gelombang elektromagnetik?



A. Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan suatu bentuk energi yang di dalamnya terdapat beberapa jenis gelombang berdasarkan jangkauan frekuensi dan panjang gelombang. Beberapa jenis gelombang elektromagnetik tersebut memiliki ciri dan fungsi yang berbeda satu dengan lainnya. Perbedaan berbagai jenis dari gelombang elektromagnetik ini yang ditunjukkan berdasarkan jangkauan frekuensi dan panjang gelombang yang berbeda disebut sebagai spectrum.

Bagaimana klasifikasi spektrum gelombang elektromagnetik?

Beberapa hal yang perlu menjadi perhatian dalam pengklasifikasian atau penggolongan gelombang elektromagnetik, yaitu:

1. Pengklasifikasian atau penggolongan jenis-jenis gelombang elektromagnetik berdasarkan pada jangkauan frekuensi dan panjang gelombang dengan batas-batas yang tidak begitu jelas. Walaupun begitu, perlu menjadi perhatian bahwa setiap frekuensi dan panjang gelombang mempunyai ciri dan fungsi yang berbeda dengan frekuensi dan panjang gelombang yang berbeda.
2. Dalam melakukan pengklasifikasian atau penggolongan gelombang elektromagnetik berdasarkan jenis frekuensi selalu berpasangan dengan panjang gelombang tertentu. Misalnya jenis frekuensi sekitar 10^{15} Hz, maka panjang gelombangnya sekitar $3 \times 10^8 / 10^{15} = 300 \text{ nm}$. Antara nilai frekuensi dengan panjang gelombang pada gelombang elektromagnetik merupakan pasangan yang tidak dapat dipisahkan.

Mengapa terjadi demikian?

Gelombang elektromagnetik, walaupun memiliki berbagai jenis berdasarkan pada frekuensi dan panjang gelombang, namun semua jenis gelombang tersebut memiliki cepat rambat gelombang yang sama yaitu $c = 3 \times 10^8 \text{ m/det}$. Oleh karena itu, hasil perkalian antara frekuensi f dengan panjang gelombang λ harus sama dengan nilai c di atas.

Bagaimana menjelaskan hal tersebut?

Frekuensi (Hz)	Jenis Gelombang	Panjang Gelombang (m)
10^{22}		10^{-14}
10^{21}	Sinar Gamma	10^{-13}
10^{20}		10^{-12}
10^{19}		10^{-11}
10^{18}	Sinar-X	10^{-10}
10^{17}		10^{-9}
10^{16}	Ultra ungu	10^{-8}
10^{15}		10^{-7}
	Cahaya tampak	
10^{14}		10^{-6}
10^{13}	Infra merah	10^{-5}
10^{12}		10^{-4}
10^{11}		10^{-3}
10^{10}	Gelombang Mikro	10^{-2}
10^9		10^{-1}
	Radio FM	
10^8	Televisi	10^0
10^7		10^1
10^6		10^2
10^5	Radio MW	10^3
10^4		10^4
10^3		10^5

Gambar 21. Spektrum gelombang elektromagnetik

3. Pada umumnya kita tidak dapat merasakan keberadaan gelombang elektromagnetik, kecuali pada daerah spektrum cahaya tampak. Pada daerah ini kita bisa melihat adanya keanekaragaman warna-warna gelombang cahaya. Gelombang cahaya digolongkan sebagai salah satu spektrum gelombang elektromagnetik setelah terbukti bahwa gelombang elektromagnetik memiliki ciri yang sama dengan gelombang cahaya, yaitu merambat dengan kecepatan cahaya $c = 3 \times 10^8$ m/det.

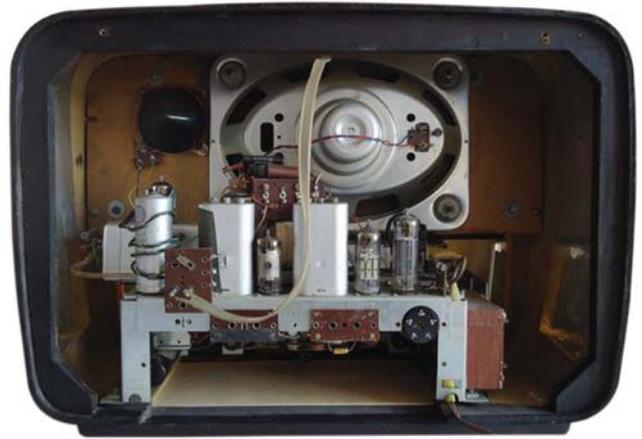
Bisa tampak pada bagan spektrum gelombang elektromagnetik di atas bahwa daerah cahaya tampak ternyata sangat tipis. Spektrum gelombang elektromagnetik ternyata mempunyai daerah yang sangat lebar dan batas-batasnya juga tidak begitu jelas, artinya masih ada kemungkinan untuk bertambah lebar.

Berikut merupakan beberapa jenis spektrum gelombang elektromagnetik berdasarkan kelompok besar. Masing-masing kelompok memiliki spektrumnya sendiri. Misalnya pada spektrum gelombang cahaya, memiliki spektrum warna dari warna merah, jingga, kuning, hijau, biru, hingga warna ungu.



B. Gelombang Radio MW

Gelombang radio MW (modulated wave = gelombang termodulasi, yaitu gelombang yang merambat secara termodulasi). Biasanya yang dimodulasikan adalah amplitudo gelombang hingga biasa disebut sebagai gelombang radio AM (Amplitude Modulation = modulasi amplitudo gelombang, atau amplitudo yang berubah-ubah secara periodik). Gelombang radio ini merupakan gelombang elektromagnetik yang pertama kali ditemukan dan sekaligus digunakan sebagai alat komunikasi melalui pemancar radio. Sumber energi yang digunakan untuk gelombang radio ini paling rendah dibanding spektrum gelombang elektromagnetik lainnya. Frekuensi gelombang radio ini berkisar antara 10^2 hingga 10^6 hertz. Berapa jangkauan panjang gelombangnya?



sumber: www.aliexpress.com

Gambar 22. Radio masa lalu dengan tabung diode dan triode yang masih berukuran besar

Tugas 1

Hitung jangkauan panjang gelombang berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas



C. Gelombang Televisi

Berdasarkan kemajuan teknologi dan kebutuhan manusia, sumber energi ditingkatkan untuk menghasilkan gelombang komunikasi yang memadai sebagai pemancar radio televisi. Seperti diketahui, pada pemancar televisi menggunakan 2 jenis alat pemancar yaitu 1) yang memancarkan suara, 2) yang memancarkan gambar. Pada saat memancarkan gambar menggunakan gelombang radio biasa, atau dimodulasikan melalui gelombang AM, namun untuk suara menggunakan gelombang radio yang lebih tajam, yaitu gelombang radio FM (frequency modulation = modulasi frekuensi gelombang,



sumber: jwin.playerm.com

Gambar 23. Pesawat televisi

atau frekuensi yang berubah-ubah secara periodik). Oleh karena itu frekuensi gelombang televisi hampir berimpit dengan gelombang radio FM, yaitu antara 10^7 hingga 10^8 hertz. Berapa jangkauan panjang gelombang untuk gelombang televisi ini?

Tugas 2

Hitung jangkauan panjang gelombang berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas

D. Gelombang Radio FM

Perkembangan radio FM ini hampir bersamaan dengan perkembangan televisi. Sesuai kebutuhan, diperlukan pemancar radio yang lebih tajam dengan hasil suara yang lebih jernih. Dengan menggunakan gelombang FM, maka suara di radio bisa terdengar antara nada tinggi dengan nada rendah secara lebih jelas. Untuk itu diperlukan suatu gelombang radio dengan frekuensi yang tinggi. Jangkauan frekuensi radio FM berkisar antara 10^7 hertz hingga berimpit dengan batas gelombang mikro yaitu 10^9 hertz. Berapa jangkauan panjang gelombang radio FM?



sumber: walmart.com

Gambar 24. Radio gelombang FM

Tugas 3

Hitung jangkauan panjang gelombang berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas

E. Gelombang Mikro

Gelombang mikro sebenarnya sebagian masih digunakan sebagai gelombang radio komunikasi yang biasa disebut sebagai gelombang radio dan televisi UHF (*ultra high frequency* = frekuensi radio sangat sangat tinggi). Sebagian lagi digunakan sebagai sumber energi panas seperti alat masak microwave. Tampak bahwa



sumber: indiamart.com

Gambar 25. Alat memasak Microwave

gelombang mikro merupakan transisi antara gelombang radio yang biasa digunakan sebagai gelombang komunikasi menjadi sumber energi panas yang bisa digunakan untuk memasak. Jangkauan frekuensi gelombang mikro antara 10^9 hertz hingga berimpit dengan batas gelombang infra merah 10^{11} hertz. Berapa jangkauan panjang gelombang mikro?

Tugas 4

Hitung jangkauan panjang gelombang berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas

F. Gelombang Infra Merah

Gelombang infra merah sebenarnya merupakan sebagian dari spektrum warna, namun berfrekuensi sangat rendah untuk bisa ditangkap oleh mata kita. Walaupun demikian gelombang infra merah memiliki jangkauan frekuensi yang sangat lebar dibanding gelombang cahaya tampak. Jangkauan gelombang infra merah mencapai batas gelombang mikro. Ada kesamaan antara gelombang infra merah dengan gelombang mikro, yaitu bisa sebagai sumber energi panas. Segala macam benda yang menghasilkan panas sebenarnya juga memancarkan gelombang infra merah. Tubuh kita juga menghasilkan panas dan karenanya memancarkan gelombang infra merah. Gelombang infra merah hanya bisa dilihat dengan menggunakan alat bantu yang disebut teropong infra merah. Jangkauan frekuensi gelombang infra merah antara 10^{11} hertz hingga berimpit dengan batas gelombang cahaya 10^{14} hertz. Berapa jangkauan panjang gelombang infra merah?



sumber:

Gambar 26. Teropong infra merah

Tugas 5

Hitung jangkauan panjang gelombang berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas

G. Gelombang Cahaya

Gelombang cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh indra penglihatan kita. Gelombang cahaya juga memiliki spektrum sendiri yang disebut spektrum cahaya, terdiri dari gelombang cahaya merah, jingga, kuning, hijau, biru, hingga ungu. Jangkauan frekuensi masing-masing spektrum cahaya juga berbeda-beda. Berikut merupakan jangkauan frekuensi spektrum cahaya berdasarkan warna yang tampak oleh mata kita.

- Merah
Jangkauan frekuensi antara $(3,8 - 4,8) \times 10^{14}$ hertz
- Jingga
Jangkauan frekuensi antara $(4,8 - 5,0) \times 10^{14}$ hertz
- Kuning
Jangkauan frekuensi antara $(5,0 - 5,2) \times 10^{14}$ hertz
- Hijau
Jangkauan frekuensi antara $(5,2 - 6,1) \times 10^{14}$ hertz
- Biru
Jangkauan frekuensi antara $(6,1 - 6,6) \times 10^{14}$ hertz
- Ungu
Jangkauan frekuensi antara $(6,6 - 7,7) \times 10^{14}$ hertz



sumber: ujiansma.com

Gambar 27. Spektrum warna berupa pelangi

Cahaya yang hanya memiliki daerah jangkauan frekuensi berisi satu warna saja disebut sebagai cahaya monokromatis, contohnya cahaya merah hanya mewakili satu jenis warna saja. Sementara cahaya yang memiliki jangkauan frekuensi sangat lebar hingga mewakili banyak warna disebut cahaya polikromatis, misalnya cahaya putih mewakili banyak warna dari merah hingga ungu.

Berapa jangkauan panjang gelombang untuk masing-masing spektrum warna di atas?

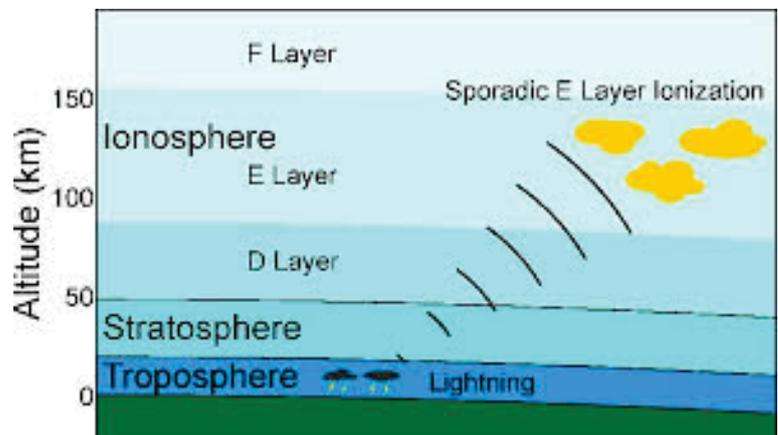
Tugas 6

1. Hitung jangkauan panjang gelombang warna merah berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas.
2. Hitung jangkauan panjang gelombang warna jingga berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas.
3. Hitung jangkauan panjang gelombang warna kuning berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas.
4. Hitung jangkauan panjang gelombang warna hijau berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas.
5. Hitung jangkauan panjang gelombang warna biru berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas.
6. Hitung jangkauan panjang gelombang warna ungu berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas.

H. Gelombang Ultra Ungu

Gelombang ultra ungu sebenarnya juga bagian dari spektrum warna, namun mata kita tidak mampu lagi melihatnya. Gelombang ini berenergi paling tinggi dibanding gelombang warna lainnya. Oleh karena itu mempunyai daya tembus yang lebih baik daripada gelombang warna lainnya. Gelombang ini mampu menembus kulit kita. Pada daya energi yang relatif rendah, gelombang ini membantu proses pembentukan vitamin D yang terjadi di bawah kulit, namun pada daya tinggi, mampu merusak kulit dan menimbulkan penyakit kanker. Energinya yang kuat juga mampu membuat atom-atom gas terionisasi. Ini terjadi di lapisan atmosfer hingga ada lapisan yang sangat bermuatan ion-ion disebut sebagai lapisan ionosfer. Kemampuannya untuk menembus dan mengubah struktur atom juga berpengaruh terhadap berbagai mikroorganisma. Gelombang ini digunakan dalam dunia kedokteran untuk sterilisasi.

Gelombang ini mempunyai jangkauan frekuensi yang sangat lebar hingga berimpit dengan gelombang sinar-X, yaitu dari 10^{15} hertz hingga 10^{18} hertz. Berapa jangkauan panjang gelombang untuk gelombang ultra ungu?



Gambar 28. Lapisan ionosfir di permukaan bumi

Tugas 7

Hitung jangkauan panjang gelombang berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas



I. Gelombang Sinar-X

Gelombang sinar-X mempunyai daya tembus yang lebih besar daripada gelombang ultra ungu. Hal ini disebabkan energi gelombang sinar-X relative lebih besar. Kalau gelombang ultra ungu hanya mampu menembus kulit, gelombang sinar-X mampu menembus daging kecuali pada bagian tulang. Oleh karena itu bagian tubuh yang terkena sinar-X seolah-olah hanya terlihat bagian tulang. Karena kemampuannya, sangat berperan dalam dunia kedokteran. Gelombang sinar-X ini ditemukan oleh Wilhelm Roentgen (1845 – 1923). Awalnya dia sedang meneliti dampak hamburan elektron dari katoda ke anoda dengan menggunakan tegangan tinggi. Lalu dia melihat gambar tangannya sendiri pada suatu film yang menunjukkan struktur rangka pada tangan itu.



sumber: www.hello.sehat.com

Gambar 29. Hasil sinar-X

Jangkauan frekuensi gelombang sinar-X berimpit dengan gelombang ultra ungu yaitu dari 10^{17} hertz hingga 10^{19} hertz. Berapa jangkauan panjang gelombang sinar-X?

Tugas 8

Hitung jangkauan panjang gelombang berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas



J. Gelombang Sinar Gamma

Gelombang sinar gamma (biasa juga ditulis sebagai sinar γ) merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki energi paling tinggi dibanding anggota spektrum gelombang elektromagnetik lainnya. Karena energinya yang begitu tinggi, maka daya tembusnya juga lebih tajam daripada gelombang elektromagnetik lainnya. Kalau sinar ultra ungu hanya menembus kulit dan menyebabkan beberapa atom terionisasi; gelombang sinar-X dapat menembus daging dan menyebabkan struktur inti atom berubah; gelombang sinar γ dapat menembus tulang dan menyebabkan struktur inti atom pecah menjadi beberapa atom yang berbeda. Gelombang sinar γ ini masih sulit untuk

diproduksi karena membutuhkan energi yang sangat besar yang hanya bisa dihasilkan oleh suatu reaksi nuklir. Di samping itu daya tembusnya yang sangat tinggi menyebabkan sinar γ ini masih sulit dikendalikan dan sangat berbahaya karena dapat merusak sel-sel kehidupan.



sumber: www.finace.detik.com

Gambar 30. Reaktor nuklir di Serpong, selalu menghasilkan sinar γ

Jangkauan frekuensi gelombang sinar γ berimpit dengan sinar-X yaitu antara 10^{18} hertz hingga lebih dari 10^{22} hertz.

Tugas 9

Hitung jangkauan panjang gelombang berdasarkan nilai jangkauan frekuensi di atas



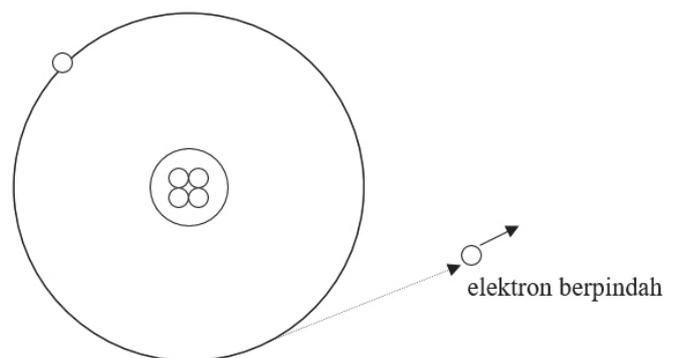
K. Kejadian Gelombang Elektromagnetik

Bagaimana asal muasal terjadinya gelombang elektromagnetik?

Apa hubungan antara elektro dan magnetik sebagai dasar terjadinya gelombang elektromagnetik ini?

Berbagai pertanyaan ini perlu dijawab dan kita akan melihat kembali perkembangan ilmu pengetahuan khususnya berkaitan dengan listrik magnet.

Seperti telah diulas pada beberapa waktu yang lalu, bahwa terjadinya listrik berawal dari adanya atom bermuatan ion-ion. Atom bermuatan ion timbul akibat adanya elektron pada atom yang meninggalkan atom menyebabkan muatan listrik pada atom menjadi tidak seimbang dan timbullah ion.



Gambar 31. Salah satu elektron yang meninggalkan atom menimbulkan terjadinya ion positif pada atom dan ion negatif pada elektron

Ion-ion bermuatan ini menimbulkan medan listrik E ke sekitarnya. Berdasarkan Hukum Gauss, arah medan listrik E menyebar lurus ke segala arah luar.

Sementara itu, arus listrik adalah muatan listrik yang bergerak atau mengalir akibat adanya perbedaan potensial muatan listrik. Muatan listrik selalu mengalir dari muatan listrik yang lebih tinggi ke yang lebih rendah. Perbedaan muatan listrik dari tinggi ke rendah disebut sebagai perbedaan potensial. Muatan listrik ini menimbulkan medan listrik E yang nilainya

$$E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \text{ persamaan (i)}$$

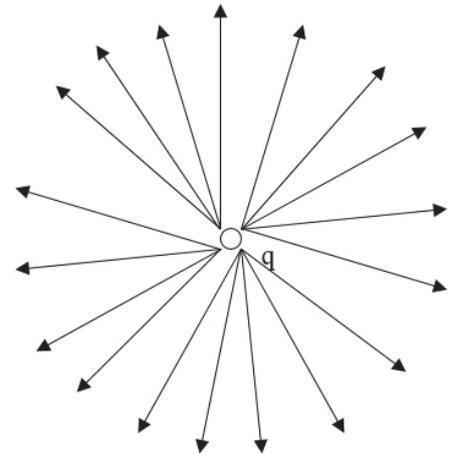
dimana E = medan listrik

q = muatan listrik

ϵ_0 = permitivitas ruang hampa, hampir sama dengan udara

$$= 8,854 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$$

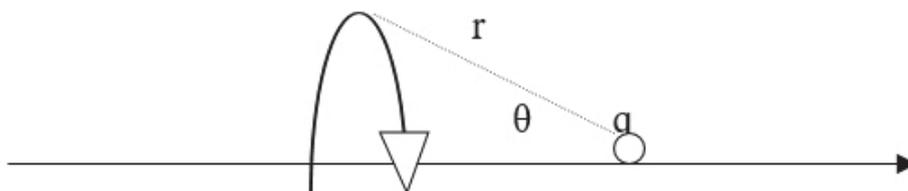
r = jarak terhadap muatan listrik q



Gambar 32. Arah medan listrik E pada muatan listrik q selalu ke segala arah luar

Berdasarkan Hukum Biot-Savart, muatan listrik yang mengalir atau bergerak menjadi arus listrik, akan menimbulkan medan magnet B di sekitarnya yang nilainya

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q v}{r^2} \sin \theta \text{ persamaan (ii)}$$



Gambar 33 Arah medan magnet pada kawat penghantar yang dialiri muatan q

dimana B = medan magnet

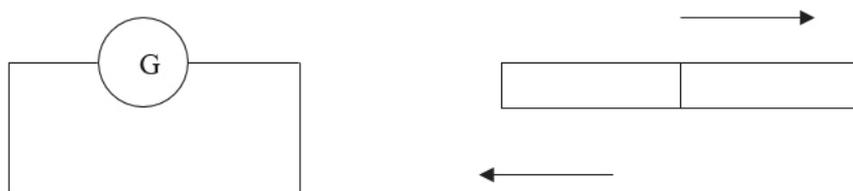
q = muatan listrik yang mengalir

- μ_0 = permeabilitas ruang hampa, hampir sama dengan udara
= $1,257 \times 10^{-6} \text{ m kg C}^{-2}$
- v = kecepatan muatan listrik yang mengalir dalam kawat penghantar
- θ = sudut antara muatan yang bergerak terhadap garis gaya magnet
jika arah muatan tegak lurus, maka $\theta = 90^\circ$ dan $\sin 90^\circ = 1$
- r = jarak terhadap penghantar yang dialiri arus

Adanya medan magnet B di sekitar kawat penghantar yang dialiri muatan listrik, merupakan gejala yang sangat menarik. Apakah ada hubungan yang khusus antara adanya medan listrik dan medan magnet? Kalau adanya medan listrik yang bergerak bisa mengakibatkan medan magnet di sekitarnya, apakah bisa terjadi proses sebaliknya? Adanya medan magnet bisa mengakibatkan timbulnya medan listrik?

Dugaan tersebut sangat menarik untuk dibuktikan karena berarti menunjukkan adanya hubungan tak terpisahkan antara dua gaya, yaitu gaya listrik dan gaya magnet.

Bukti tersebut baru muncul pada percobaan yang dilakukan Michail Faraday, selanjutnya disebut sebagai percobaan Faraday. Percobaan ini menggunakan rangkaian listrik tertutup dengan detektor menggunakan galvanometer untuk menunjukkan adanya arus listrik pada rangkaian tersebut. Pada rangkaian tersebut berada dalam pengaruh medan magnet dengan mendekatkan sebuah magnet di sekitar rangkaian.

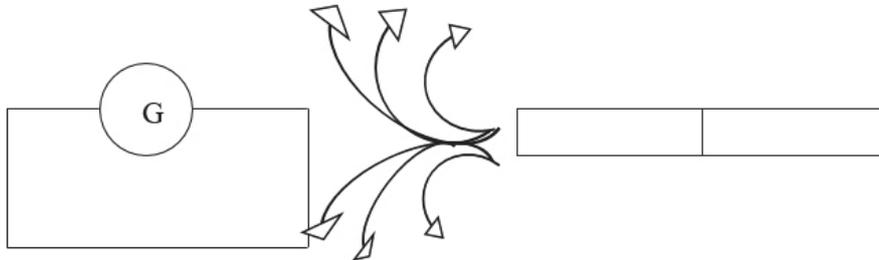


Gambar 34 Rangkaian listrik yang berada pada pengaruh medan magnet

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada saat magnet berada pada posisi diam tidak bergerak, penunjuk pada galvanometer menunjukkan angka nol atau sama dengan tidak ada arus pada rangkaian tersebut. Namun pada saat magnet mulai bergerak, tampak terjadi defleksi atau penyimpangan pada jarum penunjuk seplah-olah telah terjadi gerak arus pada rangkaian.

Penemuan yang terjadi pada percobaan Faraday membuktikan bahwa arus listrik bisa dibangkitkan dengan adanya perubahan induksi magnetic dimana magnet yang bergerak terhadap suatu kawat penghantar menyebabkan terjadinya rapat medan magnet yang berubah-

ubah terhadap kawat penghantar dan menghasilkan arus listrik. Pada kondisi diam, tidak terjadi perubahan rapat medan magnet sehingga tidak terjadi muatan listrik yang bergerak atau arus listrik pada kawat penghantar.

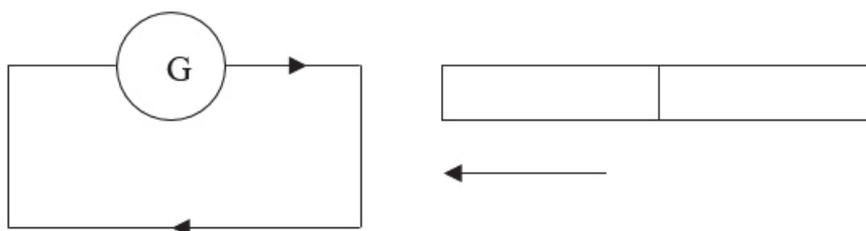


Gambar 35 Garis-garis gaya magnet terhadap rangkaian listrik

Permasalahan timbul bahwa dengan adanya medan magnet yang berubah-ubah akan menimbulkan arus yang nilainya juga berubah-ubah. Arus listrik yang nilainya berubah-ubah, juga hanya akan menimbulkan medan magnet di sekitarnya yang juga berubah-ubah nilainya. Perubahan itu terjadi secara periodik mengikuti gerak periodik magnet. Akibatnya, medan listrik dan medan magnet menyebar ke segala arah dengan nilai yang berubah-ubah secara periodik membentuk suatu gelombang. Inilah yang disebut gelombang elektromagnetik.

Bagaimana suatu pemancar radio bisa menghasilkan gelombang elektromagnetik?

Telah diketahui bahwa medan magnet yang bergerak terhadap suatu penghantar akan menghasilkan suatu arus listrik pada kawat penghantar tersebut. Agar magnet tersebut bisa bergerak secara terus menerus, maka gerakannya harus bolak-balik atau maju-mundur. Hal ini menyebabkan arus yang terjadi juga menjadi bolak-balik. Arus yang bolak-balik ini akan menghasilkan medan magnet di sekitarnya yang juga bolak-balik. Demikian siklus tersebut berlanjut secara periodik menghasilkan gelombang elektromagnetik yang merambat ke segala arah.

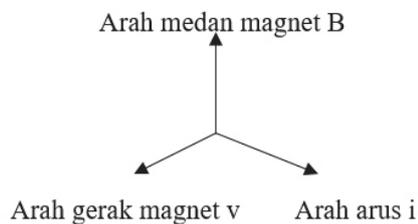


Gambar 36a Arah arus listrik mengalir saat magnet bergerak maju



Gambar 36b Arah arus listrik mengalir saat magnet bergerak mundur

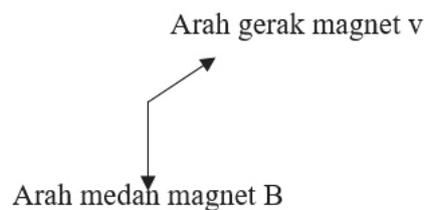
Arah arus yang terjadi bergantung pada arah gerak magnet v dan arah gaya medan magnet dimana di antara ketiganya saling tegak lurus.



Gambar 37 Arah gerak magnet v dan garis medan magnet B berpengaruh terhadap arah arus i

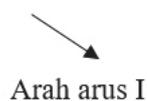
Contoh Soal 1:

Kemana arah arus I jika arah gerak magnet dan medannya seperti pada gambar di bawah ini?

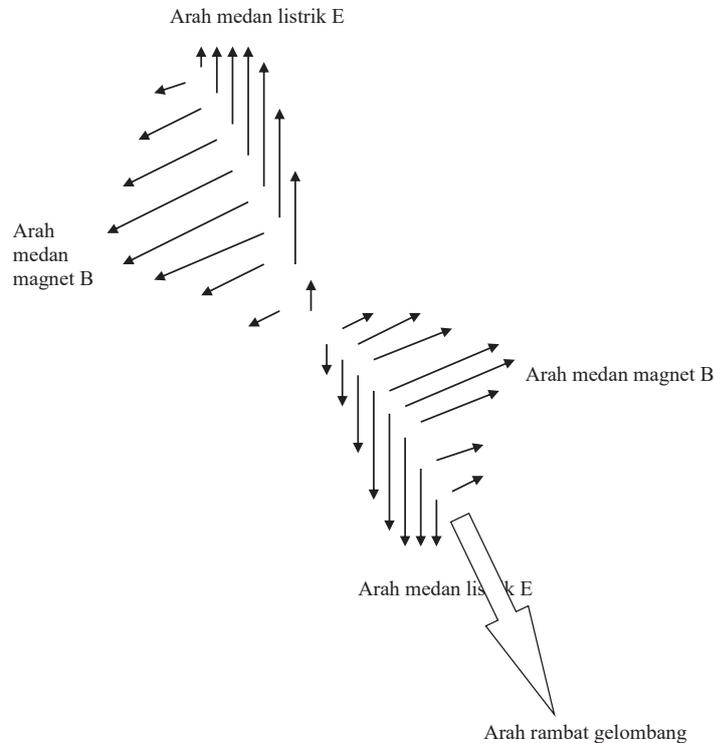


Jawab:

Arah arus I selalu tegak lurus dengan arah gerak magnet v dan arah medan magnet B pada kawat penghantar



Berdasarkan gejala yang tampak pada hukum Biot-Savart didukung dengan hukum Faraday, menunjukkan bahwa arah medan listrik E cenderung selalu tegak lurus terhadap arah medan magnet B.



Gambar 38 Arah medan listrik E dan arah medan magnet B saling tegak lurus dengan arah rambat gelombang

Berapa cepat rambat gelombang elektromagnetik?

Berdasarkan persamaan (i) dan (ii), dapat ditentukan nilai cepat rambat cahaya sebagai berikut.

Persamaan (i) menunjukkan kuat medan listrik E di suatu titik berjarak r dari suatu muatan listrik q.

$$E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \quad \text{persamaan (i)}$$

Dimana ϵ_0 merupakan konstanta berupa permitivitas ruang hampa, nilainya hampir sama dengan di udara, oleh karena itu konstanta di ruang hampa maupun di udara dianggap sama. Nilai konstanta permitivitas tersebut adalah

$$\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$$

Sementara itu, persamaan (ii) menunjukkan kuat medan magnet B di suatu titik berjarak r dari suatu muatan listrik q yang bergerak dengan kecepatan v membentuk sudut θ antara kawat penghantar dengan jarak r . Jika sudut $\theta = 90^\circ$, maka nilai medan magnet B menjadi

$$B = \frac{\mu_0 q v}{4\pi r^2} \quad \text{persamaan (ii)}$$

dimana μ_0 merupakan konstanta berupa permeabilitas ruang hampa, nilainya hampir sama dengan di udara, oleh karena itu konstanta di ruang hampa maupun di udara dianggap sama. Nilai konstanta permeabilitas tersebut adalah

$$\mu_0 = 1,257 \times 10^{-6} \text{ m kg C}^{-2}$$

Jika persamaan (i) dan (ii) disubstitusikan, maka akan diperoleh

$$B = \varepsilon_0 \mu_0 (v \times E) = \frac{1}{c^2} (v \times E)$$

Perhatikan bahwa arah medan magnet B , arah gerak muatan listrik v , dan arah medan listrik E selalu saling tegak lurus, bersamaan dengan kenyataan bahwa ketiganya merupakan besaran vektor. Di samping itu, $\frac{1}{c^2}$ juga merupakan konstanta untuk mengimbangi konstanta permitivitas dan permeabilitas $\varepsilon_0 \mu_0$. Selanjutnya nilai c bisa dicari

$$\begin{aligned} c &= \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{8,854 \times 10^{-12} \times 1,257 \times 10^{-6}}} \\ &= 2,997 \times 10^8 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Ternyata cepat rambat gelombang elektromagnetik hampir sama dengan kecepatan cahaya. Hal ini menunjukkan bahwa cahaya merupakan gelombang elektromagnetik.



L. Aplikasi Gelombang Elektromagnetik

Lingkungan kita tanpa disadari sudah dibanjiri oleh gelombang elektromagnetik. Pertama-tama pada cahaya yang ada di sekitar kita, dan peralatan elektronika yang selalu menggunakan sumber energi listrik.

1. Cahaya

Penggunaan cahaya menjadi suatu kebutuhan pokok bagi makhluk hidup. Cahaya bisa berfungsi sebagai penerang. Adanya siang hari menunjukkan peran cahaya yang begitu besar terhadap permukaan bumi. Cahaya juga memberi warna-warni yang berfungsi selain untuk memperindah pemandangan, juga menunjukkan indikator bagi sifat beberapa benda tertentu. Misalnya warna merah pada api menunjukkan adanya panas; warna hijau pada dedaunan menunjukkan adanya kesuburan; warna jingga pada suatu logam bisa jadi menunjukkan adanya karat atau terjadinya korosi; dan contoh lainnya yang menunjukkan gambaran warna sebagai indikator.

Di samping itu, cahaya juga berperan memberi kehangatan. Sebagian besar energi panas yang terdapat di bumi merupakan energi panas yang diperoleh melalui cahaya matahari. Salah satu dampak negatif dari adanya energi panas yang berlebihan dari adanya cahaya matahari adalah timbulnya dampak pemanasan global yang menyebabkan mencairnya es di kutub dan naiknya permukaan air laut. Pemanasan global terjadi akibat dari buangan limbah asap yang berlebihan menyebabkan cahaya matahari yang mengandung panas tidak dapat memantul keluar atmosfer dan terperangkap di permukaan bumi.



sumber: www.kabarsehat.com

Gambar 39a. Daun



sumber: www.panduankimia.net

Gambar 39b. logam mengalami perkaratan



sumber: www.pixabay.com

Gambar 40. Matahari menyinari permukaan bumi

2. Alat-alat Telekomunikasi

Pada umumnya, gelombang elektromagnetik digunakan sebagai penyalur komunikasi melalui radio, televisi, hingga telpon seluler. Dengan menggunakan gelombang elektromagnetik, komunikasi bisa berlangsung jauh lebih cepat dan sangat efektif. Masing-masing alat telekomunikasi tersebut menggunakan frekuensi yang sudah ditentukan dan disepakati secara internasional. Khusus untuk telpon seluler, selain menggunakan saluran frekuensi yang sudah ditentukan (biasanya menggunakan frekuensi 900 Mhz dan 1800 Mhz untuk sistem GSM; frekuensi 800 Mhz untuk sistem CDMA; dan 1900 Mhz untuk sistem 3G). Walaupun hanya disediakan 4 frekuensi untuk seluruh pelanggan nomor ponsel yang berjumlah lebih dari 30 juta di Indonesia, setiap hubungan antarpelanggan tidak akan nysasar atau salah sambung karena setiap pelanggan mempunyai nomor kode yang berbeda-beda terpasang pada kartu ponsel.



sumber: www.tribunnews.com

Gambar 41. Berbagai telpon seluler

3. Alat Rumah Tangga

Beberapa alat rumah tangga menggunakan gelombang elektromagnetik, misalnya alat masak microwave. Alat ini menggunakan gelombang mikro untuk memanaskan masakan. Pada gelombang mikro yang berimpit dengan gelombang infra merah, gelombang elektromagnetik menghasilkan panas yang bisa memanaskan berbagai jenis benda kecuali benda-benda padat dan berkilap seperti logam. Gelombang mikro akan memantul pada benda-benda logam.



sumber: www.amana.com

Gambar 42. Microwave

4. Alat-alat Kedokteran

Beberapa alat kedokteran menggunakan gelombang elektromagnetik, misalnya alat Roentgen. Alat ini menghasilkan suatu sinar tertentu yang disebut sebagai sinar-X yang mampu menembus kulit dan memberi gambaran hitam-putih tentang kondisi jaringan di dalam tubuh. Dengan bantuan komputer, gambar hitam-putih tersebut bisa ditransformasikan menjadi lebih berwarna.



sumber: www.alatkedokteran.id

Gambar 43. Alat sinar Rontgen



sumber: www.arsindo.com

Gambar 44. Berbagai alat listrik yang biasa digunakan sehari-hari

5. Alat-alat Listrik dan Elektronika

Alat-alat listrik dan elektronika yang berada di sekitar kita kemungkinan besar menghasilkan gelombang elektromagnetik berdaya rendah. Mengapa demikian? Alat-alat itu bekerja berdasarkan energi listrik dimana arus listrik mengalir. Pada sumber listrik AC atau bolak-balik, maka arus listrik mengalir secara bolak-balik juga menimbulkan medan magnet di sekitarnya. Medan listrik dan medan magnet di sekitar alat listrik tersebut merambat ke arah sekitarnya berupa gelombang elektromagnetik. Daya dan frekwensinya sangat rendah sehingga tidak mengganggu sekitarnya. Namun kadang-kadang bisa mengganggu hubungan komunikasi terutama yang menggunakan ponsel.

UJI KOMPETENSI

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

1. Gelombang elektromagnetik adalah ...
 - A. Bunyi yang merambat
 - B. Cahaya yang merambat
 - C. Listrik – magnet yang merambat
 - D. Medan listrik dan medan magnet yang merambat
2. Gelombang elektromagnetik merambat dengan kecepatan sekitar ...
 - A. 3×10^5 m/det
 - B. 3×10^6 m/det
 - C. 3×10^7 m/det
 - D. 3×10^8 m/det
3. Sejenis gelombang elektromagnetik dengan frekuensi paling rendah adalah ...
 - A. Gelombang radio
 - B. Cahaya
 - C. Sinar-X
 - D. Sinar gamma
4. Sejenis gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang paling panjang adalah ...
 - A. Gelombang radio
 - B. Cahaya
 - C. Sinar-X
 - D. Sinar gamma
5. Spektrum gelombang elektromagnetik ditentukan oleh ...
 - A. Amplitude
 - B. Periode
 - C. Frekuensi
 - D. Warna

6. Gelombang elektromagnetik yang bisa dideteksi oleh indra manusia adalah ...
 - A. Gelombang radio
 - B. Cahaya
 - C. Sinar-X
 - D. Sinar gamma
7. Gelombang elektromagnetik yang bisa digunakan untuk memasak adalah ...
 - A. Cahaya
 - B. Gelombang mikro
 - C. Sinar-X
 - D. Sinar gamma
8. Jika diketahui frekuensi suatu gelombang elektromagnetik 6×10^{14} Hz, maka panjang gelombangnya adalah ...
 - A. 5×10^{-7} m
 - B. 5×10^{-8} m
 - C. 2×10^{-8} m
 - D. 2×10^{-10} m
9. Gelombang elektromagnetik yang paling kuat menembus suatu benda adalah ...
 - A. Gelombang bunyi
 - B. Infra merah
 - C. Ultra violet
 - D. Sinar gamma
10. Gelombang elektromagnetik yang paling mudah terpantul adalah ...
 - A. Gelombang bunyi
 - B. Infra merah
 - C. Ultra violet
 - D. Sinar gamma

B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Spektrum gelombang elektromagnetik adalah ...
2. Jangkauan frekuensi gelombang elektromagnetik berkisar antara ...
3. Jangkauan panjang gelombang elektromagnetik berkisar antara ...
4. Gelombang elektromagnetik yang biasa digunakan sebagai media komunikasi adalah ...
5. Frekuensi gelombang elektromagnetik yang biasa digunakan sebagai media komunikasi berkisar antara ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apa yang dimaksud dengan spektrum gelombang elektromagnetik?
2. Bagaimana kejadian gelombang elektromagnetik?
3. Mengapa gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi lebih mudah menembus bahan dibanding yang berfrekuensi rendah?
4. Mengapa gelombang elektromagnetik makin panjang gelombangnya, makin mudah terpantul?
5. Mengapa energi gelombang makin tinggi jika frekuensi makin tinggi?

UNIT 4

ALAT-ALAT OPTIK



sumber: www.artikelsiana.com

Gambar 45. Alat-alat optik

Beberapa alat optik yang ada di sekitar kita sangat membantu kehidupan kita dan memberi peran berarti dalam perkembangan ilmu pengetahuan

Cahaya mempunyai beberapa sifat khusus, seperti cenderung merambat lurus, tapi dapat membelok jika melalui media yang berbeda. Sifat cahaya ini digunakan untuk membantu penglihatan manusia, seperti memperbesar objek yang sangat kecil dan memperjelas objek yang sangat jauh. Dunia kedokteran mampu berkembang mengatasi berbagai virus, bakteri dan kuman berbahaya lainnya berkat adanya alat optik yang mampu melihat mikroba atau makhluk yang sangat kecil. Begitu juga perkembangan ilmu perbintangan merupakan berkat dari adanya alat optik yang bisa melihat benda yang berada sangat jauh.

Di samping itu, alat optik juga dapat membantu manusia yang mengalami gangguan pada indra penglihatan hingga tetap bisa menikmati pemandangan dan membaca secara normal.



A. Mata dan Kacamata

Mata manusia mempunyai jarak penglihatan yang jelas pada daerah tertentu yang dibatasi oleh dua titik yaitu: titik dekat dan titik jauh.

Titik dekat adalah titik terdekat yang masih dapat dilihat mata dengan jelas. Hal ini bergantung pada lensa pada mata dalam melakukan akomodasi maksimum, yaitu kemampuan lensa mata mencembungkan atau membuat menjadi sebulat mungkin. Seperti diketahui lensa mata manusia sangat unik, karena bisa berbentuk cembung dan pipih sesuai kebutuhan. Oleh karena itu lensa mata dihubungkan dengan otot yang berfungsi menarik lensa hingga pipih atau menekannya menjadi cembung. Pada saat lensa mata menjadi cembung, maka titik fokus menjadi pendek → manusia hanya mampu melihat pada jarak dekat, misalnya saat membaca koran. Demikian juga pada saat berbentuk pipih → manusia mampu melihat pada jarak jauh. Titik dekat untuk mata manusia normal pada umumnya berjarak 25 cm.

Titik jauh adalah titik terjauh yang masih dapat dilihat oleh mata dengan jelas. Titik jauh untuk mata normal dianggap pada jarak tak terhingga.

Mata terdiri atas:

- Susunan lensa mata, berfungsi memfokuskan bayangan benda
- Pupil, berfungsi mengatur cahaya yang masuk agar tidak berlebihan atau berkekurangan, dan
- Retina, berfungsi sebagai layar pembentuk bayangan benda yang kemudian ditangkap oleh syaraf mata.

Daya atau kemampuan lensa mata dalam berbentuk bulat (cembung) atau tipis yang disesuaikan dengan jarak benda disebut daya akomodasi.

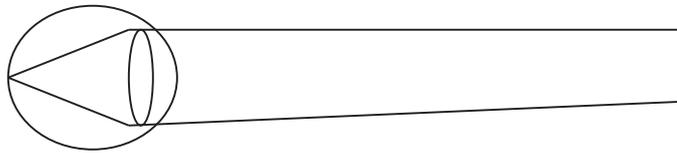
Berakomodasi maksimum adalah keadaan lensa mata secembung-cembungnya untuk dapat melihat benda sedekat-dekatnya, otot mata dalam keadaan paling tegang, karena dengan kekuatan penuh menekan lensa mata hingga sebulat mungkin. Biasanya kita menganggap atau mengasumsikan jarak benda pada saat mata berakomodasi maksimum adalah 25 cm.

Tak berakomodasi adalah keadaan lensa mata sepipih-pipihnya untuk dapat melihat benda sejauh-jauhnya, otot mata dalam keadaan istirahat.

1. Mata Normal (emiotropi)

Titik dekat (akomodasi maksimum) = 25 cm

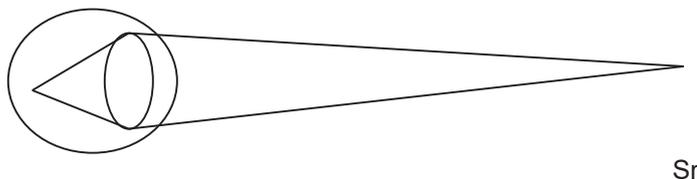
Titik jauh di tak terhingga
Bayangan terbentuk tepat di retina



Gambar 46. Pada mata normal, semua bayangan benda jatuh ke retina

2. Terang dekat (rabun jauh atau miopi)

Dapat melihat dekat tidak dapat melihat jelas pada jarak jauh, disebabkan lensa mata terlalu cembung dan bayangan terbentuk di depan retina. Titik jauh mata lebih dekat dari tak terhingga cacat mata ini dapat ditolong dengan kaca mata yang berlensa cekung (negatif)



S_r = jarak titik jauh

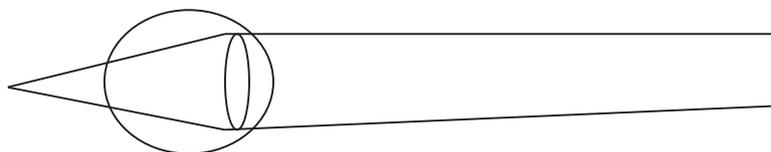
Gambar 47. Pada mata miopi, semua bayangan benda jarak jauh jatuh di depan retina

3. Terang jauh (rabun dekat atau hipermetropi)

Dapat melihat jarak jauh, tetapi lensa mata tidak dapat memfokuskan pada jarak yang dekat, lensa kurang cembung dan bayangan terbentuk di belakang retina.

Titik dekat lebih jauh dari 25 cm

Cacat mata ini dapat ditolong dengan kacamata yang berlensa cembung (positif).

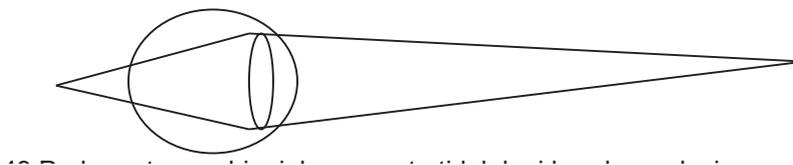


Gambar 48. Pada mata hipermetropi, semua bayangan benda jarak dekat jatuh di belakang retina

4. Mata tua (presbiopi)

Cacat mata ini disebabkan lanjut usia, karena lensa mata tidak dapat berakomodasi dengan

baik sehingga tidak jelas melihat jauh dan tidak jelas melihat dekat. Cacat mata ini dapat ditolong dengan kacamata rangkap (ifocal)



Gambar 49 Pada mata presbiopi, lensa mata tidak lagi berakomodasi

Informasi tambahan

Pada masa sekarang banyak orang memakai lensa kontak untuk membantu penglihatan.



sumber: www.alodokter.com

Gambar 50. Kontak lensa

Walaupun begitu, teknologi baru belum tentu sepenuhnya memberikan kehidupan yang lebih mudah bagi penggunanya. Beberapa teknologi baru bahkan memberikan dampak yang kurang menguntungkan bagi manusia. Begitu juga dengan lensa kontak yang bisa dipasang dengan cara menempelkan lensa secara langsung pada kornea mata. Pengguna lensa kontak tidak tampak seolah-olah sedang menggunakan kacamata.

- Apakah perbedaan antara lensa kontak dengan kacamata biasa?
- Apa dampak positif memakai lensa kontak?
- Apakah dampak negatifnya?



B. Kamera

Kamera merupakan alat optik yang berfungsi mengambil bayangan benda dan mengarahkannya pada layar yang tersusun dari bahan kimia khusus yang peka bereaksi terhadap cahaya. Selanjutnya bayangan benda seolah-olah akan tercetak pada layar kimia tersebut.

Lensa yang digunakan pada kamera biasanya adalah lensa cembung agar menghasilkan suatu bayangan yang terbalik dan tercetak pada film negatif. Disebut film negatif, karena pada layar film akan tampak terang untuk bayangan benda yang gelap, sebaliknya akan tampak gelap untuk bayangan benda yang terang.

Bayangan pada film yang terbalik ini kemudian akan dicetak pada kertas khusus menghasilkan gambar nyata (tidak lagi terbalik) yang seperti aslinya.

Agar menghasilkan gambar yang tajam, jarak diantara lensa dan film disesuaikan dengan mengatur jarak fokus. Biasanya setiap kamera sudah ditentukan dari pabriknya mengenai jarak fokus lensa agar sesuai dengan layarnya. Di samping itu, perlu diatur cahaya yang masuk pada kamera melalui diafragma agar gambar tidak terlalu terang atau terlalu gelap.

Pada beberapa kamera, lensanya tersusun lebih dari satu lensa yang bisa diatur jarak antarlensa. Hal ini terutama pada kamera dengan objek benda yang cukup jauh sehingga perlu menggunakan lensa tele yang jarak fokusnya bisa diatur-aturl.

Apabila mengambil gambar foto suatu benda pada jarak yang jauh, maka jarak lensa dari film adalah minimum, yaitu f , panjang fokus lensa. Sebaliknya semakin dekat benda itu dengan kamera kedudukan lensa dengan film semakin dijauhkan untuk memperoleh bayangan yang tajam pada film.



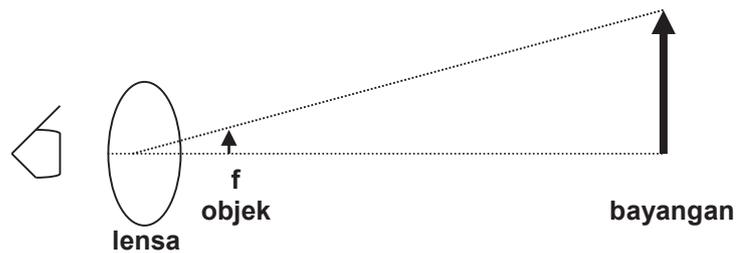
sumber: www.blibli.com

Gambar 51. Kamera

C. Lup

Lup merupakan sebuah alat optik yang cukup sederhana terdiri dari sebuah lensa cembung dan digunakan untuk mengamati benda-benda yang ukurannya kecil agar tampak lebih besar dan jelas. Pada prinsipnya bayangan benda diarahkan pada jarak akomodasi maksimum ($S_n = 25$ cm) agar bayangan tampak jelas oleh si pengamat.

Pengamatan pada Lup



Gambar 52. Bagan lup

Pada alat lup, objek benda berada pada jarak sekitar titik fokus f atau $s = f$

$$\text{Rumus perbesaran } m = \frac{S_n}{f}$$

Keterangan

m = perbesaran Lup

S_n = jarak baca mata normal = ± 25 cm

f = jarak fokus

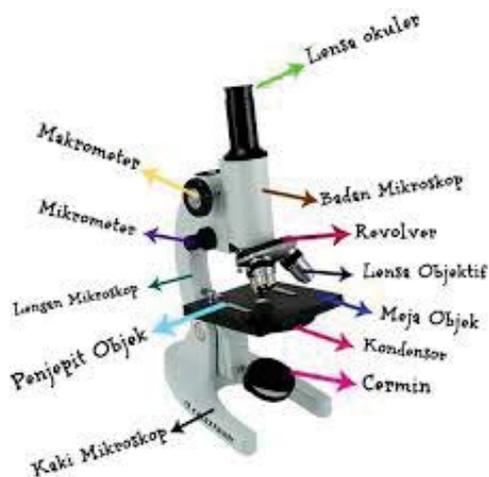


D. Mikroskop

Mikroskop digunakan untuk melihat benda-benda renik agar tampak lebih besar dan jelas.

Mikroskop terdiri atas :

- Sebuah lensa cembung yang menghadap benda disebut lensa objektif.
- Sebuah lensa cembung dekat mata pengamat disebut lensa okuler dan berfungsi sebagai lup



sumber: www.sekolahpendidikan.com

Gambar 53. Mikroskop

Perbesaran mikroskop terjadi pada lensa objektif dan lensa okuler

$$M = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} \frac{S_n}{f_{ok}}$$

Keterangan

S'_{ob} = jarak bayangan ke lensa objektif

S_{ob} = jarak benda ke lensa objektif

S_n = jarak baca mata normal = ± 25 cm

f_{ok} = Jarak fokus okuler

M = perbesaran mikroskop

Penugasan 3 Bayangan Lensa

Diketahui sebuah mikroskop mempunyai lensa objektif dan lensa okuler masing-masing berjarak fokus 4,0 cm dan 10,0 cm. Sebuah benda yang tingginya 2,0 cm diletakkan pada jarak 5,0 cm dari lensa objektif. Jarak antara dua lensa itu adalah 27,0 cm.

Langkah Kegiatan

- Lukiskan pada kertas grafik dengan skala yang sesuai, jalannya sinar untuk mikroskop tersebut
- Dari gambar yang Anda lukis, tentukan
 - jarak bayangan akhir dari lensa okuler
 - tinggi bayangan akhir
 - perbesaran bayangan akhir
 - sifat-sifat bayangan akhir



E. Teropong Bintang

Teropong bintang atau teleskop astronomi terdiri dari sebuah lensa objektif positif yang berjarak titik fokus sangat panjang dan sebuah lensa okuler positif yang berjarak fokus pendek. Jarak fokus lensa objektif f_{ob} hampir berimpit dengan jarak fokus lensa okuler f_{ok} . Bayangan dari lensa objektif akan difokuskan di sekitar titik fokus lensa okuler. Seperti diketahui, di sekitar titik fokus lensa cembung, perbesaran terjadi secara maksimal.



sumber: www.amazon.com

Gambar 54. Teropong bintang

$$\begin{aligned} \text{objektif } S_{ob} &= \sim \\ S'_{ob} &= f_{ob} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Okuler } S_{ok} &= f_{ok} \\ S'_{ok} &= \sim \end{aligned}$$

$$\text{Perbesaran total : } M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

Keterangan

- S_{ob} = Jarak benda ke lensa objektif
- S'_{ob} = Jarak bayangan ke lensa objektif
- S_{ok} = Jarak benda ke lensa okuler
- S'_{ok} = Jarak bayangan ke lensa okuler
- S_n = Jarak baca mata normal
- f_{ok} = Jarak fokus okuler
- M = Perbesaran mikroskop

Contoh soal 2

Sebuah mikroskop dengan fokus pada lensa objektif 3 cm dan fokus pada lensa okuler 5 cm. Sebuah benda diletakkan 9 cm di depan lensa objektif. Tentukan perbesaran yang dihasilkan mata berakomodasi maksimum?.

Penyelesaian :

$$S_{ob} = 9 \text{ cm}$$

$$S_n = 25 \text{ cm}$$

$$f_{ob} = 3 \text{ cm}$$

$$f_{ok} = 5 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{S'_{ob}} = \frac{1}{f_{ob}} - \frac{1}{S_{ob}} = \frac{1}{3} - \frac{1}{9} = \frac{2}{9}$$

$$S'_{ob} = 9/2 = 4,5 \text{ cm}$$

$$M = \frac{S'_{ob}}{S_{ob}} \frac{S_n}{f_{ok}} = \frac{4,5}{9} \times \frac{25}{5} = 2,5 \text{ kali}$$

Perbesaran total mikroskop adalah 2,5 kali

UJI KOMPETENSI

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, atau D

1. Segala benda di sekitar kita dapat kita lihat karena ...
 - A. Benda memantulkan cahaya ke arah mata kita
 - B. Benda berada pada jangkauan jarak pandang mata kita
 - C. Mata kita mengeluarkan cahaya ke arah benda tersebut
 - D. Sesuai dengan fungsi mata kita untuk melihat benda di sekitar
2. Cahaya memiliki beberapa ciri dan karakteristik seperti berikut, kecuali ...
 - A. Dapat dipantulkan
 - B. Dapat dibiaskan
 - C. Merambat lurus
 - D. Dapat disentuh
3. Suatu gejala alam yang menunjukkan bahwa cahaya dapat mengalami pemantulan adalah ...
 - A. Bayangan hitam di permukaan tanah
 - B. Bayangan di permukaan cermin
 - C. Bayangan di balik lensa
 - D. Penguraian warna
4. Suatu gejala alam yang menunjukkan bahwa cahaya dapat mengalami pembiasan adalah ...
 - A. Bayangan di permukaan cermin
 - B. Warna-warni pada pelangi
 - C. Bayangan di tengah hari
 - D. Bayangan di balik lensa
5. Sebuah batang pensil berada tegak lurus di dalam gelas bundar berisi air dengan nilai indeks bias lebih besar daripada udara, maka tampak diameter pensil di dalam air tersebut dari luar seolah-olah ...
 - A. Lebih ramping
 - B. Lebih pendek
 - C. Lebih lebar
 - D. Tetap

6. Beberapa batang tongkat masing-masing sepanjang 1,5 m dipasang tegak lurus di dalam kolam air sebagai pembatas. Jika tongkat berada di bawah air seluruhnya, dan diketahui indeks bias air $n = 1,33$, maka dari luar kolam akan tampak panjang tongkat di dalam air seolah-olah menjadi sekitar ...
- A. 2,5 meter
 - B. 2 meter
 - C. 1,5 meter
 - D. 0,5 meter
7. Sekeping mata uang berada di dasar baskom berisi air. Jika diketahui indeks bias air $n = 1,33$ dan tinggi air di dalam baskom 15 cm, maka dari luar baskom akan tampak seolah-olah jarak mata uang dari permukaan air sekitar ...
- A. 35 cm
 - B. 20 cm
 - C. 15 cm
 - D. 10 cm
8. Diketahui bahwa kecepatan cahaya di udara sekitar 300.000 kilometer per detik. Jika cahaya merambat di air yang berindeks bias $n = 1,33$, maka cepat rambat cahaya di air seolah-olah menjadi ... (km/det)
- A. 400.000
 - B. 300.000
 - C. 225.000
 - D. 155.000
9. Sebuah kaca pembesar (suryakanta) memberikan bayangan yang jelas dan makin besar hingga mendekati jarak 20 cm dari objek benda. Pada jarak tepat 20 cm bayangan benda menjadi kabur dan tidak jelas. Selanjutnya di atas 20 cm bayangan benda menjadi jelas kembali biarpun bayangannya menjadi makin kecil. Jarak fokus kaca pembesar tersebut adalah ...
- A. 5 cm
 - B. 10 cm
 - C. 15 cm
 - D. 20 cm
10. Sebuah *paperklip* sepanjang 2 cm bayangannya tegak dan menjadi lebih panjang yaitu 4 cm,

di bawah pengamatan suatu kaca pembesar berlensa cembung. Jika jarak objek benda 3 cm, maka titik fokus kaca pembesar tersebut adalah ...

- A. 3 cm
- B. 4 cm
- C. 6 cm
- D. 9 cm

B. Uraian

Isilah titik-titik di bawah ini secara singkat dan tepat!

1. Beberapa ciri dan karakteristik cahaya, antara lain ...
2. Gejala pemantulan cahaya terjadi jika ...
3. Lensa merupakan produk teknologi yang menggunakan konsep ...
4. Cermin yang selalu memperkecil bayangan benda ialah ...
5. Makin jauh objek benda dari titik fokus lensa cembung, maka bayangan benda semakin ...

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apa yang terjadi jika sebuah benda berada di depan cermin cekung?
2. Apa yang terjadi jika cahaya merambat pada 2 medium yang berbeda?
3. Bagaimana menjelaskan bahwa pembiasan cahaya dapat digunakan sebagai alat bantu manusia dalam melihat benda yang sangat kecil atau sangat jauh?
4. Apa yang terjadi pada benda yang berada di depan lensa cembung?
5. Apa yang terjadi pada benda yang berada di depan lensa cekung?

RANGKUMAN

1. Gelombang adalah getaran yang merambat menuju arah tertentu
2. Gelombang mempunyai ciri sebagai berikut, memiliki amplitude, periode, panjang gelombang, frekuensi dan kecepatan,
3. Berdasarkan medianya, gelombang terbagi menjadi gelombang tali, gelombang air, gelombang bunyi, gelombang cahaya, dan lainnya
4. Berdasarkan bentuknya, gelombang terdiri dari gelombang transversal dan gelombang longitudinal.
5. Gelombang transversal misalnya gelombang cahaya dan elektromagnetik, sementara contoh gelombang longitudinal adalah gelombang bunyi.
6. Gelombang memiliki sifat dapat mengalami pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), penguraian (dispersi), perpaduan (interferensi), pelenturan (difraksi), dan pengkutuban (polarisasi). Khusus gelombang longitudinal tidak mengalami polarisasi.
7. Gelombang elektromagnetik terdiri dari beberapa jenis dengan ciri dan karakteristik yang berbeda, tetapi memiliki cepat rambat yang sama, yaitu $c = 3 \times 10^8$ m/det di dalam ruang hampa.
8. Berbagai jenis gelombang elektromagnetik dibedakan oleh frekuensi dan panjang gelombangnya dimana antara keduanya mempunyai hubungan sebagai $c = \lambda \cdot f$
9. Gelombang elektromagnetik yang paling rendah frekuensinya adalah gelombang radio, sementara yang paling tinggi frekuensinya adalah gelombang sinar gamma.
10. Gelombang elektromagnetik dengan gelombang terpanjang adalah gelombang radio, sementara gelombang terpendek adalah gelombang sinar gamma.
11. Berbagai jenis gelombang elektromagnetik dengan ciri dan karakteristik yang berbeda masing-masing dibatasi dengan lapisan atau garis-garis frekuensi dan panjang gelombang dengan jangkauan tertentu yang disebut sebagai spektrum gelombang elektromagnetik.
12. Gelombang radio dan televisi merupakan hasil dari interaksi medan listrik dan medan magnet yang mengalami perubahan nilai naik-turun secara periodik.
13. Gelombang cahaya merupakan hasil dari interaksi elektron dalam suatu atom yang menyebabkan perubahan lintasan elektron dalam mengelilingi inti atom.
14. Gelombang sinar-X merupakan hasil dari interaksi elektron dengan atom yang menyebabkan perubahan kecepatan elektron dalam mendekati inti atom.
15. Gelombang sinar gamma merupakan hasil dari interaksi antara inti atom yang menyebabkan perubahan struktur inti atom.
16. Alat-alat optik merupakan suatu alat bantu yang bisa memberdayakan panca indra kita

khususnya panca indra mata.

17. Alat-alat optik diantaranya adalah mata, kamera, lup, mikroskop dan teropong (teleskop).

18. Alat optik bekerja dengan prinsip sifat cahaya, yaitu:

- Cahaya merambat lurus dalam suatu media yang homogen.
- Cahaya dapat memantul pada suatu permukaan benda
- Cahaya dapat membias dalam suatu media yang tidak homogen
- Cahaya dapat mengurai menjadi beberapa warna

19. Mata kita merupakan suatu organ tubuh yang bekerja dengan prinsip sifat-sifat cahaya.

20. Lensa pada mata berfungsi memfokuskan bayangan benda hingga bisa ditangkap syaraf mata.

21. Sifat bayangan yang dihasilkan oleh mata adalah nyata, terbalik, dan diperkecil.

22. Lensa mata mempunyai kemampuan menggembung atau memipih yang disebut sebagai daya akomodasi. Daya akomodasi ialah daya menggembung atau memipih lensa mata sesuai dengan jarak benda yang dilihat. Pada saat menggembung, lensa mata berfungsi sebagai lensa yang sangat cembung dan mampu melihat benda yang sangat dekat. Sementara pada saat lensa memipih, mata mampu melihat benda yang sangat jauh. Daya akomodasi maksimum mata manusia adalah sekitar 25 cm.

23. Mata manusia mempunyai jarak penglihatan yang jelas pada daerah yang dibatasi oleh dua titik yaitu :

- Titik dekat dimana mata mengalami daya akomodasi maksimum (± 25 cm)
- Titik jauh dimana mata mengalami daya akomodasi minimum

24. Cacat-cacat mata meliputi :

- **Miopi (rabun jauh)** merupakan bayangan benda yang dilihat terbentuk di depan retina (karena lensa mata terlalu cembung) cacat mata ini dapat ditolong dengan kacamata berlensa negatif.
- **Hipermetropi (rabun dekat)** merupakan bayangan benda yang dilihat terbentuk dibelakang retina (lensa mata terlalu cekung). Cacat mata ini dapat ditolong dengan kacamata berlensa positif.
- **Presbiopi (mata tua)**, cacat mata ini karena usia, dan dapat ditolong dengan kacamata berlensa rangkap (Bifokal).
- **Lup (kaca pembesar)** digunakan untuk melihat benda yang ukurannya kecil supaya tampak lebih besar.

25. Kamera merupakan alat optik yang bekerja dengan cara mengarahkan bayangan benda pada lapisan kimia yang peka dan bereaksi terhadap cahaya. Kamera bisa menangkap bayangan benda yang berjarak jauh maupun dekat sesuai dengan kebutuhan.

26. Alat optik lup berfungsi melihat benda-benda kecil dimana bayangan benda diletakkan pada jarak sekitar 25 cm, sesuai dengan daya akomodasi manusia.
27. Sifat bayangan yang dihasilkan oleh lup adalah maya, tegak, dan diperbesar
28. Alat optik mikroskop berfungsi melihat benda-benda yang sangat kecil dimana bayangan benda mengalami pembesaran pada 2 lensa cembung, hingga perbesaran terakhir bisa berkali-kali lipat.
29. Sifat bayangan yang dihasilkan oleh mikroskop adalah nyata, terbalik, dan diperbesar
30. Alat optik teropong berfungsi melihat benda-benda yang sangat jauh dimana bayangan benda difokuskan oleh lensa pertama, kemudian diperbesar oleh lensa kedua.



Penilaian dan Kunci Jawaban

A. Penilaian

Penilaian secara skoring dengan menghitung jumlah jawaban benar dibagi jumlah soal sebagai berikut

$$\text{Skor nilai} = \frac{\text{JJB}}{\text{JS}} \times 100$$

Dimana : JJB adalah jumlah jawaban benar

JS adalah jumlah soal

Jika ada soal latihan yang sulit untuk dijawab, atau Anda tidak begitu yakin dengan jawaban Anda, diskusikan dengan teman atau Tutor mengenai rencana selanjutnya

Jika Anda bisa menjawab minimal 80% dari soal di atas, maka Anda telah menyelesaikan pembahasan pada buku ini secara memuaskan. Walaupun begitu tetap disarankan agar membaca ulang buku ini untuk mempertajam kemampuan Anda

B. Kunci Jawaban

Kunci Jawaban: Unit 1 1. C, 2. b, 3. C, 4. D, 5. A

Unit 2 1. A, 2. C, 3. B, 4. B, 5. B

Unit 3 1. D, 3. D, 4. A, 5. C, 6. B, 7. B, 8. A, 9. D, 10. B

Unit 4 6. B, 7. D, 8. C, 9. D, 10. C



Daftar Istilah

Getaran	Suatu gerak bolak-balik atau maju-mundur secara periodik pada suatu benda yang tidak berpindah posisi.
Gelombang	Suatu gerak bolak-balik atau maju-mundur secara periodik pada suatu benda yang berpindah posisi dan merambat.
Gelombang elektromagnetik	Gelombang yang timbul akibat dari interaksi antara medan listrik dan medan magnet
Spektrum gelombang	Beberapa jenis gelombang berdasarkan sifat dan perannya masing-masing dalam suatu jangkauan tertentu.
Frekuensi	Banyaknya getaran atau gelombang dalam satu detik.
Periode	Waktu yang diperlukan dalam melakukan satu kali getaran atau gelombang.
Panjang gelombang	Jarak antara puncak gelombang (atau antara lembah gelombang).
Medan listrik	Daerah di sekitar suatu muatan listrik.
Medan magnet	Daerah di sekitar magnet atau medan listrik yang bergerak.
Permitivitas	Konstanta bahan yang berada dalam pengaruh medan listrik.
Permeabilitas	Konstanta bahan yang berada dalam pengaruh medan magnet.
Cahaya	Merupakan salah satu gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata.
Cermin	Merupakan benda yang mampu memantulkan gelombang cahaya hingga hampir mencapai 100%.
Fokus	Merupakan suatu titik dalam jarak tertentu dari lensa/ cermin yang menunjukkan tempat dimana sinar cahaya mengumpul
Indeks bias	Merupakan besaran yang menunjukkan nilai suatu medium dalam hubungannya dengan perambatan gelombang cahaya yang melalui medium tersebut.

Konveks	Merupakan lensa yang berbentuk cembung.
Konkaf	Merupakan lensa yang berbentuk cekung.
Kuat lensa	Merupakan besaran nilai yang dapat menunjukkan kemampuan lensa dalam memperbesar/ memperkecil bayangan benda.
Lensa	Merupakan benda atau medium yang mampu dilalui gelombang cahaya dan terjadi pembiasan.
Pemantulan	Merupakan salah satu daripada sifat gelombang dimana suatu gelombang (atau benda) berbalik arah dengan sudut yang sama dengan sudut saat gelombang emper, ketika gelombang menyentuh suatu benda tertentu.
Pembiasan	Merupakan salah satu daripada sifat gelombang dimana suatu gelombang (atau benda) berbelok arah saat melewati daerah tertentu (medium yang berbeda)



Saran Referensi

Buku Fisika Kelas XI Kurikulum 2013



Daftar Pustaka

- _____, *Permendikbud No.23 Tahun 2016*, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016.
- _____, *Permendikbud No.24 Tahun 2016*, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016.
- _____, *Ilmu Pengetahuan Populer*, Jilid.1, Grolier, 2008
- _____, *Ilmu Pengetahuan Populer*, Jilid.2, Grolier, 2008
- _____, *Ilmu Pengetahuan Populer*, Jilid 3, Grolier, 2008
- _____, *Ilmu Pengetahuan Populer*, Jilid.4, Grolier, 2008
- _____, *Ilmu Pengetahuan Populer*, Jilid.5, Grolier, 2008
- Bueche F.J., *Fisika Edisi ke-7 Seri Buku Schaum*, Erlangga, 1992.
- Alonso M – Finn E., *Dasar-Dasar Fisika Universitas: Mekanika dan Termodinamika* jilid 1 Edisi ke-2, Erlangga, 1992.



Profil Penulis

Nama Lengkap : Marga Surya Mudhari, Drs, MT
Telp Kantor/HP : (021) 3453440/34834862, 0819 3223 3409
E-Mail : margasurya@yahoo.com
Akun Facebook : Ari MHari Surya
Alamat Kantor : Jl. Gunung Sahari Raya No.4
Bidang Keahlian : IPA - Fisika

Pekerjaan

Pengembang Kurikulum dan Perbukuan

Pendidikan

1986 - 1992 S1 Fisika FMIPA UNAS Jakarta
1999 - 2003 S2 OEAL FT UI Jakarta

Buku

2009 Modul Ajar Pengurangan Resiko Tsunami, Bahan Pengayaan Bagi Guru SMP/MTs, Kementerian Pendidikan Nasional
2014 Buku Pendamping Tematik IPA untuk Kelas IV SD/MI, Grafindo
2014 Buku Pendamping Tematik IPA untuk Kelas V SD/MI, Grafindo

Penelitian

2013 Pengembangan Model Kurikulum Pengintegrasian Pengurangan Resiko Bencana pada Kurikulum Pendidikan Dasar, Prosiding Seminar Hasil-Hasil Perencanaan Pendidikan, Kelompok Pejabat Fungsional Perencanaan Balitbang Kemdikbud