

MODUL I

GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

A. PENDAHULUAN

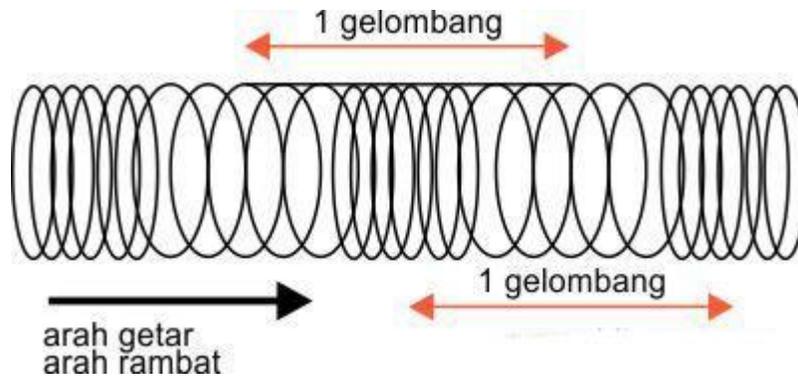
Tujuan Pembelajaran Gelombang Elektromagnetik pada Modul I ini diharapkan mahasiswa dapat memahami prinsip – prinsip gelombang elektromagnetik serta aplikasi gelombang elektromagnetik.

B. PENGERTIAN GELOMBANG

Gelombang merupakan getaran yang merambat dimana yang merambat itu adalah energinya bukan materinya. Sebuah getaran dapat didefinisikan sebagai sebuah gerakan *bolak balik* di sekitar nilai referensi. Namun, sebuah getaran belum tentu sebuah gelombang. Sebuah usaha untuk menetapkan keperluan dan karakteristik yang mencukupi yang memenuhi kriteria sebagai sebuah fenomena yang dapat disebut sebagai sebuah *Gelombang* yang menghasilkan garis perbatasan kabur.

Suatu gelombang dapat digambarkan seperti jika kita berdiri di pantai dan kaki anda mulai terkena gelombang air laut, jika kita terdorong kebelakang dan tertarik lagi ke depan itu menandakan kalau tubuh anda itu terkena energi dari gelombang air laut, namun air lautnya sendiri memang tidak berpindah, sehingga bisa disimpulkan kalau air laut yang bergelombang itu tidak merambat dan berpindah ke pantai, .

Bentuk ideal dari suatu gelombang akan mengikuti gerak sinusoid. Selain radiasi elektromagnetik, dan mungkin radiasi gravitasional, yang bisa berjalan lewat ruang hampa udara, gelombang juga terdapat pada medium di mana mereka dapat berjalan dan dapat memindahkan energi dari satu tempat ke tempat lain tanpa mengakibatkan partikel medium berpindah secara permanen; yaitu tidak ada perpindahan secara massal.



Gambar 1 : Bentuk Suatu Gelombang

Sifat dari gelombang : 1. Gelombang yang dapat dibiaskan (refraksi), 2. Gelombang yang bisa diliturkan (defraksi), 3. Gelombang yang dapat dipolarisasikan (diserap arah getarannya), 4. Gelombang yang dapat dipadukan (interferensi) dan 5. Gelombang yang dapat dipantulkan (refleksi).

Gelombang dikelompokkan sesuai jenisnya antara lain: 1. Gelombang Mekanis, merupakan gelombang yang membutuhkan media didalam proses perambatannya, dan sebagai contoh dalam gelombang mekanik adalah gelombang pada tali, bunyi dan juga gelombang di air, 2. Gelombang elektromagnetik, gelombang elektromagnetik ini adalah gelombang yang bisa merambat walaupun tidak memiliki media perambatannya, dan berdasarkan dari frekuensinya urutan dari gelombang elektromagnetik adalah : **gelombang pada radio dan juga televisi, gelombang mikro, sinar inframerah, sinar tampak, sinar ultraviolet (matahari), sinar X, dan sinar gamma (Y)**

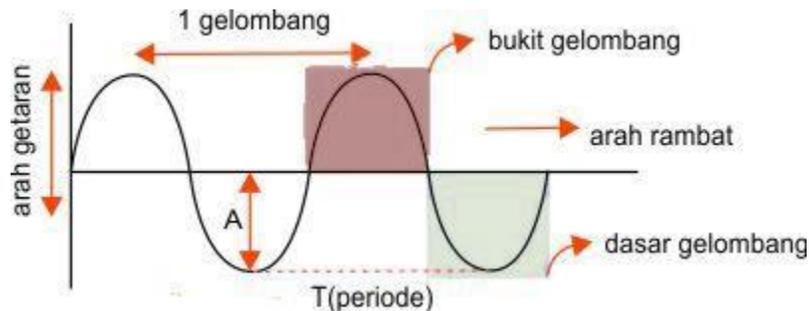
Berdasarkan arah getarannya gelombang itu juga bisa dikelompokkan menjadi gelombang longitudinal dan juga gelombang transversal.

Gelombang Longitudinal adalah gelombang yang memiliki arah getaran yang sama dengan arah rambatan. Artinya arah gerakan medium gelombang sama atau berlawanan arah dengan perambatan gelombang. Gelombang longitudinal mekanis juga disebut sebagai gelombang mampatan atau gelombang kompresi. Contoh-contoh gelombang longitudinal adalah gelombang suara dan gelombang-P seismik yang disebabkan oleh gempa dan ledakan.

Gelombang transversal merupakan getaran memiliki arah getaran tegak lurus terhadap arah perambatan, contoh dari gelombang transversal ini adalah jika anda menjumpai

gelombang air di lautan ataupun gelombang tali, dikarenakan arah getarannya tegak lurus dengan arah dari getaran maka bentuk dari gelombang ini seperti gunung dan juga lembah yang berurutan, dan dibawah ini adalah ilustrasi dan juga istilah yang ada di gelombang transversal.

Ciri ciri dari gelombang Transversal memiliki: 1. Puncak Gelombang (gunung), merupakan titik tertinggi dari gelombang, 2. Dasar Gelombang (lembah) merupakan titik dasar atau yang terendah di suatu gelombang, 3. Bukit Gelombang merupakan bagian dari gelombang yang menyerupai gunung dengan titik yang tertinggi atau puncak dari gelombang, 4. Panjang Gelombang merupakan jarak antara dua puncak atau bisa juga dua lembah gelombang, 5. Amplitudo (A) merupakan simpangan yang terjauh dari garis keseimbangan, 6. Periode (T) merupakan Waktu yang diperlukan untuk bisa menempuh jarak dua puncak atau dua buah lembah yang berurutan, atau lebih gampangnya anda bisa sebut kalau waktu yang diperlukan untuk membentuk suatu gelombang



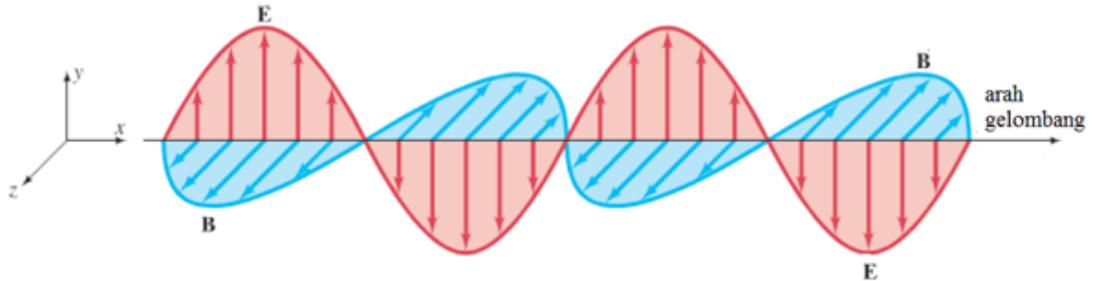
Gambar 2: Gelombang Transversal

C. TEORI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK.

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang memancar tanpa media rambat yang membawa muatan energi listrik dan magnet (elektromagnetik). Tidak seperti gelombang pada umumnya yang membutuhkan media rambat, gelombang elektromagnetik tidak memerlukan media rambat (sama seperti radiasi). Oleh karena tidak memerlukan media perambatan, gelombang elektromagnetik sering pula disebut sebagai radiasi eletromagnetik.

Bentuk gelombang elektromagnetik hampir sama seperti bentuk gelombang transversal pada umumnya, namun pada gelombang ini terdapat muatan energi listrik

dan magnetik dimana medan listrik (E) selalu tegak lurus terhadap medan magnet (B) yang keduanya menuju ke arah gelombang seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3: Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik diprediksi oleh James Clerk Maxwell, didapatkan dari hubungan matematis hukum Faraday's dan hukum ampere. Menurut Hukum Faraday's dan Hukum Maxwell tersebut : Bahwa Perubahan Pada Medan listrik akan menyebabkan perubahan pada medan magnet demikian juga sebaliknya. Perubahan secara terus menerus hal ini akan membawa suatu energi yang disebut energi elektromagnetik.

Berdasarkan Hukum Faraday, Medan Listrik dan medan magnet merupakan besaran vektor, maka dengan demikian energi gelombang elektromagnetik merupakan vektor yang artinya mempunyai besar dan arah.

Persamaan Maxwell :

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi^{elec}}{dt} + \mu_0 i^{enc} \quad (\text{Ampère-Maxwell law}).$$

Berdasarkan persamaan maxwell maka perubahan medan listrik dan medan magnet merupakan fungsi waktu. Secara aljabar persamaan tersebut diatas sama dengan fungsi ajabar pada perambatan akibat perbedaan tekanan pada udara maupun pada gelombang yang terjadi dipermukaan air. Dari hal inilah konsep “Gelombang elektromagnetik lahir. Dalam gelombang elektromagnetik besarnya / kerapatan energi pada medan listrik sama besarnya dengan yang terdapat pada medan magnet, disetiap titik sepanjang gelombang elektromagnetik tersebut.

Energi elektromagnetik dapat dibedakan berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya. Panjang gelombang (λ) = jarak lurus dari puncak gelombang yang satu dengan puncak gelombang lain yang terdekat. Satuan : Km, m, cm, mm, mikrometer (μm), nanometer (nm) , angstrom (A), pikometer (pm). Frekuensi (f) = Jumlah siklus gelombang yang melalui satu titik dalam satu detik. Satuan Hertz (Hz), Kilohertz (KHz), Megahertz (Mhz), Gigahertz (GHz), Terahertz (THz). Hubungan Panjang Gelombang, Frekuensi dan kecepatan rambat gelombang :

$$V = \lambda \cdot f$$

Gelombang Elektromagnetik mempunyai komponen yang terdiri dari gelombang elektrik (E) dan gelombang magnetik (B) yang saling tegak lurus dan masing – masing tegak lurus terhadap radiasi.

Contoh perhitungan mencari nilai panjang gelombang:

1. Sebuah pemancar radio bekerja pada frekuensi 150 MHz. Berapa panjang gelombang yang diterima pesawat Radio?

$$f = 150 \text{ MHz} = 1,5 \times 10^8 \text{ Hz}$$

$$v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$v = \lambda f \text{ atau}$$

$$\lambda = v/f$$

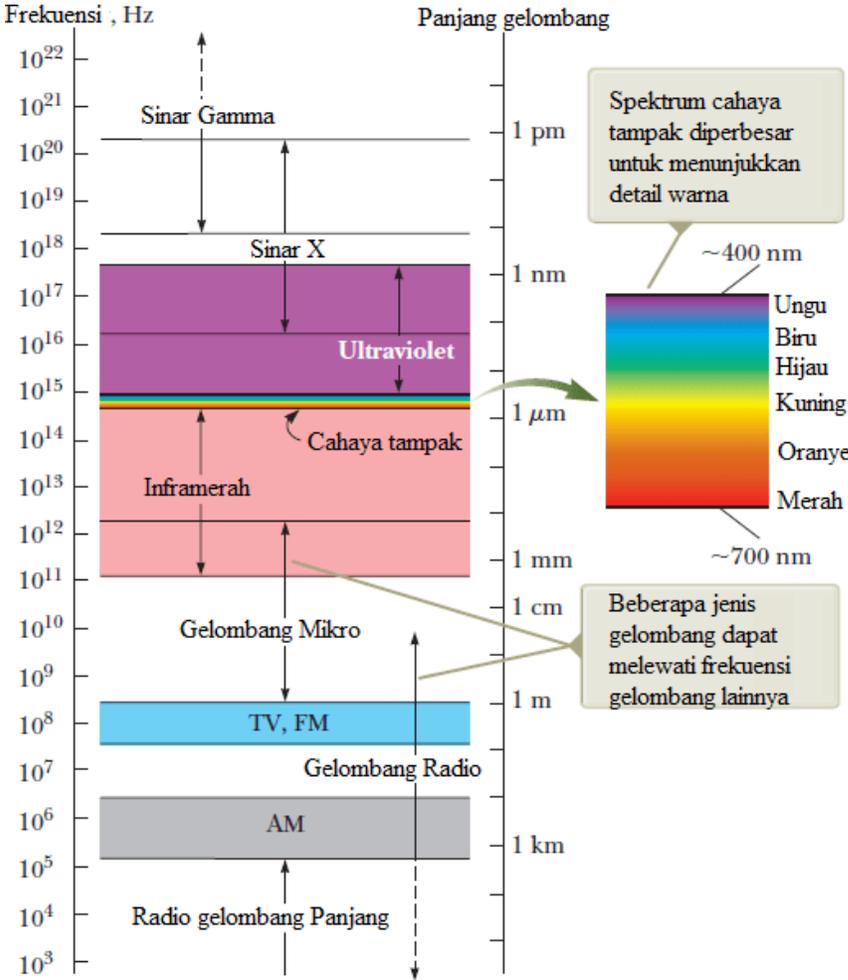
$$\lambda = (3 \times 10^8)/(1,5 \times 10^8)$$

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

D. SPEKTRUM ELEKTROMAGNETIK.

Gelombang elektromagnetik meliputi cahaya, gelombang radio, sinar X, sinar gamma, mikro gelombang, dan lain-lain. Berbagai gelombang elektromagnetik hanya berbeda dalam panjang gelombang dan frekuensinya. Lihat Gambar 4 dibawah untuk

memberikan gambaran mengenai jenis-jenis spektrum gelombang elektromagnetik yang biasanya berhubungan dengan berbagai interval frekuensi dan panjang gelombang. Interval ini sering tidak terdefiniskan secara benar dan kadang-kadang tumpang-tindih. Misalnya, gelombang elektromagnetik yang kira-kira 0,1 nm biasanya disebut sinar X, tetapi jika gelombang ini berasal dari radioaktivitas nuklir, disebut sinar gamma.



Gambar 4: Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang (λ) dengan satuan Hetz (Hz) dan frekuensi dengan satuan meter (m). Gelombang elektromagnetik dikelompokkan sesuai dengan panjang gelombang (λ) atau frekuensinya (f), dari frekuensi terendah ke frekuensi ke lebih tinggi terdiri dari gelombang radio, gelombang

micro, gelombang inframerah, cahaya tampak, sinar ultra violet, sinar X, dan sinar Gamma.

Gelombang Radio, Gelombang radio dikelompokkan menurut panjang gelombang atau frekuensinya. Jika panjang gelombang tinggi, maka pasti frekuensinya rendah atau sebaliknya. Frekuensi gelombang radio mulai dari 30 kHz ke atas dan dikelompokkan berdasarkan lebar frekuensinya. Gelombang radio termasuk gelombang elektromagnetik terpanjang dibandingkan dengan jenis lainnya, tapi memiliki frekuensi yang paling kecil. Nah, spektrum dari gelombang radio, antara lain: *low frequency (LF)* 30-300 kHz, *medium frequency (MF)* 300 kHz – 3 MHz, *high frequency (HF)* 3-30 MHz, *very high frequency (VHF)* 30-300 MHz, dan *ultra high frequency (UHF)* 300 MHz – 36 GHz. Untuk frekuensi gelombang elektromagnetik radio yang paling panjang adalah VHF dan UHF, karena panjang gelombangnya sampai ke satelit. Gelombang radio dihasilkan oleh muatan-muatan listrik yang dipercepat melalui kawat-kawat penghantar. Muatan-muatan ini dibangkitkan oleh rangkaian elektronika yang disebut osilator. Gelombangradio ini dipancarkan dari antena dan diterima oleh antena pula. Kamu tidak dapat mendengar radio secara langsung, tetapi penerima radio akan mengubah terlebihdahulu energi gelombang menjadi energi bunyi. Gimana sih cara kerja gelombang radio? Gelombang radio dipancarkan melalui *transmitter* atau antena pemancar, yang kemudian sinyal akan diterima oleh *receiver* atau antena penerima. Apa aja sih elektronik yang memanfaatkan gelombang radio? Gelombang radio dimanfaatkan untuk radio, televisi, dan juga telepon.

Gelombang mikro, Gelombang mikro (mikrowaves) adalah gelombang radio dengan frekuensi paling tinggi *super high frequency (SHF)* yaitu diatas 3-30 GHz. Jika gelombang mikro diserap olehsebuah benda, maka akan muncul efek pemanasan pada benda itu. Jika makanan menyerap radiasi gelombang mikro, maka makanan menjadi panas dalam selangwaktu yang sangat singkat. Proses inilah yang dimanfaatkan dalam microwave oven untuk memasak makanan dengan cepat dan ekonomis. Gelombang mikro juga dimanfaatkan pada pesawat RADAR (Radio Detection and Ranging)

RADAR berarti mencari dan menentukan jejak sebuah benda dengan menggunakan gelombang mikro. Pesawat radar memanfaatkan sifat pemantulan gelombang mikro. Karena cepat rambat gelombang elektromagnetik $c = 3 \times 10^8$ m/s, maka dengan mengamati selang waktu antara pemancaran dengan penerimaan.

Sinar Inframerah, Sinar inframerah meliputi daerah frekuensi 10^{11} Hz sampai 10^{14} Hz atau daerah panjang gelombang 10^{-4} cm sampai 10^{-1} cm. Jika kamu memeriksa spektrum yang dihasilkan oleh sebuah lampu pijar dengan detektor yang dihubungkan pada miliamperemeter, maka jarum amperemeter sedikit di atas ujung spektrum merah. Sinar yang tidak dilihat tetapi dapat dideteksi di atas spektrum merah itu disebut radiasi inframerah. Sinar inframerah dihasilkan oleh elektron dalam molekul-molekul yang bergetar karena benda dipanaskan. Jadi setiap benda panas pasti memancarkan sinar inframerah. Jumlah sinar inframerah yang dipancarkan bergantung pada suhu dan warna benda.

Sinar inframerah juga bisa digunakan untuk mendeteksi orang yang terkena virus atau sedang sakit. Misalnya di bandara ada pendeteksian orang yang terkena virus, perbedaan orang yang terinfeksi virus dengan orang yang normal atau sehat terletak pada suhu tubuhnya. Suhu orang yang terinfeksi akan lebih tinggi daripada orang normal, sehingga frekuensi gelombang inframerah yang dipancarkan orang terinfeksi akan berbeda dari orang yang normal. Contoh lain pemanfaatan gelombang elektromagnetik jenis sinar infrared adalah kamera untuk berburu di malam hari, khususnya untuk berburu ular. Cara kerjanya hampir sama, di mana ketika benda terkena kamera infrared, maka benda-benda tersebut akan memancarkan gelombang infrared. Untuk membedakan benda satu dengan yang lainnya, misal makhluk hidup (hewan yang akan diburu) akan memiliki frekuensi yang berbeda dengan benda-benda yang berada di sekitarnya, dan juga ada perbedaan warna antara yang satu dengan lainnya.

Cahaya tampak, Cahaya tampak sebagai radiasi elektromagnetik yang paling dikenal oleh kita dapat didefinisikan sebagai bagian dari spektrum gelombang

elektromagnetik yang dapat dideteksi oleh mata manusia. Panjang gelombang tampak bervariasi tergantung warnanya mulai dari panjang gelombang kira-kira 4×10^{-7} m untuk cahaya violet (ungu) sampai 7×10^{-7} m untuk cahaya merah. Kegunaan cahaya salah satunya adalah penggunaan laser dalam serat optik pada bidang telekomunikasi dan kedokteran. Kita juga sering menemukan contoh cahaya tampak pada *traffic light* yang digunakan sebagai alat komunikasi. Ketika kita melihat warna merah, berarti mata kita menerima pantulan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang di kisaran 700 nm.

Sinar ultraviolet, Sinar ultraviolet mempunyai frekuensi dalam daerah 10¹⁵ Hz sampai 10¹⁶ Hz atau dalam daerah panjang gelombang 10^{-8} m 10^{-7} m. Gelombang ini dihasilkan oleh atom dan molekul dalam nyala listrik. Matahari adalah sumber utama yang memancarkan sinar ultraviolet dipermukaan bumi, lapisan ozon yang ada dalam lapisan atas atmosferlah yang berfungsi menyerap sinar ultraviolet dan meneruskan sinar ultraviolet yang tidak membahayakan kehidupan makhluk hidup di bumi.

Sinar X. Sinar X mempunyai frekuensi antara 10¹⁶ Hz sampai 10¹⁸ Hz. Panjang gelombangnya sangat pendek yaitu 10⁻⁸ cm sampai 10⁻¹⁰ cm. Meskipun seperti itu tapi sinar X mempunyai daya tembus kuat, dapat menembus buku tebal, kayu tebal beberapa sentimeter dan pelat aluminium setebal 1 cm. Contoh radiasi elektromagnetik sinar X ada pada bidang kesehatan, seperti CT Scan atau rontgen. Karena, sinar ini bisa melewati atau menembus jaringan tubuh.

Sinar Gamma. Sinar gamma yaitu sinar yang paling pendek panjang gelombangnya (<10 pm), namun memiliki frekuensi yang paling besar dibandingkan jenis lainnya (10²⁰-10²⁵ Hz). Daya tembus paling besar, yang menyebabkan efek yang serius jika diserap oleh jaringan tubuh. Pemanfaatannya banyak digunakan di bidang medis. Sinar gamma dihasilkan dari inti radioaktif ketika terjadi reaksi nuklir. Aplikasi sinar gamma ini biasanya pada bidang kesehatan, seperti digunakan untuk membunuh sel-sel kanker.

E. TEORI MAXWELL.

Pada tahun 1862, Maxwell mengutarakan teori gelombang elektromagnetik. Gerakan radiasi gelombang elektromagnetik mengikuti bentuk gelombang dengan gejala elektrik dan magnetik. Interaksinya terhadap benda tergantung atas sifat elektrik dan sifat magnetik bendanya. Sifat elektrik dan sifat magnetiknya merupakan satu rangkaian sifat yang tidak terpisahkan. Bila sifat elektriknya berubah, sifat magnetiknya berubah. Selanjutnya Hubungan antara kecepatan radiasi elektromagnetik, panjang gelombang dan frekuensinya dalam bentuk rumus sebagai berikut :

$$c = \lambda \cdot v$$

Untuk ; c = Kecepatan radiasi elektromagnetik

$$= 3 \times 10^8 \text{ m/detik}$$

λ = panjang gelombang dalam satuan mikrometer.

v = frekuensi, yaitu jumlah siklus gelombang yang melalui satu titik tiap detik, dalam Hertz

RANGKUMAN.

1. Menurut Hukum Faraday's dan Hukum Maxwell tersebut : Bahwa Perubahan Pada Medan listrik akan menyebabkan perubahan pada medan magnet demikian juga sebaliknya. Perubahan secara terus menerus hal ini akan membawa suatu energi yang disebut energi elektromagnetik.
2. Gelombang elektromagnetik terdiri dari berkas atau spektrum yang sangat luas yaitu meliputi spektra kosmik, Gamma, X, Ultra violet, tampak, infra merah, gelombang mikro, dan radio.
3. Matahari merupakan sumber utama dari gelombang elektromagnetik terutama dikaitkan dengan kegiatan pemetaan yang memanfaatkan citra satelit. Dalam perjalanannya sampai ke permukaan bumi gelombang elektromagnetik ini mengalami hambatan.

LATIHAN

1. Tuliskan Hipotesis Maxwell !
2. Sebutkan definisi dari Gelombang Longitudinal dan berikan contohnya !
3. Sebutkan definisi dari Gelombang Transversal dan berikan contohnya !

4. Sebutkan definisi dari Gelombang Elektromagnetik dan berikan contohnya !
5. Sebutkan Urutan dari Spektrum Cahaya menurut panjang gelombangnya dari paling rendah ke yang lebih tinggi !
6. Sebutkan Rumus hubungan antara cepat rambat gelombang, panjang gelombang dengan frekuensi dari gelombang elektromagnetik!
7. Sebutkan ciri ciri dari gelombang elektromagnetik !
8. Sebuah pemancar Televisi bekerja pada frekuensi 500 MHz. Berapa panjang gelombang radio yang terpancar dari pemancar Televisi tersebut?

DAFTAR PUSTAKA

- ALONSO - Finn, 1992, Dasar-dasar Fisika Universitas Edisi kedua (terjemahan), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, Fisika Dasar (terjemahan), 2010, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Benjamin Crowell, Vibration and Wave, 2007, Fulerton, California, www.lightandmatter.com
- Benjamin Crowell, Electricity and Magnetism, 2007, Fulerton, California, www.lightandmatter.com
- Lilian Hoddeson, Teori Kuantum, 2004. Ilmu Pengetahuan Populer, PT Widyadara, Jakarta.
- J.M. Rueger, 1996, Electronic Distance Measurement, UNSW, Australia.
- Sears, F.W-Zemarnsky, MW 1963, Fisika untuk Universitas (terjemahan), Penerbit Bina Cipta, Bandung
- Serway, R.A. dan Faughn, R. A. dan Faughn, J. S., 1999, College Physics, Harcourt Brace College Publishers. USA
- Sutanto, 1992, Penginderaan Jauh Jilid I, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta