

GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK/*ELECTROMAGNETIC WAVES*
(Tugas Akhir Elektrodinamika)

Dosen Pengampu:
Dr. I Wayan Distrik, M.Si.
Dr. Doni Andra, S.Pd., M.Sc.



Oleh
Ahmad Saroji
2123022009

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022**

PEMBAHASAN

Gelombang Elektromagnetik

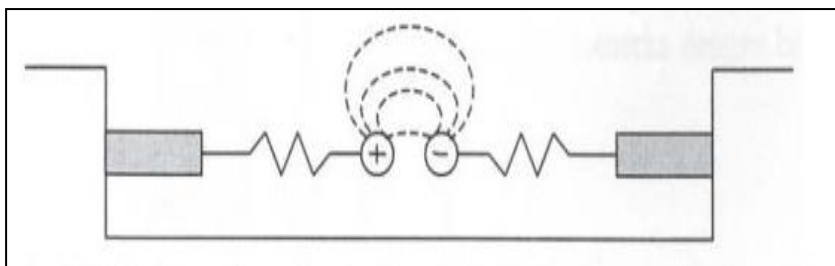
Teori Maxwell

Menurut James Clark Maxwell: medan listrik muncul akibat adanya perubahan medan magnet dan sebaliknya perubahan medan magnet mampu memunculkan medan listrik. Hipotesis tersebutlah yang digunakan untuk membahas mengenai gelombang elektromagnetik.

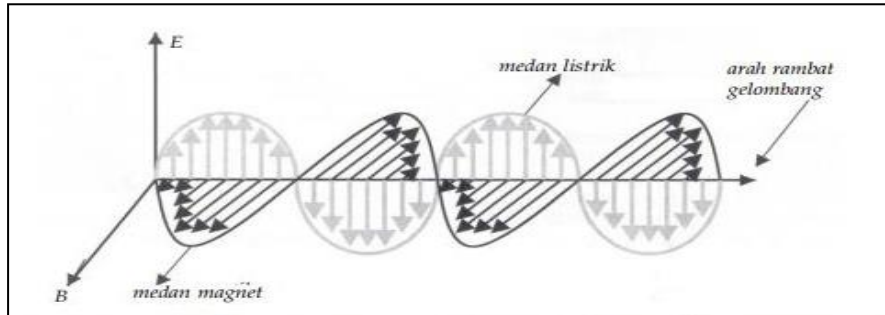
Dua buah bola isolator yang satu diberikan muatan positif dan yang satu lagi diberikan negatif. Keduanya diikat dengan pegas, kemudian digetarkan, sehingga jarak antara keduanya akan berubah-ubah dengan waktu.

- Kedua muatan akan menimbulkan medan listrik di sekitarnya yang berubah – ubah dengan waktu.
- Menurut Maxwell perubahan medan listrik ini akan menimbulkan medan magnet yang juga berubah – ubah dengan waktu.
- Dengan adanya perubahan medan magnet yang digambarkan oleh Maxwell, maka akan timbul kembali medan listrik yang besarnya juga berubah-ubah.
- Demikian seterusnya sehingga akan terdapat proses berantai dari pembentukan medan magnet dan medan listrik yang menjalar ke segala arah.

Munculnya medan listrik ditandai dengan adanya pancaran gelombang elektromagnetik. Pada gambar 1 dapat dilihat adanya perubahan medan listrik dan medan magnet yang disebabkan oleh gelombang elektromagnetik.



Gambar 1. Perubahan medan magnet yang menghasilkan gelombang elektromagnetik.



Gambar 2. gelombang elektromagnetik merambat tegak lurus terhadap medan listrik dan medan magnet.

Untuk Gambar 2 menjelaskan bahwa arah medan magnet selalu tegak lurus terhadap arah medan listrik. Sedangkan arah rambat gelombangnya selalu tegak lurus dengan medan listrik sehingga disebut dengan gelombang transversal.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (1)$$

Keterangan:

c : laju gelombang elektromagnetik pada ruang hampa

μ_0 : permeabilitas ruang hampa

ϵ_0 : permitivitas ruang hampa

Spektrum Gelombang Elektromagnetik

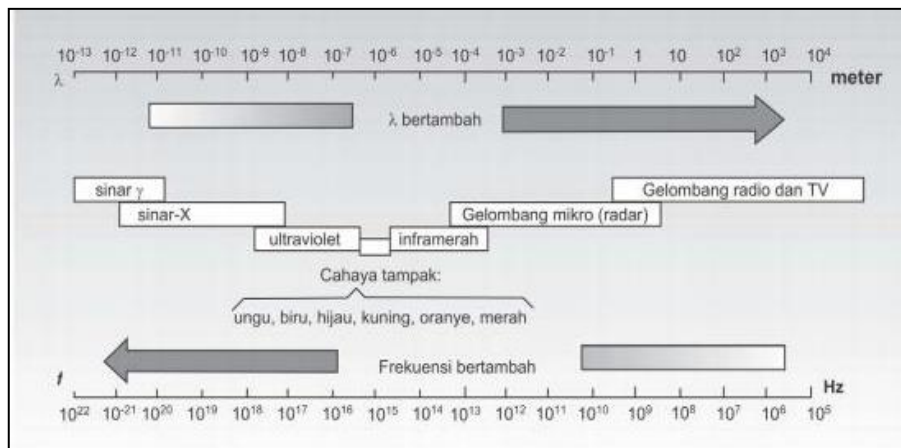
Gelombang elektromagnet terdiri atas bermacam-macam gelombang yang frekuensi dan panjang gelombangnya berbeda, tetapi semua gelombang-gelombang penyusun ini mempunyai kecepatan rambat yang sama yaitu: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Ikatan tenggang frekuensi gelombang f atau ν , panjang gelombang λ dan kecepatan perambatan c adalah sebagai berikut:

$$c = f \lambda \quad (2)$$

Spektrum gelombang elektromagnetik diurutkan mulai panjang gelombang paling pendek sampai paling panjang adalah sebagai berikut:

- Sinar gamma (J)
- Sinar (rontgen)
- Sinar ultra violet (UV)

- d. Sinar tampak (cahaya tampak)
- e. Sinar infra merah (IR)
- f. Gelombang radar (gelombang mikro)
- g. Gelombang televisi
- h. Gelombang radio



Gambar 3. spectrum gelombang elektromagnetik

Contoh Soal 1

Suatu berkas cahaya laser He - Ne mempunyai frekuensi $4,7 \times 10^{14}$ Hz (warna merah). Hitunglah panjang gelombang cahaya laser tersebut.

Penyelesaian

Diketahui: $f = 4,7 \times 10^{14}$ Hz

$$c = 3 \times 10^8$$

Ditanya: Panjang gelombang cahaya laser.....?

Jawaban:

$$c = f \lambda$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{4,7 \times 10^{14}} = 6,32 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Energi Gelombang Elektromagnetik

Jika kita sedang berada ditepi pantai, kita melihat adanya riak air laut menerpa karang di pantai dan mendengar deburan ombak. Kita tahu bagaimana bencana alam, tsunami (gelombang air laut) menghancurkan gedung-gedung yang diterjangnya. Saat kita terpapar cahaya matahari, kita dapat merasakan panasnya artinya kita telah menerima energi panas. Hal ini ditunjukkan bahwa gelombang laut telah membawa energi.

Gelombang elektromagnetik dapat membawa energi baik itu dalam bentuk medan listrik ataupun medan magnet yang dapat dilihat pada gambar 2 dengan persamaan:

$$E = E_m \sin(kx - \omega t) \quad (3)$$

$$B = B_m \sin(kx - \omega t) \quad (4)$$

Keterangan:

E_m : amplitudo medan listrik

B_m : amplitudo medan magnet

k : tetapan gelombang $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

ω : frekuensi sudut $\omega = 2\pi f$

Maxwell berhasil menemukan hubungan antara amplitudo medan listrik dan amplitudo medan magnet yaitu:

$$\frac{E_m}{B_m} = -\frac{E}{B} = -c \quad (5)$$

Keterangan:

c : laju perambatan gelombang elektromagnetik di ruang hampa
($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

Perbandingan antara amplitudo medan listrik dengan amplitudo medan magnetik dari suatu gelombang elektromagnetik selalu sama dengan laju perambatan cahaya dalam ruang hampa.

Satu gelombang elektromagnetik memiliki daerah listrik dan daerah magnet, sehingga gelombang elektromagnetik ini juga membawa kekuatan atau

rapat energi (besar energi per satuan volume). Rapat energi listrik diungkapkan sebagai berikut:

$$u_e = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 \quad (6)$$

Rapat energi magnet per satuan volume u_m dinyatakan sebagai berikut:

$$u_m = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (7)$$

Keterangan:

u_e : rapat energi listrik (J / m^3)

u_m : rapat energi listrik (J / m^3)

B : besar induksi magnet (Wb / m^2 T)

ε_0 : permitivitas listrik ($8.85 \times 10^{-12} C^2 N^{-1} m^{-2}$)

E : kuat medan listrik (N / C)

Contoh Soal 2

Gelombang elektromagnetik mempunyai amplitudo medan $E = 500$ V/m.

Berapa amplitude medan magnetiknya?

Penyelesaian:

Diketahui: $E = 500$ V/m

$$c = 3 \times 10^8$$

Ditanya: Amplitude medan magnetiknya?

Jawaban

$$\frac{E_m}{B_m} = -c$$

$$B_m = -\frac{E_m}{c} = -\frac{500}{3 \times 10^8} = -1,67 \times 10^{-6}$$

Intensitas Gelombang Elektromagnetik

Intensitas gelombang elektromagnetik biasanya dinyatakan dalam laju energi (daya) per satuan luas permukaan yang tegak lurus arah rambat gelombang elektromagnetik. Laju energi (daya) per satuan luas permukaan yang tegak lurus arah rambat gelombang elektromagnetik dinyatakan dengan suatu vektor yang disebut vektor Poynting. Vektor Poynting dinyatakan sebagai berikut:

$$u_m = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (7)$$

Aplikasi Gelombang Elektromagnetik

Berdasarkan kenyataan bahwa gelombang elektromagnetik terdiri atas banyak jenis sinar gamma (γ), sinar (Rontgen), sinar ultraviolet, sinar tampak, sinar infra merah, gelombang radar, gelombang televisi dan gelombang radio. Pada bagian ini akan dibahas tentang aplikasi gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari.

1. Sinar Gamma

Sinar gamma termasuk gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekuensi antara 10^{20} Hz - 10^{25} Hz. Sinar gamma merupakan hasil reaksi yang terjadi dalam inti atom yang tidak stabil. Sinar gamma mempunyai daya tembus yang paling kuat dibanding gelombanggelombang yang masuk dalam kelompok gelombang elektromagnetik. Sinar gamma dapat menembus pelat besi yang tebalnya beberapa cm. Penyerap yang baik untuk sinar gamma adalah timbal.

Aplikasi sinar gamma dalam bidang kesehatan adalah untuk mengobati pasien yang menderita penyakit kanker atau tumor. Sumber radiasi yang sering digunakan pada pengobatan penyakit-penyakit ini adalah Cobalt-60 atau sering ditulis Co-60. Salah satu alat untuk mendeteksi sinar gamma adalah detektor Geiger - Muller. Ada jenis detektor sinar gamma yang lain yaitu detektor sintilasi *NaI-Tl*.

2. Sinar – X

Sinar-X ditemukan oleh Wilhem Conrad Rontgen pada tahun 1895 sehingga sering disebut sebagai sinar Rontgen. Sinar-X termasuk gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekuensi antara 10^{16} Hz – 10^{20} Hz. SinarX merupakan hasil transisi elektronelektron di kulit bagian dalam, transisi terjadi dalam atom. Sinar-X mempunyai daya tembus terbesar kedua sesudah sinar gamma. Sinar-X dapat menembus daging manusia. Sinar sering digunakan dalam bidang kesehatan untuk mengecek pasien yang mengalami patah tulang. Pasien yang mengalami patah tulang diambil fotonya dengan sinar-X. Sinar-X juga digunakan di bandara pada pengecekan barang-barang penumpang di pesawat. Di pelabuhan digunakan untuk mengecek barang-barang (peti kemas) yang akan dikirim dengan kapal laut.

3. Sinar Ultraviolet

Sinar ultraviolet adalah salah satu gelombang elektromagentik dengan besar frekuensi antara $10^{15}Hz$ sampai $10^{16}Hz$. Sinar ultraviolet adalah hasil transisi dari elektron-elektron dari molekul. Sinar ultraviolet tidak dapat dilihat dengan mata telanjang tetapi dapat dideteksi dengan menggunakan pelat yang peka terhadap gelombang ultraviolet. Matahari adalah sumber radiasi ultraviolet yang alami. Aplikasi sinar ultraviolet banyak digunakan di laboratorium untuk bidang penelitian seperti dibidang spektroskopi.

4. Sinar Tampak (Cahaya)

Sinar tampak disebut juga dengan sebagai cahaya. Sinar tampak adalah salah satu gelombang elektromagnetik dengan besar frekuensi $4,3 \times 10^{14}Hz$ sampai dengan $7 \times 10^{14}Hz$. Warna-warna yang dihasilkan dari sinar tampak adalah mulai warna merah, jingga, kuning. Hijau, biru sampai ungu. Warna-warna tersebut dapat kita lihat karena benda memantulkan dan diterima oleh mata. Penerapan dari sinar tampak adalah penerapan cahaya yaitu kita dapat melihat pemandangan yang indag karena adanya cahaya, nonton TV dan lain sebagainya, salah satu contoh sinar tampak adalah sinar ultraviolet. Aplikasi dari sinar tampak banyak digunakan di bidang spektroskopi.

5. Sinar Inframerah (IR)

Sinar inframerah adalah salah satu gelombang elektromagnetik dengan besar frekuensi di bawah $4,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$ sampai sekitar 3 GHz . Sinar inframerah tidak bisa kita lihat dengan mata terbuka tetapi sinar inframerah dapat diketahui dengan menggunakan pelat film yang mampu menangkap gelombang inframerah. Aplikasi dari sinar tampak banyak digunakan juga di bidang spektroskopi agar unsur-unsur di dalam setiap bahan dapat diketahui.

6. Gelombang Radar

Singkatan dari Radar adalah *Radio Detection and Ranging*. Gelombang radar merupakan gelombang mikro (*microwave*) dengan frekuensi 3 GHz yang digunakan sebagai alat komunikasi, memasak dan radar. Antena radar berfungsi untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik.

Di pangkalan udara, antena pemancar radar dapat berputar ke segala arah untuk mendeteksi adanya pesawat terbang yang menuju atau meninggalkan pangkalan udara. Dalam bidang transportasi, gelombang radar dipakai untuk membantu kelancaran lalu lintas pesawat di pangkalan udara atau bandara. Gelombang radar digunakan juga pada bidang pertahanan yaitu untuk melengkapi pesawat tempur sehingga bisa mengetahui keberadaan pesawat musuh.

7. Gelombang Televisi

Gelombang televisi mempunyai frekuensi yang lebih tinggi dari gelombang radio. Gelombang televisi ini merambat lurus, tidak dapat dipantulkan oleh lapisan-lapisan atmosfer bumi. Gelombang televisi banyak dipakai dalam bidang komunikasi dan siaran. Pada proses penangkapan siaran televisi sering diperlukan stasiun penghubung (*relay*) agar penangkapan gambar dan suara lebih baik. Untuk televisi stasiun Jakarta, maka di wilayah Bandung diperlukan sebuah stasiun penghubung yang terletak di puncak gunung Tangkuban Perahu.

Penayangan siaran televisi untuk daerah yang lebih jauh lagi, misalnya untuk Indonesia bagian timur agar kualitas gambar dan suara bagus diperlukan sebuah satelit sebagai stasiun penghubung. Kita harus menyewa sebuah satelit yang bertindak sebagai stasiun penghubung, jika kita ingin melihat siaran langsung dari luar negeri, seperti pertandingan sepak bola, tinju, dan sebagainya

8. Gelombang Radio

Gelombang radio dipancarkan dari antena pemancar kemudian diterima oleh antena penerima. Besar panjang gelombang radionya tergantung pada tinggi rendahnya antena pemancar. Gelombang radio tidak dapat didengar secara langsung tetapi energi gelombang radio terlebih dahulu dirubah menjadi energi bunyi bunyi pada pesawat radio yang berperan sebagai penerima gelombang. Penerapan dari gelombang radio adalah telepon genggam (hp), pesawat telepon dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

Hirose, A. *and* Karl E. Longreen. 1985. *Introduction to Wave Phenomena*. New York: John Wiley and Sons.