

MODUL VI

GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

A. PENDAHULUAN

Tujuan Pembelajaran Gelombang Elektromagnetik pada Modul VI ini diharapkan mahasiswa dapat memahami prinsip – prinsip gelombang elektromagnetik, spektrum gelombang elektromagnetik, sifat pantulan, hamburan dan serapan dari gelombang elektromagnetik serta aplikasi gelombang elektromagnetik pada Remote Sensing. Dalam pekerjaan Surveying, gelombang elektromagnetik sangat berperan terutama berkaitan dengan pengukuran jarak, disamping itu dalam teknologi Remote Sensing (Penginderaan jauh) maka peran gelombang elektromagnetik sangat utama. Karena dengan analisis pantulan gelombang elektromagnetik dari obyek yang ada dipermukaan bumi dapat dilakukan analisis sifat, bentuk dan pemanfaatan obyek tersebut. Peralatan Pengukuran banyak menggunakan pengetahuan tentang gelombang elektromagnetik, begitu pula dalam pembelajaran Sistem Informasi Geografis, Penginderaan Jauh banyak menggunakan prinsip-prinsip dari gelombang elektromagnetik.

Modul VI tentang Gelombang Elektro Magnetik berisikan: Teori Gelombang Elektromagnetik, Spektrum Gelombang Elektromagnetik, Pantulan serapan dan hamburan gelombang elektromagnetik, Teori Maxwell, Teori Kuantum, Hukum Planck, Hukum Stefan – Boltzman dan Hukum Wien, serta Gelombang Elektromagnetik dalam Sistem Remote Sensing.

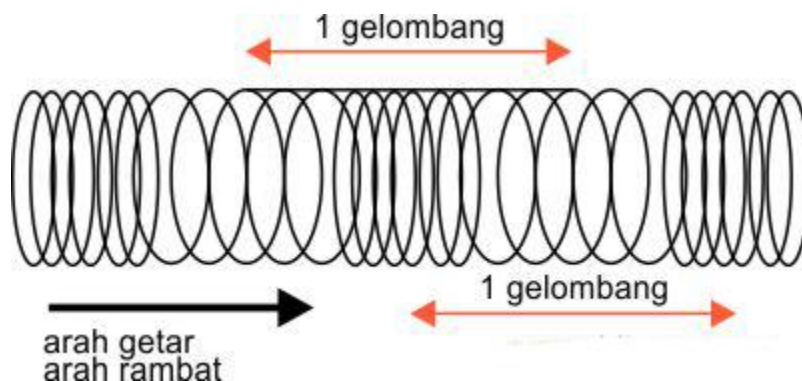
B. PENGERTIAN GELOMBANG

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 sinusoidal. 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 dilenturkan (defraksi), 3. Gelombang yang dapat dipolarisasikan (diserap arah geratannya), 4. Gelombang yang dapat dipadukan (interferensi) dan 5. Gelombang yang dapat di pantulkan (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 radia dan juga televise, gelombang mikro, sinar inframerah, sinar tampak, sinar ultraviolet (matahari), sinar X, dan sinar gamma (Y)

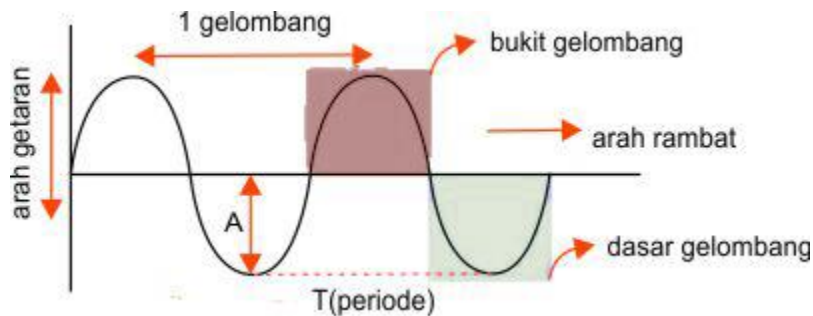
Berdasarkan arah getarannya gelombang itu juga bisa dikelompokkan menjadi gelombang longitudinal dan juga gelombang transversal.

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 gampangnnya anda bisa sebut kalau waktu yang diperlukan untuk membentuk suatu gelombang

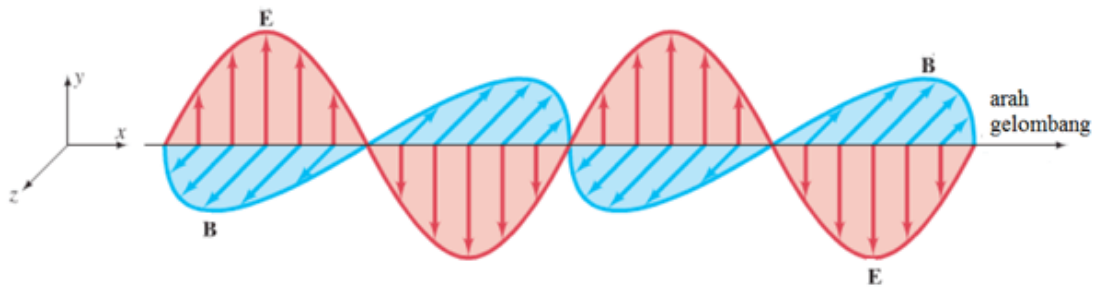


Gambar 2: Gelombang Transversal

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.

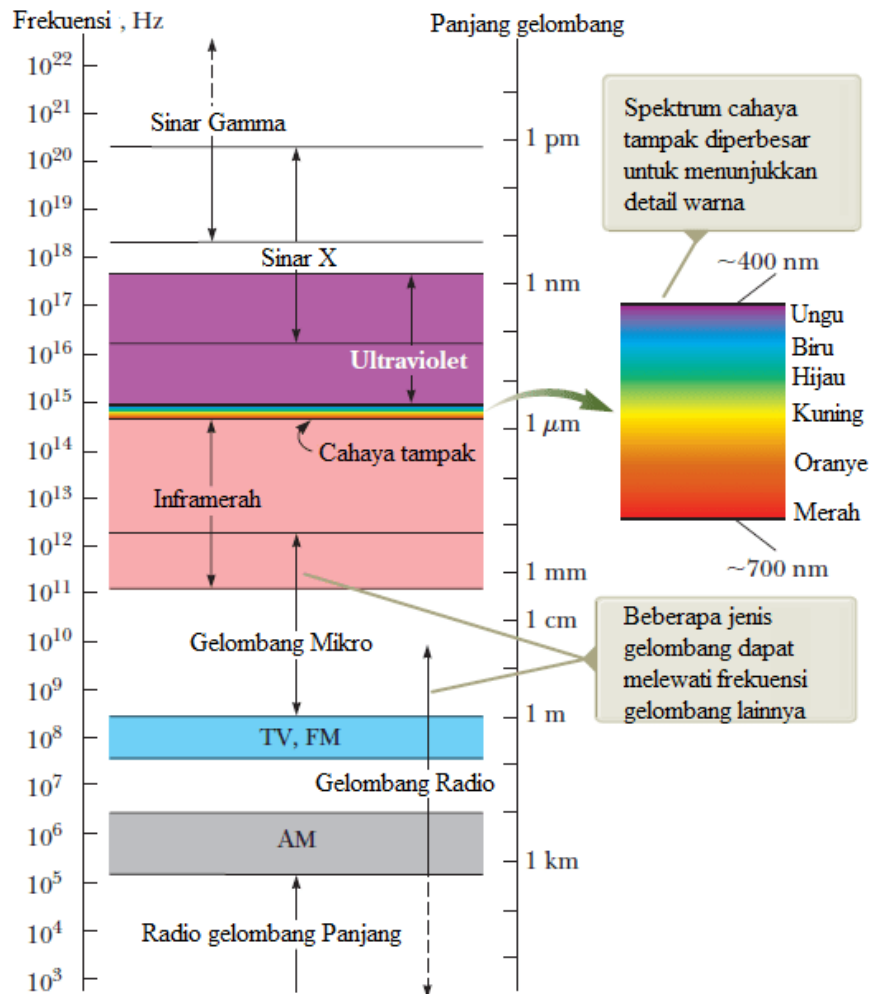
Energi elektromagnetik dapat dibedakan berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya. Panjang gelombang (λ) = jarak lurus dari puncak gelombang yang satu dengan puncak gelombang lain yang terdekat. Satuan : Km, m, cm, mm, mikrometer (μm), nanometer (nm), angstrom (A), pikometer (pm). Frekuensi (f) = 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.

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 terdefinisikan 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 dihasilkan oleh muatan-muatan listrik yang dipercepat melalui kawat-kawat penghantar. Muatan-muatan ini dibangkitkan oleh rangkaian elektronika yang disebut osilator. Gelombang radio ini dipancarkan dari antena dan diterima oleh antena pula. Kamu tidak dapat mendengar radio secara langsung, tetapi penerima radio akan mengubah terlebih dahulu energi gelombang menjadi energi bunyi.

Gelombang mikro, Gelombang mikro (mikrowaves) adalah gelombang radio dengan frekuensi paling tinggi yaitu diatas 3 GHz. Jika gelombang mikro diserap oleh sebuah benda, maka akan muncul efek pemanasan pada benda itu. Jika makanan menyerap radiasi gelombang mikro, maka makanan menjadi panas dalam selang waktu 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 miliamperimeter, maka jarum amperimeter sedikit diatas 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.

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.

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.

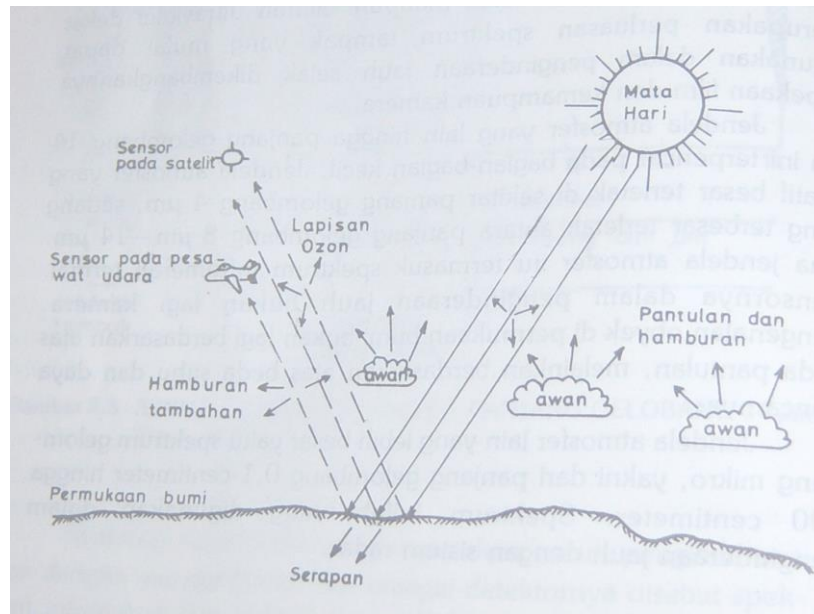
Sinar X. Sinar X mempunyai frekuensi antara 10¹⁶ Hz sampai 10¹⁸ Hz. Panjang gelombangnya sangat pendek yaitu 10⁻⁸ cm sampai 10⁻¹⁰ cm. Meskipun seperti itu tapi sinar X mempunyai daya tembus kuat, dapat menembus buku tebal, kayu tebal beberapa sentimeter dan pelat aluminium setebal 1 cm.

Sinar Gamma. Sinar gamma mempunyai frekuensi antara 10¹⁸ Hz sampai 10²⁰ Hz atau panjang gelombang antara 10⁻¹⁰ cm sampai 10⁻¹² cm. Daya tembus paling besar, yang menyebabkan efek yang serius jika diserap oleh jaringan tubuh.

E. PANTULAN, HAMBURAN DAN SERAPAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK.

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. Hambatan ini terutama disebabkan oleh butir – butir yang ada di atmosfer seperti uap air, debu dan gas. Proses penghabatannya ini terjadi terutama dalam bentuk serapan, pantulan dan hamburan. Hamburan ialah pantulan ke arah serba beda

yang disebabkan oleh benda yang permukaannya kasar dan bentuknya tidak menentu, atau oleh benda – benda kecil yang terserak tak menentu. Interaksi antara gelombang elektromagnetik dengan atmosfer dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5: Interaksi Antara Gelombang Elektromagnetik dan atmosfer.

Sebagaimana gelombang elektromagnetik yang dapat mencapai permukaan bumi diserap oleh obyek dipermukaan bumi, sedangkan selebihnya dipantulkan olehnya sehingga mencapai sensor yang dipasang pada pesawat terbang, satelit atau wahana lainnya. Jumlah tenaga yang diserap dan dipantulkan akan sama dengan jumlah tenaga yang mengenainya.

F. 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 :

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Untuk ; c = Kecepatan radiasi elektromagnetik

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

λ = panjang gelombang dalam satuan mikrometer.

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

G. TEORI KUANTUM.

Teori kuantum juga disebut teori partikel, Dalam teori ini dinyatakan bahwa spektrum elektromagnetik terdiri dari bagian – bagian kecil berkesinambungan yang disebut “Photon” atau “Quanta”.

Tenaga kuantum dapat dinyatakan dengan formula sebagai berikut :

$$E = h \nu$$

Untuk :

E = tenaga kuantum, dinyatakan dalam Joule (J)

h = Konstanta Plank yang besarnya $6,625 \times 10^{-34}$ J/detik

ν = Frekuensi, dalam Hertz.

Bila $\nu = c/\lambda$, maka persamaan diatas menjadi :

$$E = h c / \lambda$$

Berdasarkan persamaan ini maka dapat diketahui bahwa tenaga kuantum berbanding terbalik terhadap panjang gelombang. Semakin besar panjang gelombang, semakin kecil tenaga kuantum, sehingga penggunaan dalam Remote Sensing untuk mengidentifikasi obyek yang mempunyai ukuran kecil dan luasan yang kecil dapat dilakukan dengan tenaga kuantum yang besar dengan kata lain resolusi spasial pada spektrum tampak akan tampak lebih halus.

H. HUKUM PLANK, HUKUM STEFAN – BOLTZMAN DAN HUKUM WIEN.

Panas atau tenaga kinetik merupakan akibat gerakan partikel suatu benda secara acak. Gerakannya berhenti bila suhu bendanya sebesar 0°K atau -273°K yang sering disebut suhu nol derajat absolut. Bila digunakan skala Kelvin, es mencair pada suhu 273°K . Tenaga Kinetik ini diukur dengan termometer yang dipasang pada obyeknya. Pengukuran terhadap tenaga kinetik ini tidak mungkin dilakukan dari jauh, meskipun demikian tenaga yang dipancarkan dari obyeknya dapat direkam dengan sensor yang dipasang jauh dari obyeknya. Jumlah tenaga yang dipancarkan dari tiap obyek dapat dihitung dengan menggunakan hukum Plank, yang ditulis dengan rumus

$$E = \frac{C_1 \lambda^{-6}}{\text{Exp}(C_2/\lambda T) - 1}$$

E = jumlah tenaga yang dipancarkan oleh permukaan obyek tiap satuan luas pada gelombang panjang tertentu (= $\text{W}/(\text{cm}^2\text{m})$).

λ = panjang gelombang (= μm), T = suhu Absolut, $^{\circ}\text{K}$ Exp = Eksponen

C1 = konstante radiasi pertama yang besarnya = $2 hc^2$

C2 = konstante radiasi kedua yang besarnya = ch / K

Jumlah tenaga yang dipancarkan ini sama dengan yang diperhitungkan dengan formula Stefan – Boltzmann (Hukum Stefan – Boltzmann) yaitu :

$$W = \sigma T^4$$

Dengan :

W = Jumlah tenaga yang dipancarkan oleh permukaan obyek tiap detik satuan luas (= W m^{-2}).

σ = konstante Stefan – Boltzmann, $5,6697 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

T = suhu absolut obyek, $^{\circ}\text{K}$

Dari hukum Stefan – Boltzmann ini dapat dijelaskan bahwa jumlah tenaga yang dipancarkan oleh tiap benda antara lain merupakan fungsi suhu permukaan obyeknya. Jumlah tenaga yang dipancarkan dari suatu benda berbanding lurus terhadap suhu

absolut benda tersebut, termasuk berlaku juga untuk benda hitam sempurna meskipun kenyataannya untuk benda ini seperti ini tidak ada. Karena tidak ada benda hitam yang menyerap secara sempurna maka rumus diatas perlu diubah menjadi :

$$W = e T^4$$

Untuk e adalah daya pancar (emissivity) obyek.

Dari rumus ini dapat disimpulkan mengenai dua hal :

1. Jumlah tenaga yang dipancarkan oleh suatu benda dipermukaan bumi berbanding lurus terhadap pangkat empat suhu absolutnya. Semakin tinggi suatu obyek, semakin besar tenaga yang dipancarkan olehnya.
2. Gelap terangnya gambaran obyek pada citra tidak selalu menunjukkan suhu obyeknya, karena daya pancar setiap obyek tidak sama.

Semakin tinggi suhu benda yang memancarkan tenaga, semakin besar pula tenaga kinetik yang dipancarkan. Apabila suhu bertambah besar maka tenaga pancaran dari benda tersebut juga akan makin besar dan hal ini sesuai dengan panjang gelombang yang makin menuju kearah gpanjang gelombang yang lebih pendek. Hubungan antara pancaran maksimum, panjang gelombang dan suhu dinyatakan dalam Hukum Pergeseran Wien. Persamaan Hukum Pergeseran Wien dirumuskan sebagai berikut :

$$\lambda_m = A/T$$

λ_m = panjang gelombang pada pancaran maksimum

A = konstante yang besarnya $2898 \text{ m}^0\text{K}$, T = suhu absolut benda, 0^0K

Dari persamaan hukum pergeseran Wien diatas, panjang gelombang dengan pancaran maksimum berbanding terbalik terhadap suhu absolut benda pemancarnya. Pancaran matahari dengan suhu $6000 \text{ }^0\text{K}$ mencapai radiasi maksimum pada panjang gelomang $0,5 \text{ }\mu\text{m}$. Oleh sebab itu pada penginderaan jauh sistem pasif (seperti citra Land Sat, IKONOS, Quick Bird) menggunakan matahari sebagai sumber tenaganya dengan menggunakan spektrum tampak yaitu disekitar panjang gelombang $0,5 \text{ }\mu\text{m}$ dan perluasannya.

I. SISTEM REMOTE SENSING.

Sistem remote sensing disyaratkan harus ada sumber tenaga baik tenaga alamiah maupun buatan. Tenaga yang digunakan ini berupa gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik ini mengenai obyek permukaan bumi yang kemudian dipantulkan ke sensor. Dapat juga berupa gelombang elektromagnetik dari obyek yang dipancarkan ke sensor. Seperti yang disebutkan diatas bahwa sumber utama tenaga alami adalah berupa tenaga matahari. Maka dengan demikian gelombang elektromagnetik ini memang dipancarkan oleh matahari, hanya saja pencapaian gelombang elektromagnetik ini ke permukaan bumi dipengaruhi oleh waktu (jam, musim), lokasi dan kondisi cuaca. Jumlah tenaga yang diterima pada siang hari akan lebih banyak dibanding dengan pagi / sore hari. Termasuk dipengaruhi juga oleh musim. Jika matahari tepat tegak lurus pada suatu tempat, tenaga yang diterima akan lebih besar jika dibandingkan dengan pada musim lain disaat matahari agak condong pada tempat yang sama. Disamping itu juga dipengaruhi oleh letak tempat dipermukaan bumi. Untuk daerah equator menerima tenaga lebih banyak dibandingkan dengan daerah yang mempunyai lintang lebih tinggi. Disamping itu cuaca juga berpengaruh, semakin banyak penutupan oleh kabut, asap, dan awan, maka akan semakin sedikit tenaga yang dapat mencapai bumi. Jumlah tenaga yang mencapai bumi dapat disajikan dalam formula :

$$\mathbf{E = f \{w, l, c\}}$$

Untuk : E = tenaga yang mencapai bumi

f = fungsi l= letak c= kondisi cuaca.

w = waktu, yaitu jam / musim pemotretan

Seperti yang telah diuraikan diatas mengenai prinsip perambatan, pantulan dan hamburan gelombang elektromagnetik, maka tenaga yang diterima oleh sensor

dapat berupa tenaga pantulan maupun tenaga pancaran yang berasal dari obyek dimuka bumi. Jumlah tenaga yang diterima oleh sensor tersebut tergantung pada jumlah tenaga asal dan tergantung pula pada karakteristik obyeknya. Bagi tenaga pantulan, jumlah tenaga yang diterima oleh sensor sebesar pantulan (%) dikalikan tenaga yang mengenai obyeknya. Bila tenaga yang mengenai obyek sebesar 100 unit, daya pantul obyeknya 30%, maka jumlah tenaga yang dapat mencapai sensor sebesar 30 unit. Bagi tenaga pancaran, jumlah tenaga yang mencapai sensor bergantung atas suhu dan daya pancar obyek. Semakin banyak tenaga yang diterima oleh sensor akan semakin cerah wujud obyeknya pada citra. Daya pantul obyek, suhu obyek, dan daya pancar obyek merupakan karakteristik spektral obyek.. Uraian singkat ini dapat diwujudkan dalam formula sebagai berikut :

$$e_r = f(E, p)$$

e_r = tenaga pantulan. E = tenaga yang mencapai obyek p = daya pantul

$$e_p = f(T, d)$$

e_p = tenaga pancaran. T = suhu absolut obyek

d = pancaran atau daya pancar obyek

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.
4. Untuk menjelaskan teori gelombang elektromagnetik dan interaksinya dengan materi digunakan teori : Teori Maxwell, Teori Kuantum, Hukum Plank, Hukum Stefan – Boltzman dan Hukum Wien.
5. Prinsip dasar Remote Sensing berdasarkan gelombang elektromagnetik adalah Gelombang elektromagnetik ini mengenai obyek permukaan bumi yang kemudian dipantulkan ke sensor.

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 batasan dari panjang gelombang cahaya tampak !
8. Sebutkan besaran kecepatan cahaya dan kecepatan suara !
9. Sebutkan alat yang menghasilkan gelombang radio !
10. Sebutkan ciri ciri dari gelombang elektromagnetik !

TES FORMATIF

1. Kegunaan sinar inframerah dalam kehidupan sehari-hari adalah untuk
 - A. memasak makanan
 - B. pemancar radio FM
 - C. remote control
 - D. foto tempat-tempat yang mengalami polusi

2. Sinar ultraviolet membahayakan kehidupan makhluk hidup karena dapat menyebabkan
 - A. mutasi gen
 - B. kanker kulit
 - C. kebakaran hutan
 - D. pemanasan global

3. Pemanfaatan gelombang elektromagnetik dalam pengobatan memiliki efek menyembuhkan dan dapat merusak. Jenis gelombang elektromagnetik yang energinya paling besar sehingga dapat merusak jaringan sel manusia adalah
 - A. inframerah
 - B. gelombang mikro
 - C. ultraviolet
 - D. sinar gamma

4. Gelombang elektromagnetik dengan periode 10–15 sekon (cepat rambat dalam ruang hampa = 3×10^8 m/s) merupakan
- A. cahaya tampak
 - B. gelombang radio dan televisi
 - C. gelombang mikro
 - D. sinar inframerah
5. Salah satu pemanfaat gelombang infrared atau gelombang mikro adalah...
- A. Membunuh sel kanker
 - B. Untuk peralatan komunikasi tanpa kabel
 - C. Memasak makanan
 - D. Mensterilkan alat-alat kedokteran
6. Urutan gelombang elektromagnetik dari frekuensi rendah ke tinggi adalah...
- A. Gelombang radio, cahaya tampak, ultraviolet, infra merah
 - B. Ultraviolet, infra merah, sinar X, sinar gamma
 - C. Sinar gamma, sinar X, gelombang merah, gelombang radio
 - D. Gelombang radio, infra merah, ultraviolet, sinar X
7. Suatu gelombang yang arah rambatannya tegak lurus dengan arah getarannya
- A. Gelombang Transversal
 - B. Gelombang Longitudinal
 - C. Gelombang Mekanik
 - D. Gelombang Elektromagnetik.
8. Suatu gelombang yang memiliki arah getaran yang sama dengan arah rambatan
- A. Gelombang Transversal
 - B. Gelombang Longitudinal
 - C. Gelombang Mekanik
 - D. Gelombang Elektromagnetik.
9. Hubungan antara cepat rambat gelombang, panjang gelombang dengan frekuensi dari gelombang elektromagnetik adalah:
- A. Frekuensi berbanding terbalik dengan panjang gelombang
 - B. Panjang gelombang berbanding lurus dengan frekuensi
 - C. Frekuensi berbanding terbalik dengan kecepatan.
 - D. Jawaban tidak ada.

10. Hubungan antara Periode, waktu, dan banyaknya gelombang dalam gelombang elektromagnetik adalah :
- A. Periode berbanding berbanding lurus dengan banyaknya gelombang.
 - B. Periode berbanding berbanding terbalik dengan banyaknya gelombang.
 - C. Waktu berbanding terbalik dengan Periode
 - D. Jawaban tidak ada.

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban Tes Formatif yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar. Kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Saudara terhadap materi kegiatan belajar ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban Saudara yang benar}}{10} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan yang Saudara peroleh adalah :

- 90 – 100 % = Baik Sekali;
- 80 – 90 % = Baik;
- 70 – 80 % = Cukup;
- ≤ 70 % = Kurang

Bila Saudara memperoleh tingkat penguasaan 80 % atau lebih, Saudara dapat meneruskan dengan kegiatan belajar (Modul) selanjutnya. Sedangkan jika tingkat penguasaan Saudara masih berada di bawah 80 %, Saudara diwajibkan mengulangi kegiatan belajar (modul) ini, terutama bagian yang belum Saudara kuasai secara baik.

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