

# Bab IX

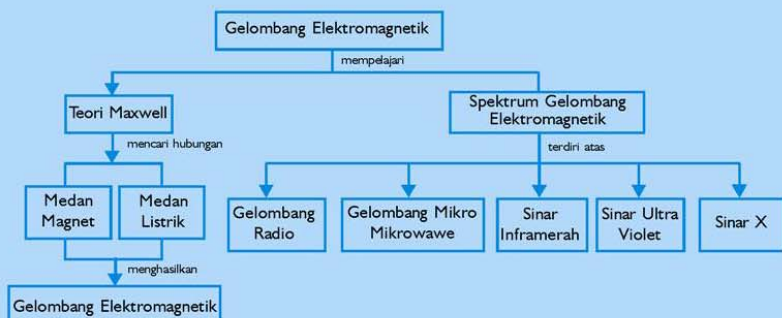
## Gelombang Elektromagnetik

Sumber gambar: Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 9

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembahasan dalam bab ini, kalian dapat menjelaskan spektrum gelombang elektromagnetik dan mengaplikasikan gelombang elektromagnetik pada kehidupan sehari-hari.

Untuk mempermudah tercapainya tujuan pembelajaran, perhatikanlah **Peta konsep** berikut.



Setelah peta konsep kalian kuasai, perhatikan **Kata kunci** yang merupakan kunci pemahaman materi dalam bab ini, ingatlah beberapa kata kunci berikut.

1. Medan magnet
2. Medan listrik
3. Gelombang
4. Frekuensi

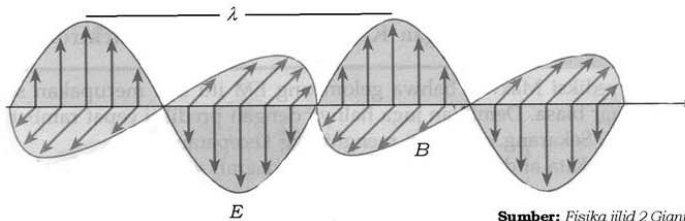


**Sumber gambar:** Ilmu Pengetahuan  
Populer Jilid 9

**Gambar:** Radar

Setiap hari kita pasti mendengarkan radio, melihat televisi bahkan dengan telepon genggam kita menerima dan mengirim SMS dari teman, mungkin juga dengan internet kita dapat mencari informasi terkini. Yang menjadi pertanyaan, dengan perantara apa, suara, gambar, tulisan dari seberang sana dapat sampai pada kita. Untuk menjawabnya kita ikuti pembahasan berikut.

## A. Teori Gelombang Elektromagnet Maxwell



Gambar 9.1 Penjalaran gelombang elektromagnetik

Sumber: Fisika jilid 2 Giancoli

Faraday mengemukakan, bahwa perubahan medan magnet  $\vec{B}$  dapat menimbulkan medan listrik  $\vec{E}$  yang arahnya tegak lurus terhadap arah medan magnet  $\vec{B}$ . Terdorong oleh suatu keyakinan bahwa aturan-aturan alam semesta ini sederhana dan rapi, **James Clark Maxwell (1831 - 1879)** mengambil suatu kesimpulan jika perubahan  $\vec{B}$  dapat menimbulkan  $\vec{E}$ , sudah seharusnya perubahan  $\vec{E}$  dapat menimbulkan  $\vec{B}$  yang juga tegak lurus terhadap arah medan listrik  $\vec{E}$ .

Apabila proses ini dapat berjalan terus-menerus, sehingga mendapatkan proses yang berantai dari pembentukan medan magnet dan medan listrik yang menjalar ke segala jurusan didapat suatu gelombang yang oleh Maxwell dihipotesiskan sebagai gelombang elektromagnetik.

Gambar 9.1 melukiskan perambatan gelombang elektromagnetik pada arah sumbu z. Pada rambatan gelombang elektromagnetik,  $E$  selalu tegak lurus terhadap  $B$  dan keduanya saling tegak lurus arah rambat gelombang, lihat gambar 9.1. Penjalaran gelombang elektromagnetik dapat melalui ruang hampa dan membawa energi,  $S$ , yang merupakan produk antara medan listrik  $E$  dan medan magnet  $B$  melalui hubungan:

$$S = \frac{1}{\mu_0} EB$$

dengan  $\mu_0$  adalah permeabilitas ruang hampa,  $\mu_0 = 12,6 \times 10^{-6} \text{ T m/A}$ .

Kecepatan merambat  $c$  dari gelombang ini hanya bergantung pada dua besaran, yaitu permitivitas listrik  $\epsilon_0$  dan permeabilitas magnet  $\mu_0$  dapat ditulis dalam bentuk persamaan:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

di mana  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  coulomb/newton  $m^2$  dan nilai  $\mu_0 = 12,6 \times 10^{-6}$  weber/ampere. Dengan memasukkan kedua parameter tersebut ke persamaan kedua diperoleh nilai  $c = 3 \times 10^8$   $ms^{-1}$ . Besarnya nilai  $c$  sama dengan nilai kecepatan cahaya.

Gelombang elektromagnet Maxwell dapat menunjukkan gejala-gejala refraksi, refleksi, difraksi, dan polarisasi seperti yang ditemui pada gelombang cahaya. Oleh karena itu, Maxwell mempunyai cukup alasan untuk menyatakan bahwa cahaya tidak lain adalah gelombang elektromagnetik.

Betapapun indah hipotesis Maxwell, namun tetap tidak akan diterima sebelum ada eksperimen yang sanggup menguji kebenaran ramalan-ramalannya. Baru beberapa tahun setelah Maxwell meninggal dunia, **Heinrich Rudolph Hertz (1857 – 1894)**, seorang fisikawan Jerman, untuk pertama kali berhasil melakukan eksperimen yang dapat menunjukkan gejala perambatan gelombang elektromagnetik.

### Saintis

#### Heinrich Rudolph Hertz (1857 – 1894)

Georg Simon Ohm, ahli Fisika Jerman. Pada 1826, Ohm melakukan percobaan mengenai hambatan. Pada suatu rangkaian listrik. Dalam percobaan tersebut, Ohm menyimpulkan bahwa kuat



listrik sebanding dengan beda potensial yang diberikan dan terbanding terbalik dengan hambatan rangkaian. Hal ini dikenal sebagai hukum Ohm. Ohm juga merumuskan bahwa hambatan listrik suatu bahan berbanding lurus dengan panjang bahan, berbanding terbalik dengan luas penampang bahan, dan bergantung kepada jenis bahan tersebut. Namanya diabadikan sebagai satuan hambatan listrik, yaitu Ohm.

(Sumber: Ensiklopedi Umum untuk Pelajar)

### Latihan 9.1

Dengan menggunakan persamaan  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ , buktikan bahwa

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

## B. Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik memiliki daerah frekuensi yang sangat lebar. Dari kenyataan yang kita hadapi sehari-hari, sifat fisis gelombang elektromagnetik berbeda satu sama lain, bergantung pada daerah frekuensinya. Misalnya frekuensi gelombang radio sangat berbeda dengan frekuensi gelombang cahaya.

Dari perbedaan jenis detektor yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan gelombang elektromagnetik, orang dituntut untuk mengklasifikasikan jenis-jenis gelombang elektromagnetik walaupun pembatasannya tidak tegas, tetapi terasa keberadaannya. Di bawah ini dituliskan pembagian gelombang elektromagnetik beserta contoh penggunaannya. (lihat gambar 9.2).



Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

Gambar 9.2 Spektrum gelombang elektromagnetik

Sumber pembangkit:

1. Sinar  $\gamma$  dari sinar kosmis dan dari perubahan-perubahan radioaktif.
2. Sinar X dihasilkan oleh tumbukan elektron-elektron pada logam-logam bermassa tinggi.
3. Sinar ultraungu ditimbulkan oleh lampu busur, bunga api listrik, tabung lucutan, lampu air raksa, dan sinar matahari.
4. Sinar inframerah ditimbulkan oleh atom-atom yang bergetar.
5. Radar ditimbulkan oleh gelombang radio dan rangkaian elektron.

## 1. Gelombang Radio

Gelombang radio banyak digunakan dalam sistem pembicaraan jarak jauh yang tidak menggunakan kawat penghantar. Dalam sistem ini orang menumpangkan gelombang audio (suara) pada gelombang radio yang disebut modulasi gelombang. Modulasi amplitudo (AM) membawa frekuensi antara 535-1605 kHz. Frekuensi 30-535 kHz digunakan dalam maritim untuk komunikasi dan navigasi dalam dunia penerbangan.

Frekuensi batas atas dari AM dan batas bawah VHF secara umum disebut wilayah gelombang pendek (penamaan secara historis). Frekuensi ini merupakan bagian dari frekuensi radio atau RF. Frekuensi antara 1605 kHz – 54 MHz mempunyai kegunaan ganda dalam bidang komunikasi, lihat tabel 9.1.

### Info Sains

Gelombang radio berkisar dari kira-kira 1 milimeter sampai beberapa kilometer panjangnya. Radar, oven mikrogelombang (mikrowave), televisi, dan radio menggunakan gelombang yang berbeda-beda. Gelombang radio juga dihasilkan oleh banyak bintang dan kumpulan bintang, dan dapat dideteksi dengan menggunakan teleskop khusus. Deretan radio teleskop di New Mexico ini bekerja bersama-sama mengumpulkan gelombang dari benda-benda yang jauh sekali.



Sumber: Jendela Iptek 2

**Tabel 9.1 Gelombang Pendek**

Frekuensi	Kegunaan
1605 kHz-30 MHz	Radio amatir, radio pemerintah, penyiaran gelombang pendek, komunikasi pada instansi-instansi tertentu
30-50 MHz	Pemerintah dan non pemerintah, instansi tertentu, misal: polisi, jalan tol, kebakaran dan pelayanan kereta api
50-54 MHz	Amatir

RF antara 40 – 50 MHz adalah frekuensi yang penting dalam dunia kedokteran yaitu peralatan seperti *nuclear magnetic resonance (NMR)* dan *magnetic resonance imaging (MRI)*, lihat tabel 9.2 di bawah ini!

**Tabel 9.2 Frekuensi Televisi dan Radio FM**

Frekuensi (MHz)	Kegunaan
54-72	VHF TV channel 2-4
72-76	Pemerintah dan non pemerintah
76-88	VHF TV channel 5-6
88-108	Radio FM dan VHF TV channel 6-7
108-122	Navigasi dunia penerbangan termasuk lokalisasi dan kontrol penerbangan
122-174	Layanan umum baik pemerintah maupun non pemerintah, yang bersifat khusus
174-216	VHF TV channel 7-13
216-470	Layanan khusus, misalkan navigasi penerbangan
470-890	UHF TV channel 14-83
890-3000	Penerbangan, studio pemancar
1300-1600	Radar

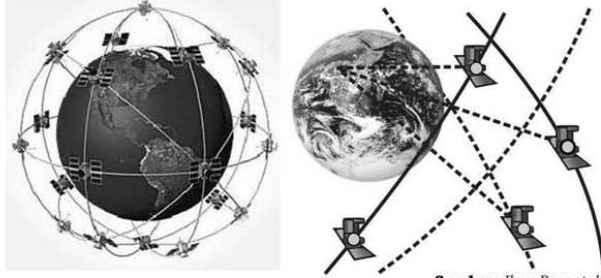
Tabel 9.1 dan tabel 9.2 menunjukkan variasi gelombang radio dan pengaturan penggunaan frekuensi tersebut.

### Aksi Fisika

*“Ayo kembangkan wawasan lingkungan lokal/ pengalaman sehari-hari”*

Tentunya kalian sering mendengarkan siaran radio, bukan? Ada berapa banyak pemancar radio di kota kalian? Jika kalian menemukan dua pemancar radio yang menggunakan frekuensi dan daerah operasional yang sama, apa yang akan terjadi pada siaran radio yang kalian dengar. Beri argumentasi dan analisis kalian terhadap kejadian tersebut!

Kalian mendengarkan radio yang pada gelombang tertentu ada suara yang terganggu oleh pemancar lain, bukan? Mengapa ini bisa terjadi? Oleh karena itu, pemerintah perlu mengatur penggunaan frekuensi pada setiap pemancar sehingga tidak terjadi gangguan dalam penyiarannya.



Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

**Gambar 9.3** GPS dikendalikan dari stasiun bumi di Colorado, USA

Pertanyaan berikutnya adalah bagaimana cara rambatan gelombang radio atau televisi yang dipancarkan oleh suatu pemancar sampai ke pesawat radio atau televisi kalian yang ada di rumah? Pernahkah kalian mendengar satelit? Pesawat ini sangat membantu dalam hal menerima dan memancarkan kembali ke pesawat penerima yaitu radio atau televisi. Pada tahun 1993 kurang lebih ada penempatan 24 satelit ke dalam orbit yang dilengkapi jaringan kerja untuk memberikan berbagai data ke lokasi-lokasi di bumi pada jarak sekitar 30 m. Penempatan satelit ini dikenal sebagai *Global Positioning System (GPS)*, lihat gambar 9.3! Keduapuluhempat satelit ini dikendalikan di station bumi di Colorado, USA. Penempatan pada orbit sekitar 17,7 juta meter di atas bumi dengan periode orbit 10 jam. Gambar 9.3, sebelah kanan memberikan informasi bahwa *signal* atau data yang dikirimkan ketiga satelit dapat menentukan lokasi keberadaan kalian. Inilah teknologi yang perlu kalian renungi dan pelajari di masa mendatang, bukan?

## 2. Gelombang Mikro (*Microwaves*)

Tabel 9.2 menunjukkan bahwa penggunaan frekuensi Radar, 1.300 – 1.600 MHz, sebagian besar pemakaian gelombang mikro berkisar antara 3.000 – 30.000 MHz (3 – 30 GHz). Perambatan gelombang ini harus dipandu dalam tabung (*waveguides*) sehingga persoalan rangkaian tidak sama dengan rangkaian gelombang radio. Selain digunakan untuk komunikasi, juga pada sistem RADAR, yaitu suatu sistem peralatan yang besar peranannya dalam dunia perembangan. Gelombang mikro dan gelombang radio ini sering disebut pula sebagai gelombang Hertzian. Peralatan rumah tangga yang menggunakan sistem gelombang ini adalah mikrowave oven, frekuensi 2450 MHz. Sedang untuk penelitian adalah penentuan panjang dan sudut ikatan molekul.



### 3. Sinar Inframerah

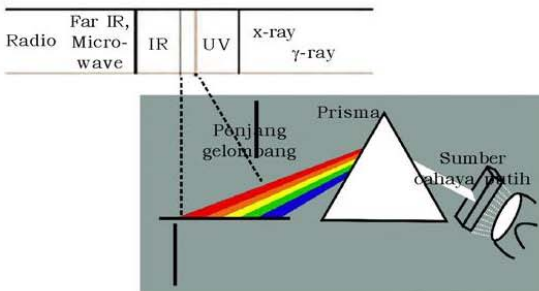
Pernyataan inframerah mengacu pada jangkauan frekuensi yang melebar, mulai ujung atas frekuensi ini digunakan untuk komunikasi dan melebar ke frekuensi rendah (merah) yaitu spektrum cahaya tampak. Panjang gelombang dari 1 mm sampai 750 nm. Spektrum yang dekat dengan cahaya tampak disebut *near infrared* dan panjang gelombang yang lebih besar disebut *far infrared*. Interaksi dengan materi akan menimbulkan getaran molekul. Selain itu sering pula digunakan untuk alat penginderaan rahasia atau penginderaan malam hari.

### 4. Cahaya Tampak

Cahaya tampak merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa yang langsung terasa oleh makhluk di bumi, karena dengan cahaya tampak, manusia dengan matanya sebagai detektor dapat menikmati keindahan alam semesta melalui indra penglihatan. Suatu yang menarik adalah spektrum cahaya tampak, lihat gambar 9.4, jika dipandu dengan cara diputar dengan kecepatan tinggi akan menghasilkan warna putih. Sebaliknya cahaya putih jika dilewatkan melalui prisma akan terdispersi menjadi spektrum cahaya tampak (gambar 9.5). Interaksi dengan suatu materi, cahaya tampak akan bekerja untuk mengeksitasi elektron ke tingkat yang lebih tinggi.



Gambar 9.4 Spektrum cahaya tampak

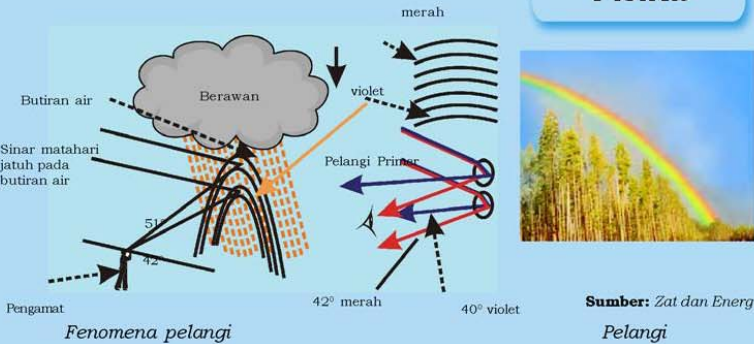


Sumber: Zat dan Energi

Gambar 9.5 Dispersi cahaya putih

**“Ayo Kembangkan wawasan lingkungan global/  
semesta kalian”**

## Dimensi Fisika



Pastinya kalian pernah melihat fenomena alam pelangi yang biasanya muncul setelah terjadi hujan. Dapat kalian lihat gambar di bawah ini. Apa yang terjadi pada fenomena alam seperti warna pelangi di langit. Analisislah dan beri argumentasi kalian tentang fenomena pelangi dan mengapa warna merah pada pelangi berada paling atas!

### 5. Sinar Ultraviolet

Menurut pengamatan, energi yang dibawa oleh sinar ultraviolet mampu merusak, bahkan membunuh jasad yang sederhana berupa kuman dan jasad renik yang lain. Karenanya sering dipakai sebagai sterilisasi. Terhadap struktur kimia tertentu sinar ultraviolet mampu merusak komposisi, sehingga berubah sama sekali. Sebagai contoh, polimer yang banyak di kenal dengan sebutan sensitif terhadap sinar ultraviolet. Pada beberapa jenis di atas, rantai atau sambungan antara molekul-molekulnya dapat putus bila terkena sinar ultraviolet. Sifat ini dipakai untuk membantu pembuatan *Integrated Circuit (IC)*, yaitu keping bahan semikonduktor yang dapat mengandung rangkaian elektronik kompleks.

Bagi dunia kesehatan sinar ultraviolet yang langsung mengenai kulit kita akan diserap dan mengeksitasi elektron ke tingkat yang lebih tinggi, dan bahkan mampu mengionisasi akibatnya kulit kita mudah terbakar dan memicu timbulnya kanker kulit. Oleh karena itu, lapisan ozon yang ada di lapisan stratosfer pada atmosfer bumi sangat membantu untuk menahan masuknya sinar ultraviolet ke permukaan bumi, dikarenakan ozon mampu menyerap sinar ultraviolet.

## 6. Sinar X

Nama yang diberikan kepada sinar X berkaitan dengan daya tembus yang sangat tinggi yang mana keluar dari hasil interaksi elektron dengan kecepatan tinggi menumbuk sebuah logam. Dalam waktu yang relatif singkat dari saat penemuannya banyak digunakan untuk fasilitas kesehatan khususnya untuk pengambilan citra dari patah tulang. Sekarang sudah diketahui secara umum bahwa sinar X dihasilkan oleh sinar-sinar kosmik. Jika berkas elektron dengan kecepatan tinggi tiba-tiba diperlambat, sinar X yang dihasilkan disebut radiasi bremsstrahlung, sinar X juga dihasilkan oleh kelompok logam berat saat adanya transisi elektron menyebabkan adanya beda energi, sinar X yang dihasilkan disebut radiasi karakteristik sinar X.

Sinar X termasuk radiasi ionisasi dan non ionisasi. Radiasi ionisasi mempunyai pengaruh fisiologi yang tidak bisa diamati langsung dan radiasi non ionisasi seperti terjadinya mutasi atau kanker dalam jaringan tubuh.

Penggunaan sinar X sangat luas, dalam dunia kesehatan antara lain, pengambilan citra untuk keperluan diagnosa yaitu pada energi 20-120 keV dan terapi pembunuhan sel-sel kanker pada energi 2 - 4 MeV. Dalam dunia industri antara lain untuk mencari keretakan atau kebocoran logam dan struktur pada bahan-bahan semikonduktor. Untuk keperluan keamanan di antaranya pengambilan citra barang-barang dalam bagasi, bahan obat-obatan yang terlarang bisa diketahui unsur-unsur dengan menggunakan pola difraksi. Sinar gamma ( $\gamma$ ) dan sinar X adalah sinar foton yang sumbernya berbeda. Sinar ini dihasilkan oleh unsur atom yang tidak stabil.

### Latihan 9.2

1. Pemancar Radio Bravo bekerja pada 95,1 kHz, apa maksudnya?
2. Kependekan dari apakah LASER dan RADAR?
3. Kamu mempunyai telepon genggam, termasuk daerah frekuensi yang mana?
4. Jelaskan mengapa makin tinggi frekuensi gelombang elektromagnetik makin besar daya tembusnya!

## Rangkuman

1. Teori Maxwell tentang gelombang elektromagnetik menyatakan jika perubahan medan magnet dapat menimbulkan medan listrik, dan sudah seharusnya perubahan medan listrik dapat menimbulkan medan magnet yang juga tegak lurus.
2. Kecepatan merambat  $c$  dari gelombang ini hanya bergantung pada dua besaran yaitu permitivitas listrik  $\epsilon_0$  dan permeabilitas magnet  $\mu_0$  sehingga dirumuskan:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

3. Spektrum elektromagnetik terdiri dari gelombang-gelombang EM dengan variasi panjang gelombang yang luas, mulai dari gelombang mikro dan gelombang radio hingga cahaya tampak, sinar X, dan sinar  $\gamma$ , yang semuanya merambat di ruang hampa dengan kecepatan  $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ .

## Evaluasi

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf **a**, **b**, **c**, **d**, atau **e**!

1. Yang merupakan hipotesis Maxwell adalah . . . .
  - a. di sekitar kawat penghantar timbul medan magnet
  - b. di sekitar benda bermuatan listrik timbul medan listrik
  - c. perubahan medan magnet dapat menimbulkan medan listrik
  - d. perubahan medan listrik dapat menimbulkan medan magnet
  - e. penghantar yang bergerak di dalam medan magnet menimbulkan GGL induksi
2. Yang merupakan sifat gelombang elektromagnet adalah . . . .
  - a. dapat difraksikan tetapi tidak dapat dipolarisasikan
  - b. dapat dipolarisasikan tetapi tidak dapat berinterferensi
  - c. dapat berinterferensi dan dapat dipolarisasikan
  - d. dapat membelok di dalam medan magnet
  - e. dapat membelok di dalam medan listrik

3. Urutan gelombang elektromagnet yang mempunyai frekuensi rendah ke frekuensi tinggi adalah . . . .
- gelombang radio-cahaya tampak-sinar X
  - gelombang radio-sinar gamma-sinar X
  - cahaya tampak-sinar gamma-sinar X
  - sinar X-sinar gamma-cahaya tampak
  - gelombang televisi-gelombang radio-gelombang gaya bolak-balik
4. Cahaya tampak adalah gelombang elektromagnetik yang dapat diamati oleh mata manusia. Yang panjang gelombangnya . . . .
- di bawah  $2.000\text{\AA}$
  - di antara  $1.000\text{\AA} - 3.000\text{\AA}$
  - di antara  $2.000\text{\AA} - 4.000\text{\AA}$
  - di antara  $4.000\text{\AA} - 6.500\text{\AA}$
  - di atas  $7.000\text{\AA}$
5. Jika  $\epsilon_0$  adalah permitivitas listrik dan  $\mu_0$  permeabilitas magnet dan  $c$  adalah kecepatan cahaya ruang hampa maka diperoleh hubungan . . . .
- $c = \epsilon_0 \mu_0$
  - $c = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}$
  - $c = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}}$
  - $c = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$
  - $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$
6. Di bawah ini yang merupakan sifat gelombang elektromagnetik, **kecuali** . . . .
- dapat merambat di ruang hampa
  - merupakan gelombang transversal
  - dapat mengalami polarisasi, pemantulan, pembiasan dan interferensi
  - arah perambatan tidak dibelokkan baik pada medan magnet maupun medan listrik
  - merupakan gelombang longitudinal

7. Kuat medan listrik maksimum sebesar  $\pi \times 10^{-2} \text{ NC}^{-1}$  merambat tegak lurus terhadap medan magnet  $8 \times 10^{-2} \text{ Wb m}^{-2}$ . Jika  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb A}^{-1} \text{ m}^{-1}$ . Besarnya intensitas gelombang elektromagnetik rata-rata adalah . . . .
  - a.  $500 \text{ Wm}^{-2}$
  - b.  $1.000 \text{ Wm}^{-2}$
  - c.  $2.000 \text{ Wm}^{-2}$
  - d.  $2.100 \text{ Wm}^{-2}$
  - e.  $2.300 \text{ Wm}^{-2}$
8. Sinar gamma, infra merah, sinar X dan gelombang radar adalah gelombang elektromagnetik yang mempunyai kesamaan dalam hal . . . .
  - a. frekuensi
  - b. panjang gelombang
  - c. fase
  - d. cepat rambat di ruang hampa
  - e. amplitudo
9. Gelombang elektromagnetik di bawah ini yang mempunyai panjang gelombang paling besar adalah . . . .
  - a. gelombang radio
  - b. sinar X
  - c. sinar gamma
  - d. sinar ultraviolet
  - e. sinar inframerah
10. Cahaya merah, kuning dan hijau semuanya merupakan gelombang elektromagnetik dengan kecepatan cahaya . . . .
  - a. merah paling cepat
  - b. kuning paling cepat
  - c. hijau paling cepat
  - d. sama cepat
  - e. semua jawaban salah

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan tepat!**

1. Sebuah pemancar radio menggunakan gelombang dengan frekuensi 2,1 Mega hertz. Hitung panjang gelombangnya!
2. Apa perbedaan gelombang elektromagnetik dengan gelombang mekanik?

3. Selang waktu antara saat pulsa radar dipancarkan dengan saat pulsa diterima dari sebuah pesawat terbang adalah  $2 \times 10^{-3}$  s. Hitung jarak antara pesawat ke pemancar radar!
4. Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik, sedangkan gelombang radio juga gelombang elektromagnetik. Apa sebabnya mata normal tidak dapat mengamati gelombang radio?
5. Jelaskan cara gelombang televisi dari siaran di Jakarta sampai kota-kota terpencil di seluruh Indonesia!

## Aplikasi

***“Kembangkan pengetahuan kalian dengan mencari informasi lebih jauh”***

Untuk menambah wawasan dan pengetahuan kalian tentang gelombang elektromagnetik buatlah klipings yang ada hubungannya dengan gelombang elektromagnetik yang dapat kamu peroleh dari koran, majalah, internet, dan lain-lainnya.

## Evaluasi Semester Genap

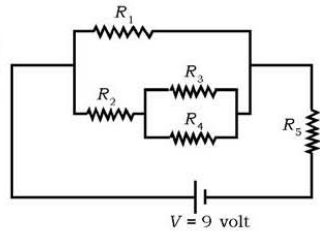
### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, d, atau e!

1. Benda yang tingginya 2 cm diletakkan 15 cm dari cermin cekung yang radius kelengkungannya 40 cm. Jarak bayangan benda tersebut adalah . . . .
  - a. 24 cm dibelakang cermin
  - b. 24 cm di depan cermin
  - c. 60 cm di belakang cermin
  - d. 60 cm di depan cermin
  - e. 80 cm di belakang cermin
2. Bayangan sebatang kayu 8 cm diletakkan 2 m dari lensa kamera dengan fokusnya 50 mm. Ukuran batang kayu sebenarnya adalah . . . .
  - a. 3,50 cm
  - b. 4,13 cm
  - c. 4,96 cm
  - d. 5,13 cm
  - e. 6,67 cm
3. Teleskop memiliki diameter 80 cm. Lensa objektif memiliki panjang fokus 15 m dan lensa okuler memiliki panjang fokus 10 cm. Daya perbesaran total teleskop tersebut adalah . . . .
  - a. 80 kali
  - b. -120 kali
  - c. 120 kali
  - d. 50 kali
  - e. -150 kali
4. Besar kuat lensa kacamata yang dipakai seorang miopi yang jauhnya 2,5 m adalah . . . .
  - a. -0,5 D
  - b. 10
  - c. -0,40
  - d. -0,2 D
  - e. 0,4 D
5. Sebuah panci yang terbuat dari aluminium dengan berat 1kg dipanaskan dari 10°C hingga 80°C. Jika kalor spesifik almunium 900, kg<sup>-1</sup>C<sup>-1</sup>. Besar kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu panci adalah . . . .
  - a. 9 kJ
  - b. 45 kJ
  - c. 63 kJ
  - d. 68 kJ
  - e. 72 kJ

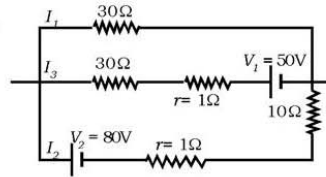


6. 3 kg air pada  $20^\circ\text{C}$  dimasukkan ke dalam air tersebut sepotong es dengan berat  $0,5\text{ kg}$  pada  $-10^\circ\text{C}$ . Suhu campuran terakhir, jika diketahui kalor jenis untuk air  $4186\text{ Jkg}^{-1}\text{C}$  kalor jenis es  $2100\text{ jkg}^{-1}\text{C}$ , dan kalor laten air  $333\text{ kg}^{-1}$  adalah . . .
- a.  $4,8^\circ\text{C}$                                   d.  $8,1^\circ\text{C}$   
b.  $5,1^\circ\text{C}$                                   e.  $10^\circ\text{C}$   
c.  $6,7^\circ\text{C}$
7. Untuk mengubah  $1\text{ kg}$  air pada suhu  $25^\circ\text{C}$  menjadi es dengan suhu  $-10^\circ\text{C}$ . Jika diketahui kalor jenis air  $4186\text{ Jkg}^{-1}\text{C}$ , kalor jenis es  $2100\text{ J kg}^{-1}\text{C}$  dan kalor laten air  $333\text{ kJkg}^{-1}$ . Energi yang diperlukan untuk menjadi es adalah . . .
- a.  $731,8\text{ kJ}$                                   d.  $354\text{ kJ}$   
b.  $579,65\text{ kJ}$                               e.  $125,65\text{ kJ}$   
c.  $437,65\text{ kJ}$
8. Perpindahan panas pada alat oven dengan cara . . . .
- a. konduksi  
b. konveksi  
c. rambat gelombang elektromagnet  
d. getaran molekul zat  
e. perpindahan molekul zat

9. Gambar di samping jumlah hambatan total jika diketahui  $R_1 = 30\Omega$ ,  $R_2 = 9\Omega$ ,  $R_3 = 10\Omega$ ,  $R_4 = 15\Omega$ ,  $R_5 = 20\Omega$  adalah . . . .
- a.  $15\Omega$   
b.  $18\Omega$   
c.  $20\Omega$   
d.  $25\Omega$   
e.  $30\Omega$



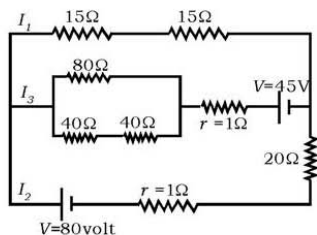
10. Pada gambar di samping arus yang melewati  $I_3$  adalah . . . .
- a.  $-1,60\text{ A}$   
b.  $4,01\text{ A}$   
c.  $2,90\text{ A}$   
d.  $5,66\text{ A}$   
e.  $7,27\text{ A}$



11. Televisi dapat menarik arus sebesar 10 A pada tegangan 120 V. Jika Televisi tersebut dinyalakan 6 jam setiap hari. Besarnya biaya perbulan (30 hari), jika PLN menghargai Rp 125 per kWh adalah . . . .
- Rp 27.000,00
  - Rp 25.000,00
  - Rp 21.000,00
  - 20.000,00
  - 19.500,00
12. Sebuah kawat yang dialiri arus tetap sebesar 2 A selama 5 menit. Besar muatan yang mengalir pada rangkaian kawat tersebut adalah . . . .
- 120 C
  - 240 C
  - 480 C
  - 600 C
  - 800 C
13. Stasiun radio menyiarkan acaranya pada gelombang radio FM frekuensi 90,2 MHz maka panjang gelombangnya adalah . . . .
- 29,8 m
  - 30,06 m
  - 32,6 m
  - 45,1 m
  - 90,2 m
14. Di bawah ini urutan yang benar pada spektrum elektromagnet
- Gelombang radio - sinar ultraviolet - sinar x - infra merah*
  - Gelombang mikro - cahaya tampak - sinar gama - sinar x*
  - Gelombang mikro - cahaya tampak - sinar x - sinar gamma*
  - Gelombang radio - cahaya tampak - sinar ultraviolet - sinar x*
  - Gelombang mikro - infra merah - sinar x - sinar ultraviolet*
- Dari panjang gelombang yang tinggi ke rendah adalah . . . .
- 1, 2 dan 3
  - 2 dan 4
  - 3, 4 dan 5
  - 3 saja
  - semua salah
15. Teori Maxwell memprediksi bahwa gelombang elektromagnet ( $EM$ ) transversal dapat dihasilkan melalui percepatan muatan listrik, dan gelombang-gelombang ini akan merambat melalui ruang dengan laju cahaya, yang dirumuskan dengan . . . .
- $S = \frac{EB}{\mu_0}$
  - $S = \frac{E_0 B_0}{2\mu_0}$
  - $C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$
  - $C = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}$
  - $C = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}}$

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan tepat!**

- Dua lensa cembung, dengan fokus  $f_1 = 20$  cm dan  $f_2 = 25$  cm. Jarak lensa pertama 2 lensa kedua 80 cm. Sebuah benda diletakkan 60 cm di depan lensa pertama.
  - Tentukan posisi benda di lensa pertama!
  - Tentukan bayangan akhir yang dibentuk kombinasi kedua lensa!
  - Perbesarannya!
- Sebuah kaca pembesar atau lup dengan lensa cembung mempunyai titik fokus 8 cm.
  - Berapa perbesaran mata saat rileks/fokus tak hingga?
  - Berapa perbesarannya jika mata fokus pada titik dekatnya  $N = 25$ ?
- Apabila  $150 \text{ cm}^3$  kopi dengan suhu  $90^\circ\text{C}$  dituangkan ke dalam air bermassa 150 gram pada  $25^\circ\text{C}$ . Berapa suhu akhir campuran jika kesetimbangan tercapai dengan asumsi tidak ada kalor yang hilang? Jika diketahui kalor jenis air cair =  $4186 \text{ Jkg}^\circ\text{C}^{-1}$  dan kalor jenis gelas  $C_{\text{gelas}} = 840 \text{ Jkg}^\circ\text{C}^{-1}$ .
- Dari gambar di bawah ini tentukan arus  $I_1$ ,  $I_2$ , dan  $I_3$  untuk masing-masing cabang!



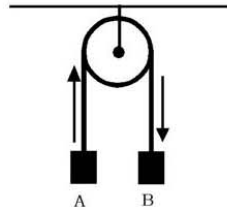
- Jelaskan bagaimana cara rambatan gelombang radio dan televisi yang dipancarkan oleh suatu pemancar sampai ke pesawat televisi atau radio!

## Evaluasi Akhir

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf *a*, *b*, *c*, *d*, atau *e*!

- Diketahui resultan dua buah vektor 13 satuan. Jika besar vektor masing-masing 6 dan 7 satuan. Sudut antara resultan dengan vektor pertama adalah . . . .
  - $30^\circ$
  - $45^\circ$
  - $60^\circ$
  - $90^\circ$
  - $0^\circ$
- Seorang anak sedang bersepeda ke utara sejauh 600 meter kemudian ke selatan 300 meter. Perpindahan anak tersebut dihitung dari titik awal adalah . . . .
  - 30 m
  - 600 m
  - 900 m
  - 1200 m
  - 1800 m
- Di bawah ini dimensi daya yang benar adalah . . . .
  - $[M][L]^2[T]^{-3}$
  - $[M][L]^2[T]^{-3}$
  - $[M][L][T]^{-3}$
  - $[M][L]^{-1}[T]^{-3}$
  - $[M][L][T]^{-2}$
- Buah kelapa jatuh dari ketinggian 20 meter di atas tanah. Dengan kecepatan berapa kelapa tersebut sampai di tanah jika gravitasi bumi  $10 \text{ ms}^{-2}$  . . . .
  - $5 \text{ ms}^{-2}$
  - $10 \text{ ms}^{-2}$
  - $15 \text{ ms}^{-2}$
  - $20 \text{ ms}^{-2}$
  - $30 \text{ ms}^{-2}$
- Bola jatuh dari ketinggian 125 m tanpa kecepatan awal. Percepatan jatuhnya bola setelah selang waktu 5 sekon adalah . . . .
  - $10 \text{ ms}^{-2}$
  - $15 \text{ ms}^{-2}$
  - $20 \text{ ms}^{-2}$
  - $25 \text{ ms}^{-2}$
  - $30 \text{ ms}^{-2}$
- Sebuah sepeda motor berjalan dengan kecepatan awal  $v_0$ . Setelah 10 sekon, sepeda tersebut menempuh jarak 200 m jika kecepatan pada waktu itu  $30 \text{ ms}^{-1}$ . Percepatan sepeda tersebut adalah . . . .
  - $1 \text{ ms}^{-2}$
  - $2 \text{ ms}^{-2}$
  - $2,5 \text{ ms}^{-2}$
  - $5 \text{ ms}^{-2}$
  - $10 \text{ ms}^{-2}$

7. Sebuah batu dilempar dengan sudut elevasi  $30^\circ$  dan dengan kecepatan  $20 \text{ ms}^{-2}$ , pada ketinggian maksimum yang dapat dicapai batu tersebut adalah . . . .
- 15 m
  - 25 m
  - 5 m
  - 10 m
  - 20 m
8. Kincir angin raksasa bermassa 10 ton memiliki jari-jari 100 m dengan kecepatan kincir tersebut  $54 \text{ km/jam}$ . Gaya yang bekerja pada kincir angin tersebut adalah . . . .
- 5400 N
  - 15000 N
  - 22500 N
  - 36.000 N
  - 40.000 N
9. Pada gambar di samping adalah sebuah sistem katrol dengan massa benda A dan B masing-masing massanya 4 kg dan 12 kg, jika massa katrol yang digantung diabaikan. Percepatan benda-benda tersebut jika gravitasi  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$  adalah . . . .
- $20 \text{ ms}^{-2}$
  - $16 \text{ ms}^{-2}$
  - $10 \text{ ms}^{-2}$
  - $5 \text{ ms}^{-2}$
  - $2,5 \text{ ms}^{-2}$
10. Sebuah benda dijatuhkan dari atas bidang miring yang licin dengan kemiringan bidang  $30^\circ$ . Percepatan benda tersebut jika  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$  dan massa benda 6 kg adalah . . . .
- $20 \text{ ms}^{-2}$
  - $-10 \text{ ms}^{-2}$
  - $10 \text{ ms}^{-2}$
  - $5 \text{ ms}^{-2}$
  - $-5 \text{ ms}^{-2}$
11. Laju cahaya yang melewati sebuah kolam jika indeks bias air  $= 1,33$  adalah . . . .
- $2,25 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
  - $1,24 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
  - $2,25 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$
  - $1,4 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$
  - $2,5 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$
12. Di mana lilin harus diletakkan agar lensa cekung dengan panjang fokus 25 cm membentuk bayangan maya yang terletak 20 cm di depan lensa . . . .
- 25 cm
  - 50 cm
  - 100 cm
  - 150 cm
  - 200 cm

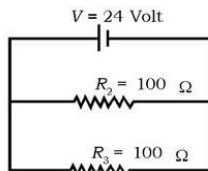


13. Mata akan melihat benda dengan jelas apabila terbentuk bayangan . . . .
- sejati, tegak di retina
  - sejati, terbalik di retina
  - maya, tegak di retina
  - maya, terbalik di retina
  - maya, tegak di lensa mata
14. Besar kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu sebuah tungku besar 720 kJ. Jika tungku mempunyai berat 20 kg, dan tungku besi tersebut dipanasi pada suhu akhir 90°C. Tungku tersebut mulai dipanasi pada suhu . . . .
- 0°C
  - 5°C
  - 10°C
  - 15°C
  - 20°C
15. Benda yang berwarna hitam lebih mudah menyerap panas daripada benda berwarna putih sebab . . . .
- konduktivitas benda hitam lebih tinggi
  - konveksivitas benda hitam lebih tinggi
  - emisivitas benda hitam lebih tinggi
  - tetapan stefan benda hitam lebih tinggi
  - konduktivitas benda putih lebih tinggi
16. Jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 2°C pada 0,5 gram air adalah . . . .
- 4 kal
  - 3 kal
  - 2 kal
  - 1 kal
  - 0,5 kal

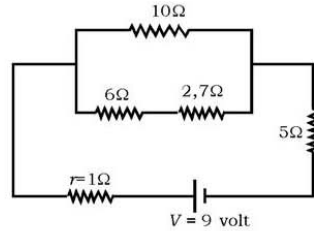
17. Sebuah rangkaian listrik digambar seperti gambar di samping.

Dari gambar tersebut arus yang melewati rangkaian tersebut sebesar . . . .

- 0,12 A
- 0,24 A
- 0,36 A
- 0,42 A
- 0,48 A



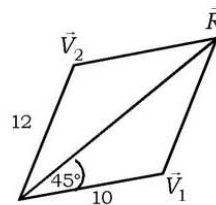
18. Pada gambar di samping besar tegangan terminal baterai adalah . . . .
- 8,13 V
  - 8,24 V
  - 8,53 V
  - 8,6 V
  - 9V



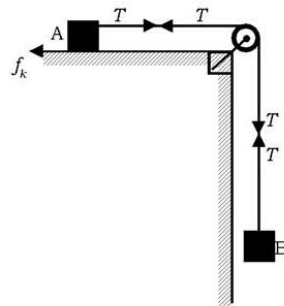
19. Kelajuan radiasi dari Matahari mencapai bumi sebesar  $1350 \text{ Js}^{-1}\text{m}^{-2}$ . Jika diasumsikan bahwa hanya terdapat satu gelombang EM. Nilai maksimum yang dicapai medan elektromagnet adalah . . . .
- $5670 \text{ Vm}^{-1}$
  - $7500 \text{ Vm}^{-1}$
  - $8090 \text{ Vm}^{-1}$
  - $1010 \text{ Vm}^{-1}$
  - $1210 \text{ Vm}^{-1}$
20. Kelajuan energi yang dibawa oleh gelombang elektromagnet dipengaruhi oleh, **kecuali** . . . .
- medan magnet
  - panjang gelombang
  - medan listrik
  - cepat rambat cahaya
  - permeabilitas ruang hampa

**B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan tepat!**

1. Dua buah vektor seperti gambar yang masing-masing memiliki besar 10 dan 12 satuan saling mengapit sudut  $45^\circ$ . Hitung:
- Resultan vektor!
  - Sudut antara resultan dengan vektor pertama!



2. Pengendara sepeda motor melaju dengan kecepatan 72 km/jam. Karena sudah dekat dengan lampu merah ia memperlambat sepeda tersebut. Apabila jarak lampu lalu lintas 50 m. Hitung
  - a. Perlambatan yang harus diberikan agar ia dapat tepat berhenti di depan lampu lalu lintas tersebut!
  - b. Kecepatan pada saat 3 sekon setelah pengereman!
  
3. Seorang akan melempar buah mangga yang ada pada koordinat (50,8) dengan sebuah batu dengan sudut  $37^\circ$  ke arah sasaran tersebut dari pusat koordinat. Berapakah kecepatan yang diberikan agar batu tepat mengenai buah mangga?
  
4. Balok A dan B dihubungkan dengan seutas tali melalui sebuah katrol seperti pada gambar. Koefisien gesekan kinetik antara balok A dan meja,  $\mu_k = 0,2$ . Dengan mengabaikan massa katrol dan tali. Jika massa A dan B masing-masing 30 kg dan 20 kg. Hitung!
  - a. Jauh balok B akan jatuh dalam waktu 4 sekon setelah sistem dilepas!
  - b. Besar tegangan tali!





7. Air raksa padat mempunyai massa 1000 gram dengan titik leleh  $-39^{\circ}\text{C}$  dimasukkan dalam kalorimeter aluminium dengan massa 500 gram berisi 1300 gram air pada suhu  $20^{\circ}$ , suhu akhir campuran diperbolehkan  $16^{\circ}\text{C}$ . Berapa kalor fusi air dalam kkal  $\text{kg}^{-1}$ ? Jika diketahui kalor spesifik air raksa  $0,033 \text{ kkal kg}^{-1}\text{C}^{-1}$  aluminium  $0,22 \text{ kkal kg}^{-1}\text{C}^{-1}$  dan kalor spesifik air  $1 \text{ kkal kg}^{-1}\text{C}^{-1}$ .

8. Dari gambar di samping tentukan arus untuk masing-masing cabang yaitu  $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5,$  dan  $i_6$ ! Jika diketahui:

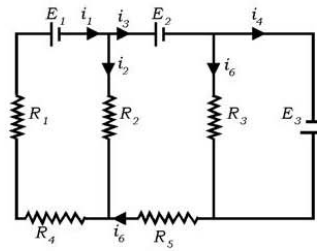
$$R_1 = 15\Omega, R_2 = 20\Omega,$$

$$R_3 = 30\Omega, R_4 = 30\Omega \text{ dan}$$

$$R_5 = 15\Omega$$

$$E_1 = 12 \text{ volt}, E_2 = 6 \text{ volt dan}$$

$$E_3 = 12 \text{ volt.}$$



9. Kapasitor memiliki ukuran pelat-pelatnya  $25 \times 3 \text{ cm}$  dan dipisahkan oleh udara sejauh  $0,1 \text{ cm}$ . Hitung:
- Kapasitansi kapasitor!
  - Muatan pada setiap pelat jika kapasitor tersebut dihubungkan baterai  $12\text{V}$ !
  - Medan listrik antara kedua pelat tersebut!
10. a. Jelaskan bagaimana teori Maxwell menerangkan tentang gelombang elektromagnet!
- b. Jelaskan spektrum elektromagnet terjadi dan sebutkan macam gelombang elektromagnetik dengan variasi panjang gelombangnya!