**BAB 5**

**ALAT OPTIK**

|  |
| --- |
| **Standar Kompetensi :**  3. Menerapkan prinsip kerja alat-alat optik |
| **Kompetensi Dasar :**  3.1 Menganalisis alat-alat optik secara kualitatif dan kuantitatif  3.2 Menerapkan alat-alat optik dalam kehidupan sehari-hari |

Alat optik dibuat untuk bermacam-macam tujuan, tetapi memiliki fungsi pokok yang sama, yaitu untuk meningkatkan daya penglihatan manusia. Contoh alat optik adalah kacamata, mikroskop dan teleskop.

1. **Mata dan Kamera**

Mata memiliki sebuah lensa cembung yang berfungsi untuk memfokuskan bayangan benda pada lapisa yang peka cahaya dibagian belakang bola mata. *Iris* merupakan bagian mata berupa diafragma bulat yang dapat membuk dan menutup untuk mengatur banyak sedikitnya cahaya yang masuk ke mata. *Kelopak mata* merupakan bagian mata yang berfungsi seperti *shutter* pada kamera. Gambar 5.1 menunjukkan bagian-bagian mata.

|  |
| --- |
|  |
| **Gambar 5.1** Bagian-Bagian Mata  Bagian – bagian Mata :   * Bagian mata depan diliputi oleh membran transparan (C), yang disebut CORNEA. * Daerah di sebelah cornea mengandung cairan A, yang disebut : Aqueous Humor * Lebih ke dalam lagi, adalah lensa kristal (crystallinelensa) L, yang terdiri dari serat-serat yang cukup keras di pusat dan agak lunak di sebelah luar. * Lensa kristal ini terletak pada tempatnya, diikat dengan tali pada Ciliary Muscle(M) * Di samping lensa ini, mata dipenuhi cairan tipis (V), yang sebagian besar terdiri dari air, yang disebut : Vitreous Humor.   Indeks bias daripada aqueous humor dan vitreous humor, keduanya hampir sama dengan indeks bias air, yaitu kira-kira 1,366.  Lensa kristal tidak homogen, mempunyai indeks bias “rata-rata” 1,437. Harga ini hampir tidak berbeda dengan indeks bias aqueous humor dan vitreous humor, sehingga pembiasan cahaya yang masuk ke dalam mata hanya ter jadi pada kornea.  Beberapa istilah yang perlu diketahui pada mata :   1. Daya Akomodasi : Daya menebal dan menipisnya lensa mata, lensa paling tipis pada saat mata tidak berakomodasi. 2. Titik Jauh (Punctur Remotum : Titik terjauh yang masih terlihat jelas oleh mata (tidak berakomodasi).   Untuk mata normal : titik jauh letaknya di jauh tak berhingga.  3. Titik Dekat (Punctur Proximum) : Titik terdekat yang masih terlihat jelas oleh mata (berakomodasi max )  Untuk mata normal : titik dekat 25 cm.  Cacat-cacat mata :  Mata dinyatakan cacat biasanya karena :   * Berkurangnya daya akomodasi mata * Kelainan bentuk mata  1. Mata normal (Emetropi)    * Dalam keadaan istirahat tidak berakomodasi maka bayangan jatuh tepat pada retina.    * Titik dekat 25 cm.    * Titik jauh tak terhingga 2. Mata Rabun Jauh (Myopi)    * Mata tidak mampu melihat benda-benda jauh.    * Titik jauh mata lebih dekat daripada tak terhingga.    * Bayangan jatuh di depan retina, disebabkan karena :    * Lensa mata terlalu cembung.    * Lensa mata tidak dapat berakomodasi maksimum.    * As mata (sumbu mata) terlalu panjang.   Supaya dapat melihat seperti orang normal maka orang itu perlu bantuan kacamata lensa negatif (supaya sinar-sinar lebih divergen).  Jika titik jauh mata penderita rabun jauh adalah PR, maka kekuatan lensa cekung yang diperlukan untuk mengatasi cacat ini adalah:    (5-1)  Dengan P dalam dioptri dan PR dalam sentimeter.   1. Mata Rabun Dekat (Hypermetropi)  * Mata tidak mampu melihat benda-benda dekat. * Titik dekat lebih jauh dari 25 cm. * Titik jauh dianggap tetap tak terhingga. * Bayangan jatuh di belakang retina, disebabkan karena :   + Lensa mata terlalu tipis.   + Lensa mata tidak berakomodasi maksimum.   + As mata terlalu pendek.   Supaya dapat melihat seperti orang normal, maka orang ini perlu bantuan kacamata lensa positif (supaya sinar-sinar lebih divergen).Jika titik dekat mata penderita rabun dekat adalah PP, maka kekuatan lensa cembung yang diperlukan untuk mengatasi cacat mata ini adalah:    (5-2)  Apabila diinginkan benda dapat terlihat jelasa pada jarak normal ( titik dekat mata normal) yaitu 25 cm, maka :        Jika P dinyatakan dalam dioptri dan PP dalam sentimeter, maka :    (5-3)  4. Presbiopi  Adalah kelainan mata pada orang tua, hal ini disebabkan : daya akomodasi berkurang.Dapat ditolong dengan dengan kacamata lensa rangkap.  **Contoh soal :**  Seorang wanita mampu melihat benda-benda di depannya dengan jelas jika jaraknya tak lebih dari 75 cm. berapakah kekuatan lensa kacamata yang diperlukan agar bisa melihat benda jauh dengan jelas?  **Penyelesaian :**  Dari soal diketahui bahwa wanita tersebut menderita rabun jauh, dengan PR = 75 c. sesuai persamaan 5.1    Tanda minus menunjukkan bahwa lensa yang digunakan adalah lensa cembung.  **Contoh soal :**  Seorang penderita rabun dekat memiliki titik dekat 75 m. berapakah kekuatan lensa kacamata yang harus digunakan agar ia dapat melihat benda dengan jelas pada jarak:   * + - 1. 25 cm       2. 30 cm   **Penyelesaian :**   1. Berdasarkan persamaan 5.3      1. Berdasarkan persamaan 5.2     = |

1. **Lup dan Mikroskop**
2. **Lup**

Lup merupakan sebuah lensa cembung yang berfungsi memperbesar bayangan benda-benda kecil yang diamati.

Untuk mengukur perbesaran bayangan yang dihasilkan lup terdapat dua besaran yang bisa dipakai yaitu perbesaran linier dan perbesaran sudut. Perbesaran linier M didefinisikan sebagai jarak bayangan dibagi dengan jarak benda.

(5-4)

Sedangkan perbesaran sudut atau perbesaran anguler *Ma* yaitu perbandingan antara sudut penglihatan mata ketika menggunakan lup dan sudut penglihatan mata ketika tidak menggunakan lup. *Ma* maksimum terjadi jika PP= -25 cm maka perbesaran sudut maksimum ( mata berakomodasi maksimum) dapat dinyatakan sebagai berikut :

(5-5)

Jika bayangan berada di titik tak berhingga ( mata tidak berakomodasi ) dapat dinyatakan sebagai berikut :

(5-6)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 1. **Mikroskop**   Mikroskop adalah alat optik yang terdiri dari dua buah lensa yaitu : lensa positif (obyektif) yang diletakkan dekat dengan lensa positif (okuler) yang dipisahkan dengan jarak tertentu (d). Jarak antara lensa objektif dan okuler yang disebut panjang mikroskop *d* adalah:  + (5-7)  Untuk mata berakomodasi maksimum  (5-8)  Untuk mata tak berakomodasi  (5-9)  Akhirnya diperoleh untuk mata berakomodasi maksimum  (5-10)  untuk mata tak berakomodasi  (5-11)   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | dalam sentimeter.  **Contoh soal :**  Sebuah lensa cembung dengan jarak fokus 12 cm digunakan untuk mengamati sebuah benda. Berapakah perbesaran maksimumnya? Berapakah perbesarannya ketika bagian dalam jam tangan mengamati benda dalam keadaan rilaks?  P  **Penyelesaian :**   1. Perbesaran maksimum terjadi bila bayangan dibentuk dititik dekat mata, yaitu 25 cm. Dari persamaan 5.8 diperoleh : 2. Mata melihat benda dalam keadaan normal ketika bayangan terbentuk di tak berhingga. Dari persamaan 5.9 diperoleh : 3. **Teropong atau Teleskop**   Teropong atau teleskop adalah alat optik yang digunakan untuk mengamati benda-benda yang sangat jauh. Pada dasarnya ada dua jenis teropong yaitu *teropong bias* ( menggunakan lensa) dan *teropong pantul* (menggunakan cermin).   1. Teropong bias   Prinsip kerja teropong bias hampir sama dengan mikrosop.pada saat mata tidak berakomodasi bayangan oleh lensa okuler adalah pada titik tak berhingga, yang berarti bahwa bayangan oleh lensa objektif berada pada titik fokus lensa okuler. Dengan demikian, jarak antara kedua lensa adalah :  (5-12)  Perbesaran teropong untuk mata tak berakomodasi  (5-13)  Perbesaran teropong untuk mata berakomodasi maksimum  (5-14)   1. Teropong pantul   Teropong pantul menggunakan cermin cekung sebagai perangkat untuk pembentukan bayangan.kelebihan penggunaan cermin untuk pembentukan bayangan pada teropong pantul dibandingkan dengan penggunaan lensa pada teropong bias adalah bahwa cermin lebih mudah dibuat, lebih murah dan tidak mengalami abrasi kromatik (penguraian warna).  **SOAL LATIHAN**   1. Pernyataan yang benar tentang cacat mata di bawah ini adalah….    1. rabun jauh, bayangan benda yang jauh terbentuk di depan retina    2. rabun dekat, bayangan benda yang jauh terbentuk di belakang retina    3. rabun jauh, bayangan benda yang jauh terbentuk di belakang retina    4. rabun dekat, bayangan benda yang dekat terbentuk di depan retina    5. rabun dekat, bayangan benda jauh terbentuk di depan mata 2. Seseorang yang mempunyai titik dekat 50 cm ingin melihat dengan jelas benda yang berjarak 25 cm dari mata. Orang tersebut harus memakai kacamata dengan jenis lensa dan fokus….   A. positif,f = 50 cm D. negatif,f = 40 cm  B. negatif,f = 50 cm E. positif,f = 25 cm  C. positif,f = 40 cm   1. Seorang kakek mengalami rabun dekat, hanya dapat melihat benda pada jarak 2 m, maka jarak fokus dan lensa kacamata yang sesuai adalah….    1. 3/7 m dan lensa positif D. 2/7 m dan lensa negatif    2. 3/7 m dan lensa negatif E. 1/7 m dan lensa negatif    3. 2/7 m dan lensa positif 2. Seorang penderita presbiopi dengan titik dekat 75 cm. agar dapat membaca pada jarak baca normal (25 cm), orang itu harus memakai kacamata dengan ukuran….   A. 2/3 dioptri D. 3 dioptri  B. 1 dioptri E. 3 ½ dioptri  C. 2 2/3 dioptri   1. Seorang penderita presbiopi memiliki titik dekat 50 cm, hendak membaca pada jarak baca normal maka ia memerlukan kacamata berkekuatan….   A. -2 dioptri D. +2 dioptri  B. -1/2 dioptri E. +4 dioptri  C. +1/2 dioptri   1. Sebuah lensa berjarak fokus 5 cm digunakan sebagai lup. Jika mata normal menggunakan lup tersebut dengan berakomodasi maksimum, berapa perbesaran anguler lup? 2. Lensa pembesar dengan daya lensa 1,25 dioptri , berapa jarak titik lensa tersebut? 3. Sebuah lup mempunyai jarak fokus 10 cm. bila digunakan oleh orang bermata normal ( Sn = 25 cm ), hitunglah perbesaran untuk mata berakomodasi maksimum! 4. Sebuah mikroskop sederhana terdiri dari lensa objektif dengan jarak fokus 0,8 dan lensa okuler dengan jarak fokus 2,5 cm. bayangan nyata dari objek berada 16 cm dari lensa objektif. Bila mata normal berakomodasi pada jarak 25 cm. Berapa perbesaran sudut mikroskop? 5. Sebuah teropong dipakai untuk melihat bintang yang menghasilkan perbesaran anguler 6 kali. Jarak lensa objektif terhadap lensa okuler 35 cm. teropong dignakan dengan mata tidak berakomodasi. Berapa jarak fokus okulernya ?   **BAB 6**  **SUHU DAN KALOR**   |  | | --- | | **Standar Kompetensi :**  4. Menerapkan konsep kalor dan prinsip konservasi energi pada berbagai perubahan energi | | **Kompetensi Dasar :**  4.1 Menganalisis pengaruh kalor terhadap suatu zat  4.2 Menganalisis cara perpindahan kalor  4.3 Menerapkan asas Black dalam pemecahan masalah |  1. **Suhu dan Termometer**   Suhu didefinisikan sebagai ukuran atau derajat panas dinginnya suatu benda atau sistem.pada hakikatnya suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata yang dimiliki molekul-molekul suatu benda. Pada saat kita memanaskan benda atau mendinginkan benda sampai pada suhu tertentu, beberapa sifat fisik benda tersebut berubah. Sifat-sifat benda yang bisa berubah akibat adanya perubahan suhu disebut sifat termometrik.contoh sifat termometrik benda antara lain panjang benda, volume zat cair, hambatan listrik suatu kawat, tekanan dan volume gas. Dengan demikian, perubahan suatu sifat *termometrik* zat menunjukkan adanya perubahan suhu suatu benda. Berdasarkan sifat termometrik zat inilah kita dapat membuat alat untuk mengukur suhu suatu benda yang disebut *termometer.*  Pembuatan skala termometer memerlukan dua titik acuan. Titik acuan pertama disebut titik tetap abwah pada umumnya dipilih titik beku air yaitu suhu campuran es dan air pada tekanan normal.titik acuan kedua disebut titik tetap atas dipilih titik didih, yaitu ketika air mendidih pada tekanan normal.  Secara umum ada 3 jenis termometer, yaitu :   1. Termometer celcius, mempunyai titik beku air 00 dan titik didih air 1000 2. Termometer reamur, mempunyai titik beku air 00 dan titik didih air 800 3. Termometer Fahrenheit, mempunyai titik beku air 320 dan titik didih air 2120  Dengan demikian dari ketiganya dapat digambarkan skala untuk air sbb : Titik didih 100 80 212 373  C R F K  Titik beku 0 0 32 2273  **Gambar 6.1** Perbandingan skala termeter Cescius, Reamur, Fahrenheit dan Kelvin  Kita dapat melakukan konversi skala dari satu termometer ke termometer yang lain. Dengan menggunakan persamaan:  (6-1)  Dengan demikian diperoleh hubungan antara skala termometer cElcius, fahrenheit dan Reamur sebagai berikut :  (6-2)  (6-3)  (6-4)  Selain 3 jenis termometer di atas, derajat panas sering dinyatakan dengan derajat mutlak atau derajat KELVIN ( 0K )  (6-5)  ***Macam – macam termometer.***   1. **Termometer alkohol.**   Karena air raksa membeku pada – 400 C dan mendidih pada 3600, maka termometer air raksa hanya dapat dipakai untuk mengukur suhu-suhu diantara interval tersebut. Untuk suhu-suhu yang lebih rendah dapat dipakai alkohol (Titik beku – 1300 C) dan pentana (Titik beku – 2000 C) sebagai zat cairnya.   1. **Termoelemen.**   Alat ini bekerja atas dasar timbulnya gaya gerak listrik (g.g.l) dari dua buah sambungan logam bila sambungan tersebut berubah suhunya.   1. **Pirometer Optik.**   Alat ini dapat dipakai untuk mengukur temperatur yang sangat tinggi.   1. **Termometer maksimum-minimum Six Bellani.**   Adalah termometer yang dipakai untuk menentukan suhu yang tertinggi atau terendah dalam suatu waktu tertentu.   1. **Termostat.**   Alat ini dipakai untuk mendapatkan suhu yang tetap dalam suatu ruangan.   1. **Termometer diferensial.**   Dipakai untuk menentukan selisih suhu antara dua tempat yang berdekatan.  **Contoh soal:**  Pada suhu berapakah skala Celcius dan Fahrenheit menunjukkan hasil pengukuran yang sama?  **Penyelesaian :**  Hubungan antara C dan F adalah :    Karena skala C sama dengan skala F, maka  Jadi, suatu benda yang suhunya -40 apabila diukur dengan termometer skala Fahrenheit menunjukkan angka -40  **Contoh soal :**  Suhu tubuh seseorang yang sedang sakit panas mencapai 40 tentukan suhu orang tersebut jika diukur dalam skala Fahrenheit?  **Penyelesaian :**  Hubungan antara C dan F adalah :  **Contoh soal :**  Pada suatu termometer A, titik beku air adalah 40ºA dan titik didih air adalah 240ºA. bila suatu bend adiukur dengan termometer Celsius bersuhu 50ºC, maka berapakah suhu ini jika diukur dengan termometer A?  **Penyelesaian:**  Hubungan dengan skala termometer A dan Celcius.  A - 40 = 2C  A = 2C +40  = 2(50)+40 = 140ºA   1. **Pemuaian** 2. **Pemuaian zat padat**    * + - 1. **Pemuaian panjang**   Bila suatu batang pada suatu suhu tertentu panjangnya Lo, jika suhunya dinaikkan sebesar Δt, maka batang tersebut akan bertambah panjang sebesar ΔL yang dapat dirumuskan sebagai berikut :  .Δt (6-6)  α = Koefisien muai panjang = koefisien muai linier  Didefinisikan sebagai : Bilangan yang menunjukkan berapa cm atau meter bertambahnya panjang tiap 1 cm atau 1 m suatu batang jika suhunya dinaikkan C. Jadi besarnya koefisien muai panjang suatu zat berbeda-beda, tergantung jenis zatnya. Jika suatu benda panjang mula-mula pada suhu t0 0C adalah Lo.  Koefisien muai panjang = α, kemudian dipanaskan sehingga suhunya menjadi t1 0C maka :  ΔL = Lo . α . (T1 – T0)  Panjang batang pada suhu t1 0C adalah :  Lt = Lo + ΔL  = Lo + Lo . α . (T1 – T0)  L = Lo (1 + α ΔT) (6-7)  Keterangan:  L = panjang akhir (m)  Lo = panjang mula-mula (m)  α = koefesien muai panjang (/ atau /K)  ΔT= perubahan suhu ( atau K)   * + - * 1. **Pemuaian Luas**   Bila suatu lempengan logam (luas Ao) pada t00, dipanaskan sampai t10, luasnya akan menjadi A, dan pertambahan luas tersebut adalah :  (6-8)  Keterangan:  A = luas akhir(m2)  Ao = luas mula-mula (m2)  β = koefesien muai luas (/ atau /K)  ΔT= perubahan suhu ( atau K)  β adalah Koefisien muai luas (β = 2 α)  Bilangan yang menunjukkan berapa cm2 atau m2 bertambahnya luas tiap 1 cm2 atau m2 suatu benda jika suhunya dinaikkan 1 0C.   * + - * 1. **Pemuaian volume**   Bila suatu benda berdimensi tiga (mempunyai volume) mula-mula volumenya Vo pada suhu to, dipanaskan sampai t1 0, volumenya akan menjadi Vt, dan pertambahan volumenya adalah :  (6-9)  Keterangan:  V = volume akhir(m3)  Vo = Volume mula-mula (m3)  γ = koefesien muai volume (/ atau /K)  ΔT= perubahan suhu ( atau K)  γ adalah Koefisien muai volume (γ = 3 α)  Namun tidak semua benda menurut hukum pemuaian ini, misalnya air. Didalam interval 00- 40 C air akan berkurang volumenya bila dipanaskan, tetapi setelah mencapai 40 C volume air akan bertambah (Seperti pada benda-benda lainnya). Hal tersebut diatas disebut ANOMALI AIR.  Jadi pada 40 C air mempunyai volume terkecil, dan karena massa benda selalu tetap jika dipanaskan maka pada 40 C tersebut air mempunyai massa jenis terbesar.  **Contoh soal :**  Jika sebuah botol mampu menampung 50.000 cm3 pada suhu 15C, berapakah kapasitasnya pada suhu 25C untuk koefesien muai panjang bahan botol 8,3x10-6/˚C?  **Penyelesaian :**  Besaran yang diketahui :  Vo= 50.000 cm3  T1= 15C  T2 = 25 C  ΔT = T2 – T1 = 25-15= 10 C  Kapasitas botol setelah pemuaian adalah :  =  = 50.000 [1 + (24,9 x 10-6)(10)]  = (50.000)(1,000249) = 50,012 cm3   1. **Pemuaian zat cair**   Pada umumnya zat cair akan memuai ketika dipanaskan. Akan tetapi, tidak demikian halnya air ketika diipanaskan dari suhu 0 hingga 4 , karena dalam keadaan ini air justru menyusut. Pada saat kita memanaskan es pada suhu -7 maka es akan memuai sama dengan zat padat lainnya sampai es mencapai suhu 0.  **Contoh soal :**  P(N/m2)  Sebuah perahu mainan yang pemuaiannya dapat diabaikan memiliki massa jenis 980 kg/m3. Balok ini diletakkan pada permukaan air bersuhu 20 dan ternyata terapung. Tentukan suhu minimum air harus dipanaskan agar balok tersebut tenggelam, jika massa jenis air 1000 kg/m3 dan koefesien muai volume air sama dengan 3 x 10-4 /.  **Penyelesaian:**  Besaran yang diketahui:    = 20  Karena balok dianggap tida memuai maka:  Agar balok tenggelam dalam air, maka minimum nilai  Akibat pemuaian, massa jenis berubah menjadi :  Sehingga,  Karena , maka       1. **Pemuaian Gas**    * + - 1. **Hukum Boyle**   Hukum Boyle merupakan hukum yang menghubungkan volume dengan tekanan gas pada suhu yang konstan, dimana volume gas dapat berubah karena adanya perubahan tekanan walaupun suhunya konstan.  Dapat ditulis sebagai:  PV = konstan (6-10)  P  V  **Gambar 6.2** Grafik antara tekanan dan volume gas pada suhu konstan  Untuk gas yang berada dalam dua keadaan kesetimbangan berbeda pada suhu yang sama, maka persamaan (6.10) dapat dinyatakan sebagai  (6-11)  Persamaan (6-11) selanjutnya disebut *hukum Boyle,*  sebagai penghargaan atas jasa fisikawan dan kimiawan Inggris bernama Robert Boyle (1627-1691) yang pertama kali menyatakan bahwa  *tekanan suatu gas pada suhu konstan berbanding terbalik dengan volumenya, atau hasil kali antara tekanan dan volume gas pada suhu konstan adalah konstan.*  Hukum Gay-Lussac  Apabila kita ukur tekanan pada setiap perubahan suhu gas dan kita plot grafik antara tekanan dan suhu gas, maka akan diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada gambar 6.3 yang menyatakan P  P  T  **Gambar 6.3** Grafik antara tekanan dan suhu gas pada volume konstan  Atau dapat ditulis  (6-12)  Untuk gas yang berada dalam dua keadaan kesetimbangan berbeda pada volume yang sama, maka persamaan (6-12) dapat dinyatakan sebagai  (6-13)  Persamaan 6-13 selanjutnya hukum Gay Lussac, sebagai penghargaan atas jasa kimiawan bernama Joseph Gay Lussac (1778-1850) yang pertama kali menyatakan *bahwa tekanan mutlak suatu gas pada volume konstan berbanding lurus dengan suhu mutak gas tersebut.*  Hukum Charles  Apabila kita ukur volume gas pada setiap kenaikan suhu gas dan kita membuat plot grfaik antara vlume dan suhu gas, maka akan diperoleh hasil seperti ditunjukkan seperti gambar 6.4  V  T  **Gambar 6.4** Grafik antara volume dan suhu gas pada tekanan konstan  V  Atau dapat ditulis sebagai  (6-14)  Untuk gas yang berada dalam dua keaadan kesetimbangan berbeda pada tekanan yang sama, maka Persamaan (6-14) dapat ditanyakan sebagai  (6-15)  Persamaan 6-14 selanjutnya disebut hukum Charles, sebagai penghargaan atas jasa fisikawan Perancis bernama J.Charles (1746-1823) yang pertama kali menyatakan bahwa volume gas pada tekanan berbanding lurus dengan suhu mutlak gas tersebut.  Persamaan gas ideal  Ketiga hukum gas, yaitu :  *Hukum Boyle* :  *Hukum Gay Lussac* :  *Hukum Charles*  Dapat dikombinasikan dalam satu persamaan menjadi  (6-16)  Persamaan 6-16 selanjutnya *persamaan gas ideal*.  **Contoh soal :**  Suatu gas suhunya 50. Tentukan suhu gas tersebut agar volume gas menjadi dua kali lipat jika tekanan dijaga konstan.  **Penyelesaian:**  Besaran yang diketahui:  T= 50 + 273      Suhu gas pada tekanan konstan dapat dihitung dengan rumus    = 646 K    **Contoh soal :**  Seorang penyelam sedang bekerja di dalam laut yang massa jenisnya 1025kg/m3 pada saat tekanan atmosfernya 100450 N/m2. Sebuah gelembung udara yang keluar dari tabung selamnya memiliki volum 3 kali lebih besar ketika mencapai permukaan air. Tentukan kedalaman penyelam tersebut.  **Penyelesaian:**  Besaran yang diketahui            Tekanan total pada kedalaman h dihitung dengan rumus    = 301350 N/m2  Tekanan hidrostatik pada kedalaman h:  = 301350 -100450 = 200900 N/m2  Kedalaman h dihitung dengan rumus  maka =20 m   1. **Kalor**   Kalor Kalor dikenal sebagai bentuk energi yaitu energi panas dengan notasi Q. Satuan kalor adalah kalori (kal) atau kilo kalori (k kal)  1 kalori/kilo kalori adalah : jumlah kalor yang diterima/dilepaskan oleh 1 gram/1 kg air untuk menaikkan/menurunkan suhunya 10 C.   1. **Kesetaraan antara satuan kalor dan satuan energi.**   Kesetaraan satuan kalor dan energi mekanik ini ditentukan oleh **PERCOBAAN JOULE.**  atau  1 joule = 0,24 kal  1 kalori = 4,2 joule    Harga perbandingan di atas disebut **TARA KALOR MEKANIK**.   1. **Kapasitas kalor atau Harga air / Nilai air (H)**   Kapasitas kalor suatu zat ialah banyaknya kalor yang diserap/dilepaskan untuk menaikkan/menurunkan suhu 10 C. Jika kapasitas kalor/Nilai air = H maka untuk menaikkan/menurunkan suhu suatu zat sebesar t diperlukan kalor sebesar :  (6-17)  Q = H . t  Keterangan :  Q dalam satuan k kal atau kal  H dalam satuan k kal / 0C atau kal / 0C  t dalam satuan 0C   1. **Kalor Jenis (c)**   Kalor jenis suatu zat ialah : banyaknya kalor yang diterima/dilepas untuk menaikkan/menurunkan suhu 1 satuan massa zat sebesar 10 C. Jika kalor jenis suatu zat = c, maka untuk menaikkan/menurunkan suatu zat bermassa m, sebesar t 0C, kalor yang diperlukan/dilepaskan sebesar :  (6-18)  Q = m . c . t  Keterangan:  Q dalam satuan k kal atau kal  m dalam satuan kg atau g  c dalam satuan k kal/kg 0C atau kal/g 0C  t dalam satuan 0C  Dari persamaan di atas dapat ditarik suatu hubungan :  H . t = m . c . t  (6-19)  H = m . c   1. **Kalor Laten (L)**   Kalor laten suatu zat ialah kalor yang dibutuhkan untuk merubah satu satuan massa zat dari suatu tingkat wujud ke tingkat wujud yang lain pada suhu dan tekanan yang tetap. Jika kalor laten = L, maka untuk merubah suatu zat bermassa m seluruhnya ke tingkat wujud yang lain diperlukan kalor sebesar :  Q = m . L  (6-20)  Keterangan:  Q dalam kalori atau k kal  m dalam gram atau kg  L dalam kal/g atau k kal/kg   * Kalor lebur ialah kalor laten pada perubahan tingkat wujud padat menjadi cair pada titik leburnya. * Kalor beku ialah kalor laten pada perubahan tingkat wujud cair menjadi padat pada titik bekunya. * Kalor didih (kalor uap) ialah kalor laten pada perubahan tingkat wujud cair menjadi tingkat wujud uap pada titik didihnya.   **Perubahan wujud**  Semua zat yang ada di bumi ini terdiri dari 3 tingkat wujud yaitu :   * tingkat wujud padat * tingkat wujud cair * tingkat wujud gas   Dibawah ini akan digambarkan dan diuraikan perubahan wujud air (H2O) dari fase padat, cair dan gas yang pada prinsipnya proses ini juga dijumpai pada lain-lain zat.  **Gambar perubahan wujud air.**    **Gambar 6.5** Fase-fase perubahan wujud air   1. Di bawah suhu 00 C air berbentuk es (padat) dan dengan pemberian kalor suhunya akan naik sampai 00 C. (a-b) Panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu es pada fase ini adalah :   Q = m x ces x t  (6-21)   1. Tepat pada suhu 00 C, es mulai ada yang mencair dan dengan pemberian kalor suhunya tidak akan berubah (b-c). Proses pada b-c disebut proses MELEBUR (perubahan fase dari padat menjadi cair).   Panas yang diperlukan untuk proses ini adalah :  Q = m . L  (6-22)  L = Kalor lebur es.   1. Setelah semua es menjadi cair, dengan penambahan kalor suhu air akan naik lagi (c-d)   Proses untuk merubah suhu pada fase ini membutuhkan panas sebesar :  (6-23)  Q = m . cair . t  Pada proses c-d waktu yang diperlukan lebih lama daripada proses a-b, karena kalor jenis air (cair) lebih besar daripada kalor jenis es (ces).   1. Setelah suhu air mencapai 1000 C, sebagian air akan berubah menjadi uap air dan dengan pemberian kalor suhunya tidak berubah (d-e). Proses d-e adalah proses MENDIDIH (Perubahan fase cair ke uap).   Panas yang dibutuhkan untuk proses tersebut adalah :  (6-24)  Q = m . Kd  Kd = Kalor didih air.  Suhu 1000 C disebut TITIK DIDIH AIR.   1. Setelah semua air menjadi uap air, suhu uap air dapat ditingkatkan lagi dengan pemberian panas (e-f) dan besarnya yang dibutuhkan :   (6-25)  Q = m . cgas . t  Proses dari a s/d f sebenarnya dapat dibalik dari f ke a, hanya saja pada proses dari f ke a benda harus mengeluarkan panasnya.   * Proses e-d disebut proses MENGEMBUN (Perubahan fase uap ke cair) * Proses c-b disebut MEMBEKU (Perubahan fase dari cair ke padat).   Besarnya kalor lebur = kalor beku  Pada keadaan tertentu (suhu dan tekanan yang cocok) sesuatu zat dapat langsung berubah fase dari padat ke gas tanpa melewati fase cair. Proses ini disebut sebagai SUBLIMASI. Contoh pada kapur barus, es kering, dll. Pada proses perubahan fase-fase di atas dapat disimpulkan bahwa selama proses, suhu zat tidak berubah karena panas yang diterima/dilepas selama proses berlangsung dipergunakan seluruhnya untuk merubah wujudnya.   1. **Hukum Kekekalan Energi Panas (Kalor)**   Jika 2 macam zat pada tekanan yang sama, suhunya berbeda jika dicampur maka : zat yang bersuhu tinggi akan melepaskan kalor, sedangkan zat yang bersuhu lebih rendah akan menyerap kalor.  Jadi berlaku : Kalor yang diserap = kalor yang dilepaskan  (6-26)  Pernyataan di atas disebut “**Asas Black**” yang biasanya digunakan dalam kalorimeter, yaitu alat pengukur kalor jenis zat.  **Contoh soal :**  Berapakah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu sebuah kawat tembaga yang bermassa 2 kg, dari 20 oC sampai 80 oC ?  **Penyelesaian :**    **Contoh soal**  Berapakah tambahan kalor yang diperlukan untuk mengubah 5 kg es batu menjadi air?  Penyelesaian:  Q = mLF —- LF air = 79,5 kkal/kg (lihat tabel)  Q = (5 kg) (79,5 kkal/kg)  Q = 397,5 kkal = 397,5 Kalori (huruf K besar) = 397,5 x 103 kalori (huruf k kecil)  1 kkal = 1000 kalori = 4.186 Joule  397,5 kkal = 397,5 x 4.186 Joule = 1.663.935 Joule = 1,66 kJ (kilo Joule)  Untuk mengubah 5 kg es batu menjadi air, diperlukan tambahan kalor sebesar 397 kkal atau tambahan energi sebesar 1,66 Joule  **Contoh soal :**  sepotong es batu bermassa 0,2 kg, es batu tersebut dicampur dengan teh hangat. Massa teh hangat = 0,2 kg. suhu es batu = -10 oC, sedangkan suhu teh hangat = 40 oC. Setelah beberapa saat, es batu dan air hangat pun berubah menjadi es the. berapakah suhu es teh ? anggap saja es batu dan teh hangat dicampur dalam sistem tertutup.  **Penyelesaian :**  Massa es batu = 0,2 kg  Massa teh hangat = 0,2 kg  Kalor jenis (c) air = 4180 J/kg Co  Kalor jenis (c) es = 2100 J/kg Co  Kalor Lebur (LF) air = 334 x 103 J/Kg  Suhu es batu (Tes batu) = -10 oC  Suhu teh hangat (T teh hangat) = 40 oC  Suhu campuran = ?  **Langkah pertama : Perkirakan keadaan akhir**  Kalor yang harus dilepaskan oleh air untuk menurunkan suhu 0,2 kg teh hangat, dari 40 oC sampai 0 oC  Q lepas = (massa teh hangat)(kalor jenis air)(T awal – T titik lebur air)  Q lepas = (0,2 kg) (4180 J/Kg Co) (40 oC – 0 oC)  Q lepas = (0,2 kg) (4180 J/Kg Co) (40 oC)  Q lepas = 33.440 Joule = 33,44 kJ  Kalor yang diterima oleh 0,2 kg es batu untuk menaikan suhunya dari -10 oC sampai 0 oC  Q terima = (massa es batu)(kalor jenis es)( T titik lebur air – T awal)  Q terima = (0,2 kg) (2100 J/Kg Co) (0 oC – (-10 oC))  Q terima = (0,2 kg) (2100 J/Kg Co) (10 oC)  Q terima = 4200 Joule = 4,2 kJ  Kalor yang diperlukan untuk meleburkan 0,2 kg es batu (Kalor yang diperlukan untuk mengubah semua es batu menjadi air)  Q lebur = mLF  Q lebur = (0,2 kg) (334 x 103 J/Kg)  Q lebur = 66,8 x 103 Joule = 66,8 kJ  Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh hasil sebagai berikut :  Q lepas = 33,44 kJ  Q terima = 4,2 kJ  Q lebur = 66,8 kJ  Ketika teh hangat melepaskan kalor sebanyak 33,44 kJ, suhu teh hangat berubah dari 40 oC menjadi 0 oC. Sebagian kalor yang dilepaskan (sekitar 4,2 kJ) dipakai untuk menaikkan suhu es batu dari -10 oC sampai 0 oC. hitung2an dulu ya… 33,44 kJ – 4,2 kJ = 29,24 kJ. Kalor yang tersisa = 29,24 kJ.  Sehingga dengan demikian untuk meleburkan semua es batu menjadi air diperlukan kalor sebesar 66,8 kJ. Kalor yang tersisa hanya 29,24 kJ.  Kesimpulannya, kalor yang disumbangkan oleh teh hangat hanya digunakan untuk menaikan suhu es dari -10 oC sampai 0 oC dan meleburkan sebagian es batu. Sebagian es batu telah berubah menjadi air, sedangkan sebagiannya belum. Ingat ya, selama proses peleburan, suhu tidak berubah. Karenanya suhu akhir campuran es = 0 oC.   1. **Perpindahan Kalor** 2. **Rambatan Kalor.**   Panas dapat dipindahkan dengan 3 macam cara, antara lain :   1. Secara konduksi (Hantaran) 2. Secara konveksi (Aliran) 3. Secara Radiasi (Pancaran) 4. **Konduksi**   Pada peristiwa konduksi, atom-atom zat yang memindahkan panas tidak berpindah tempat tetapi hanya bergetar saja sehingga menumbuk atom-atom  disebelahnya, (Misalkan terdapat pada zat padat) Banyaknya panas per satuan waktu yang dihantarkan oleh sebuah batang yang panjangnya L, luas penampang A dan perbedaan suhu antara ujung-ujungnya t, adalah :  H = k . A .  (6-27)   |  |  | | --- | --- | |  | k adalah koefisien konduksi panas dari bahan dan besarnya tergantung dari macam bahan. Bila k makin besar, benda adalah konduktor panas yang baik.  Bila k makin kecil, benda adalah isolator panas. |  1. **Konveksi**   Pada peristiwa ini partikel-partikel zat yang memindahkan panas ikut bergerak. Kalor yang merambat per satuan waktu adalah :  H = h . A . t  (6-28)  Keterangan:  h = koefisien konveksi  misalkan pada zat cair dan gas.   1. **Radiasi**   Adalah pemindahan panas melalui radiasi energi gelombang elektromagnetik. Energi panas tersebut dipancarkan dengan kecepatan yang sama dengan gelombang-gelombang elektromagnetik lain di ruang hampa (3 x 108 m/det)  Banyaknya panas yang dipancarkan per satuan waktu menurut Stefan Boltzman adalah :  (6-29)  W = e . τ . T 4  Keterangan:   |  |  |  | | --- | --- | --- | | W | = | Intensitas radiasi yang dipancarkan per satuan luas, dinyatakan dalam : J/m2.det atau watt/m2 | | E | = | Emisivitas (Daya pancaran) permukaan | | τ | = | Konstanta umum = 5,672 x 10 –8 | | T | = | Suhu mutlak benda | |  |  |  |   Besarnya harga e tergantung pada macam permukaan benda 0 e 1   * Permukaan hitam sempurna (black body)   e = 1   * Sebagai pemancar panas ideal. * Sebagai penyerap panas yang baik. * Sebagai pemantul panas yang jelek.   e = 0   * Terdapat pada permukaan yang lebih halus. * Sebagai pemancar panas yang jelek. * Sebagai penyerap panas yang jelek. * Sebagai pemantul yang baik.   **SOAL-SOAL LATIHAN**   * 1. Isilah konversi suhu dibawah ini Pada temperatur berapakah :      1. 740F=…..C ; (b) 500C = …R; (c) 400 C = …K ; (d) 200 R= …0 F  1. Berapakah perubahan panjang kawat besi yang dipanaskan dari 00C sampai 400 jika pada 00C panjangnya 12,75 m ( besi = 12 x 10 –6 / 0C) 2. Berapa panjang kawat tembaga pada 800 C jika pada 200 C panjangnya 71,28 m ( tembaga = 17 x 10 –6 / 0C) 3. Pada 150 C panjang penggaris besi tepat 1 m sedang panjang penggaris tembaga 0,036 cm lebih panjang. Jika muai panjang besi dan tembaga masing-masing 1,2 x 10 –5 / 0C dan 1,92 x 10 –6 / 0C. Berapa selisih panjang pada 00 C. 4. Balok logam volumenya 429,725 cm3 pada 200 C dan bertambah 1,096 cm3 jika dipanaskan sampai 800 C. Berapa panjang kawat logam pada 1000 C, jika pada 00 C panjangnya 188,23 cm. 5. Balok logam panjang 2,5 m dan penampang 20 cm2, massanya 40,048 kg pada 00 C, massa jenis logam 8 g/cm3 pada 200 C. Berapa pertambahan panjang jika batang dipanaskan dari 00 C sampai 1000 C. 6. Bejana dari gelas penuh berisi air raksa sebanyak 124,7 cm3 pada 00 C. Berapa air raksa tumpah jika bejana beserta isinya dipanaskan sampai 43,80 C. Muai ruang dan muai panjang dari air raksa dan gelas masing-masing adalah 0,000181 / 0C dan 8 x 10 –6 / 0C. Massa jenis air raksa 13,6 g/cm3 pada ssat itu. 7. Silinder gelas pada 00 C berisi 100 gram air raksa sedang pada 200 C berisi penuh 99,7 gram air raksa. Jika koefisien muai ruang air raksa 18 x 10 –5 / 0C, berapa koefisien muai panjang gelas ? 8. 200 gram air dari 100 C dicampur dengan 100 gram air dari t0 C menghasilkan campuran dengan temperatur akhir 300 C, hitung t. 9. Dalam kalorimeter dengan kapasitas kalor 12 kal/ 0C terdapat 114 gram air dari 120 C. Ke dalam kalorimeter ditambahkan 50 gram air dari 990 C. Berapa temperatur akhir ? 10. Ke dalam kalorimeter dengan kapasitas kalor 12 kal/ 0C ditambahkan 114 gram air dari 120 C. Kemudian ditambahkan 50 gram logam dari 990 C dan ternyata temperatur akhir 150 C. Berapa kalor jenis logam ? 11. Dalam kalorimeter dengan kapasitas kalor 21 kal/g 0C terdapat 506 gram air dari 16,810 C. Ke dalam kalorimeter ditambahkan 83,6 gram logam dari 1000 C. Jika temperatur akhir 18,030 C, berapa kalor jenis logam ? 12. Dalam bejana tembaga massanya 150 gram terdapat 50 gram air dari 100 C. Ke dalam bejana ditambahkan 72,2 gram air dari 750 C dan 63,7 gram air dari 470 C. Berapa temperatur akhir jika selama proses terdapat kalor sebanyak 104 kal dianggap hilang ? kalor jenis tembaga 0,094 kal/g 0C. 13. Dalam bejana tembaga (massa 300 gram) terdapat 350 gram air dari 120 C. Ke dalam bejana ditambahkan 50 gram belerang dari 1400 C. Berapa temperatur akhir ? Data lain lihat soal no. 36 dan kalor jenis tembaga 0,094 kal/g 0C. 14. Panjang batang tembaga 50 cm dengan penampang 10 cm2. Temperatur kedua ujung berbeda 150 C. Berapa banyak kalor lewat batang tiap detiknya ? Koefisien konduksi termal tembaga 390 W/m . 0K | | |  | |

**BAB 7**

**LISTRIK DINAMIS**

|  |
| --- |
| **Standar Kompetensi :**  5. Menerapkan konsep kelistrikan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi |
| **Kompetensi Dasar :**   * 1. Memformulasikan besaran-besaran listrik rangkaian tertutup sederhana (satu loop)  Mengidentifikasi penerapan listrik AC dan DC dalam kehidupan sehari-hari 5.3 Menggunakan alat ukur listrik |

Dalam konduktor logam terdapat elektron-elektron yang bebas dan mudah untuk bergerak sedangkan pada konduktor elektrolit, muatan bebasnya berupa ion-ion positif dan negatif yang juga mudah bergerak.

Bila dalam konduktor ada medan listrik; maka muatan muatan tersebut bergerak dan gerakan dari muatan-muatan ini yang dinamakan arus listrik.

Arah arus listrik siperjanjikan searah dengan gerakan muatan-muatan positif.

Bila medan yang menyebabkan gerakan-gerakan muatan tersebut arahnya tetap; akan dihasilkan arus bolak-balik secara harmonik, hasilkan arus bolak-balik (AC- Alternating Current).

1. **Pengertian arus Listrik**

Kuat arus ( i ) di definisikan sebagai :

***Jumlah muatan yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu.***

Karena arah arus adalah searah dengan arah muatan positif, maka jumlah muatan yang lewat adalah jumlah muatan positif.

 (7-1)

Keterangan :

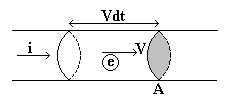
dq = jumlah muatan (Coulomb)

dt = selisih waktu (detik)

i = kuat arus

Satuan dari kuat arus adalah Coulomb/detik yang tidak lain adalah : Ampere.

Ditinjau dari dari suatu konduktor dengan luas penampang A dalam suatu interval dt; maka jumlah muatan yang lewat penampang tersebut adalah jumlah muatan yang terdapat dalam suatu silinder dengan luas penampang A, yang panjangnya V dt.



**Gambar 7.1** Arus listrik pada konduktor

Bila n adalah partikel persatuan volume dan e muatan tiap partikel.

dq = n.e.V.A.dt (7-2)

sehingga diperoleh besarnya :

 (7-3)

Rapat arus J didefinisikan sebagai kuat arus persatuan luas.

 (7-4)

**Contoh Soal :**

Arus listrik yang mengalir melalui sebuah lampu blitz adalah 0,15 A. Berapa banyak elektron yang mengalir melalui lampu tersebut tiap sekon ?

**Penyelesaian :**

Diketahui

*I* = 0,15 A

*t* = 1 s

Banyaknya muatan yang mengalir

*I* = = *Q* = *I* *t*

= 0,15 × 1

= 0,15 C

Banyaknya elektron yang mengalir

*n* ==  = elektron

**Contoh soal :**

berapakah besar arus listrik yang mengalir melului sebuah konduktor jika terdapat 240 C muatan yang melewatinya dalam selang waktu 1 menitnya?

**Penyelesaian:**

Diketahui :

*Q* = 240 C

*t* = 1 menit = 60 s

Ditanyakan : kuat arus listrik?

*I* = == 4 A

1. **Hambatan Listrik dan Hukum Ohm**

Hubungan antara tegangan, kuat arus dan hambatan dari suatu konduktor dapat diterangkan berdasarkan hukum OHM.

***Dalam suatu rantai aliran listrik, kuat arus berbanding lurus dengan beda potensial antara kedua ujung-ujungnya dan berbanding terbalik dengan besarnya hambatan kawat konduktor tersebut.***

Hambatan kawat konduktor biasanya dituliskan sebagai “R”.



 (7-5)

Keterangan :

I = kuat arus (Ampere)

VA - VB = beda potensial titik A dan titik B ( Volt)

R = hambatan ( Ohm)

Besarnya hambatan dari suatu konduktor dinyatakan dalam

R = *ρ* (7-6)

Keterangan :

|  |  |
| --- | --- |
| R = hambatan | satuan = ohm |
| L = panjang konduktor | satuan = meter |
| A = luas penampang | satuan = m2 |
| *ρ* = hambat jenis atau resistivitas | satuan = ohm meter |

Dari hubungan diatas dapat disimpulkan bahwa :

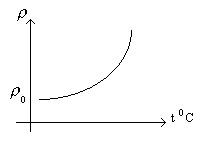
1. Hambatan berbanding lurus dengan panjang konduktor.
2. Hambatan berbanding terbalik dengan luas penampang konduktor.
3. Hambatan berbanding lurus dengan resistivitas atau hambat jenis dari konduktor tersebut.

Harga dari hambat jenis/resistivitas anatara nol sampai tak terhingga.

*ρ* = 0 disebut sebagai penghantar sempurna (konduktor ideal).

*ρ* = ~ disebut penghantar jelek (isolator ideal).

Hambatan suatu konduktor selain tergantung pada karakteristik dan geometrik benda juga tergantung pada temperatur. Sebenarnya lebih tepat dikatakan harga resistivitas suatu konduktor adalah tergantung pada temperatur.



**Gambar. 7.2** Grafik hambat jenis lawan temperatur untuk suatu konduktor

Grafik 7.2 memenuhi hubungan :

*ρ*(t) = *ρ*0 + at + bt 2 + …

*ρ*(t) = hambat jenis pada suhu t 0  C

*ρ*0 = hambat jenis pada suhu 0 0 C

a, b = konstanta.

Untuk suhu yang tidak terlampau tinggi, maka suhu t 2 dan pangkat yang lebih tinggi dapat diabaikan sehingga diperoleh :



 α = koef suhu hambat jenis

Karena hambatan berbanding lurus dengan hambat jenis, maka diperoleh :

R(t) = R0 ( 1 + α.t ) (7-7)

**Contoh Soal :**

Sebuah logam yang panjangnya 40 m memiliki luas penampang 0,0331 cm2. Berapakah hambatan logam ini jika hambatan jenisnya 1,7 x 10-8 ?

**Penyelesaian:**

= 40 m

*A* = 0,0331= 

= 

Hambatan logam

*R* = = 

= 0,205

**Contoh soal :**

Hitung hambatan sebuah kawat alumunium yang panjangnya 20 cm dan luas penampangnya 1,0 x 10-3m2. Hambatan jenis alumunium adalah 2,65 x 10-8

**Penyelesaian :**

= 20 cm

*A* = 

= 

Hambatan kawat

*R* = 

=  

= 

**Contoh soal:**

Sebuah kawat platina memiliki hambatan 0,50 pada suhu . Ketika ditempatkan di dalam air, hambatannya menjadi 0,60 . Berapakah suhu air jika koefesien suhu hambatan jenis untuk platina 3,93 x 10-3/?

**Penyelesaian:**

*R* = 0,50= 0

= 0,60

 = /

Dari persamaan

=

0,6 = 0,5 

= 1 + 

= 

= 

Suhu akhir

=

=+

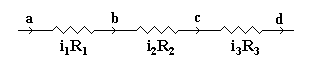
= + 0 = 

1. **Susunan Seri dan Paralel Komponen Listrik**

Beberapa tahanan dapat disusun secara :

* Seri
* Paralel
* Kombinasi seri dan paralel

1. Susunan Seri



**Gambar 7.3** Susunan seri resistor

Bila tahanan-tahanan : R1, R2, R3, ...

disusun secara seri, maka :

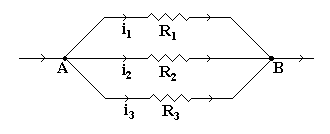
Kuat arus (I) yang lewat masing-masing tahanan sama besar :

⎯→ i = i1 = i2 = i3 = .... (7-8)

⎯→ VS = Vad = Vab + Vbc + Vcd + … (7-9)

⎯→ RS = R1 + R2 + R3 + ... (7-10)

1. Susunan Paralel



**Gambar 7.4** Susunan paralel resistor

Bila disusun secar paralel, maka :

⎯→ Beda potensial pada masing-masing ujung tahanan besar ( VA = VB ).

⎯→ i + i1 + i2 + i3 + …. (7-11)

⎯→  (7-12)

**Contoh soal :**

Hitung hambatan pengganti dari tiga buah resistor yang disusun seri berikut :



Berapakah V1,V2,V3,V4 dan I ?

**Penyelesaian :**

Hambatan pengganti dihitung dengan persamaan ( 7-10)

RS = R1 + R2 + R3 = 3 + 6 + 9 = 18

Arus I dihitung adri persamaan V=IRs dengan V = 24 V.

Jadi,

Beda potensial V1,V2,V3 adalah

V1=IR1=(1,33A)(3

V2=IR2=(1,33A)(6

V3=IR3=(1,33A)(9

Dari gambar tampak bahwa

Vt = V1 + V2+V3 = 4+8+12 = 24 V

Nilai V4 = 0 karena tidak ada hambatan di dalamnya ( kita mengabaikan hambatan kawat)

**Contoh soal :**



Hitung hambatan pengganti dari rangkaian berikut ini

**Penyelesaian :**

Kita hitung dulu rangkaian paralel resistor R1, R2,R3



=

Rp= 1

Gambar rangkaian bisa disederhanakan menjadi

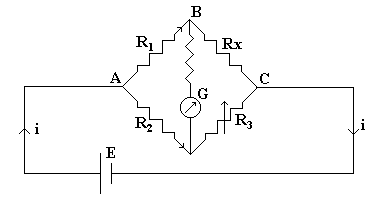


Karena Rp dan R4 tersusun seri, maka total hambatannya

Rt = Rp + R4 = 1

1. **Alat Ukur Kuat Arus dan Tegangan Listrik**
2. **Jembatan wheatstone**

Dipakai untuk mengukur besar tahanan suatu penghantar.



Jembatan wheatstone terdiri dari empat tahanan disusun segi empat dan Galvanometer.

* R1 dan R2 biasanya diketahui besarnya.
* R3 tahanan yang dapat diatur besarnya sehingga tidak ada arus yang mengalir lewat rangkaian B-C-G (Galvanometer).
* RX tahanan yang akan diukur besarnya.

Bila arus yang lewt G = 0, maka :

RX . R2 = R1 . **R3**

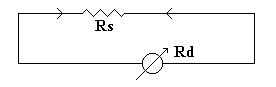
 (7-13)

1. **Amperemeter/galvanometer.**

Alat ini :

* Dipakai untuk mengukur kuat arus.
* Mempunyai hambatan yang sangat kecil.
* Dipasang seri dengan alat yang akan diukur.

Untuk mengukur kuat arus yang sangat besar (melebihi batas ukurnya) dipasang tahanan SHUNT paralel dengan Amperemeter (alat Amperemeter dengan tahanan Shunt disebut AMMETER)



Sebuah Amperemeter yang mempunyai batas ukur maksimum I Ampere dan tahanan dalam Rd Ohm, supaya dapat dipakai untuk mengukur arus yang kuat arusnya n x I Ampere harus dipasang Shunt sebesar :

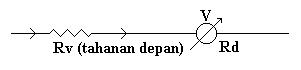
 Ohm (7-14)

1. **Voltmeter.**

Alat ini :

* Dipakai untuk mengukur beda potensial.
* Mempunyai tahanan dalam yang sangat besar.
* Dipasang paralel dengan alat (kawat) yang hendak diukur potensialnya.

Untuk mengukur beda potensial yang melebihi batas ukurnya, dipasang tahanan depan seri dengan Voltmeter.

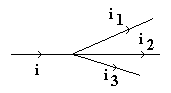


Untuk mengukur beda potensial n x batas ukur maksimumnya, harus dipasang tahanan depan (RV):

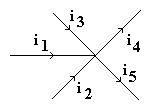
Rv = ( n - 1 ) Rd Ohm (7-15)

1. **Hukum Kirchhoff**
2. **Hukum Kirchhoff I ( Hukum titik cabang )**
3. Kuat arus dalam kawat yang tidak bercabang dimana-mana sama besaranya.
4. Pada kawat yang bercabang, jumlah dari kuat arus dalam masing-masing cabang dengan kuat arus induk dalam kawat yang tidak bercabang.

∑ i = 0 (7-16)



1. Jumlah arus yang menuju suatu titik cabang sama dengan jumlah arus yang meninggalkannya.



Bila P adalah cabangnya, maka :

I masuk = I keluar

i1 + i2 + i3 = i4 + i5

1. Hukum Kirchoff II ( Hukum rangkaian tertutup itu )

Jumlah aljabar gaya gerak listrik ( GGL ) dalam satu rangkaian tertutup ( LOOP ) sama dengan jumlah aljabar hasil kali I x R dalam rangkaian tertutup itu.

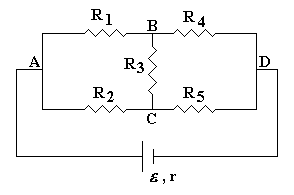
ε = i.R (7-17)

Untuk menuliskan persamaan diatas, perlu diperhatikan tanda dari pada GGL, yaitu sebagai berikut :

 : positif

 : negatif

Dimana : arah i adalah arah acuan dalam loop itu Sebagai contoh daripada pemakaian Hukum Kirchoff misalnya dari rangkaian listrik di bawah ini :

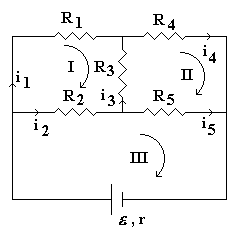


Misalkan hendak menghitung besarnya arus yang mengalir pada masing-masing tahanan.

cara \*

* Tentukan masing-masing arus yang mengalir pada R1, R2, R3, R4, R5 dan Rd adalah i1, i2, i3, i4, i5 dan I
* Arah referensi pada masing-masing I loop adalah : arah searah dengan jarum jam.

Hukum kirchoff II.



Pada lopp I : i1 R1 + I3 R3 - I2 R2 = 0.....................( 1 )

Pada loop II : i4 R4 - i3 R3 - i5 R5 = 0.....................( 2 )

Pada loop III ; i2 R2 + i5 R5 + i.rd = ε....................( 3 )

Hukum Kirchoff I .

Pada titik A : I = I1 + i2...........................................( 4 )

Pada titik D : I4 + I5 = i...........................................( 5 )

Pada titik C : I2 + I3 = i5......................................( 6 )

Dengan 6 buah persamaan di atas, dapat dihitung i1 ; i2 ; i3 ; i4 ; i5 dan i .

**Contoh soal :**

Perhatikan gambar disamping ini. Jika =dan R1= R2= R3= R4= R5= 2 Ω, tentukan kuat arus listrik yang melewati tiap-tiap cabang.



**Penyelesaian :**

Karena ada tiga cabang, maka ada tiga jenis arus listrik yang mengalir dan dimisalkan I1,I2  dan I3 berdasarkan nilai sumber tegangan pada tiap-tiap cabang, maka pada titik cabang c dimisalkan arah I1 keluar, I2 masuk, dan I3 keluar. Dengan demikian, pada titik cabang c berlaku hukum I kirchoff

I2= I1 + I3 ( i )





**Loop abcd:**

Berdasarkan nilai sumber tegangan, dimisalkan arah loop berlawanan dengan arah jarum jam sehingga berlaku hukum II kirchoff:

( ii )

**Loop cdfe:**

Berdasarkan nilai sumber tegangan, dimisalkan arah loop searah dengan arah jarum jam sehingga berlaku hukum II Kirchoff:

( iii )

Persamaan (i) dan (iii);

I2= I1 + I3 I3= I2 – I1

2I2+4 I 3 =3

2I2+4 (I2 – I1)= 3

-4I1+6 I2 = 3 (iv)

Persamaan (ii) dan (iv)

-4I1 + 6 I2 = 3

+

8I2 = 6 I2 = A

I1 = A

I1 dan I2 disubstitusikan ke persamaan (i):

I3= I2 – I1== A

1. **Gaya Gerak Listrik dan Tegangan Jepit**
2. **Gaya Gerak Listrik**

Dalam rangkaian arah listrik terdapat perubahan energi listrik menjadi energi listrik menjadi energi dalam bentuk lain, (misal : panas, mekanik, kimia ... dan lain lain).

Perubahan tersebut dapat merupakan :

* Perubahan yang tidak dapat balik (irreversible).

Misalkan : pada perubahan energi listrik menjadi energi kalor pada penghantar yang dilalui arus listrik.

* Perubahan yang dapat balik (reversible)

Misalkan : pada perubahan energi listrik menjadi energi mekanik/kimia pada elemen atau generator.

Alat yang dapat menyebabkan secara reversible (dapat balik) disebut sumber gaya gerak listrik (GGL) atau sumber arus.

* Gaya gerak listrik (GGL) adalah besarnya energi listrik yang berubah menjadi energi bukan listrik atau sebaliknya, jika satu satuan muatan melalui sumber itu, atau kerja yang dilakukan sumber arus persatuan muatan.

***ε*** =  ( Joule/Coulomb = Volt ) (7-18)

GGL bukan merupakan besaran vektor, tetapi GGL diberi arah dan di dalam sumber arus, arahnya dari kutub negatif ke kutub positif.



1. **Tegangan Jepit**

adalah beda potensial kutub-kutub sumber arus bila sumber itu dalam rangkaian tertutup. Jadi tegangan jepit sama dengan selisih potensial antara kedua ujung kawat penghubung yang dilekatkan pada kutub-kutub dengan jepitan.

Tegangan jepit VAB = Ir (7-19)

**Contoh soal :**

Sebuah baterai mempunyai ggl . pada saat kedua kutub baterai dihubungkan singkat, terjadi aliran arus listrik sebesar 3 A. tentukan (a) hambatan dalam baterai dan (b) tegangan jepit baterai pada saat baterai dihubungkan dengan hambatan luar 4 Ω

**Penyelesaian:**

1. Hubungan singkat berarti hambatan luar R sama dengan nol, sehingga kuat arus I hanya dibatasi oleh hambatan dalam r



1. Tegangan jepit baterai ketika ada hambatan luar dihitung dengan persmaan (7-8):



1. **Susunan seri sumber tegangan**





Untuk n buah sumber tegangan yang dihubungkan secara seri, maka sumber tegangan pengganti akan memiliki pengganti seri sebesar;

+ (7-20)

Dan hambatan dalam pengganti seri adalah :

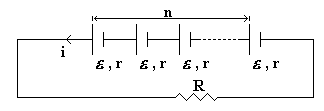
(7-21)

Untuk ggl dan hambatan yang mempunyai nilai sama maka sumber tegangan pengganti seri dan hambatan dalam pengagnti seri dapat dirumuskan sebagai berikut :

(7-22)

(7-23)

Dengan demikian, kuat arus yang mengalir ke beban resistor adalah bila beberapa elemen (n buah elemen) yang masing-masing mempunyai GGL ***ε*** Volt disusun secara seri, kuat arus yang timbul :



 (7-24)

**Contoh soal:**

Perhatikan rangkaian listrik pada gambar disamping. Masing-masing elemen mempunyai ggl 1,5 V dan hambatan dalam 0,25 Ω yang dihubungkan secara seri dan kemudian dirangkai dengan hambatan luar R1 = 2 Ω dan R2= 3Ω. Tentukan kuat arus listrik yag mengalir dalam rangkaian



**Penyelesaian:**

Kita hitung terlebih dahulu hambatan luar total:

R= R1 + R2 = 2 + 3 = 5 Ω

Kuat arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dihitung dengan persamaan (7-13)

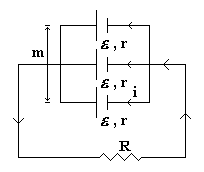


1. **Susunan paralel sumber tegangan**

Hambatan dalam pengganti untuk sumber tegangan yang disusun secara paralel memenuhi hubungan :

(7-25)

Sumber tegangan pengganti paralel



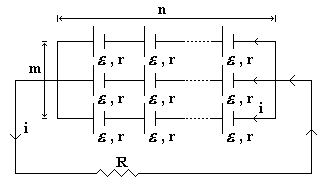
(7-26)

Kuat arus yang timbul :

(7-27)



Bila beberapa elemen (n buah elemen) yang masing-masing mempunyai GGL, Volt dan tahanan dalam r disusun secara seri, sedangkan berapa elemen (m buah elemen) yang terjadi karena hubungan seri tadi dihubungkan paralel lagi, maka kuat arus yang timbul :



 (7-28)

**Contoh soal :**

Perhatikan rangkaian listrik pada gambar di bawah ini. Masing-masing elemen yang mempunyai ggl 9V dan hambatan dalam 1Ω dihubungkan secara paralel dan kemudian dirangkai dengan hambatan luar R1 = 8 Ω dan R2 = 8 Ω. Tentukan kuat arus yang mengalir dalam rangkaian

**Penyelesaian :**

Kita hitung terlebih dahulu hambatan luar total :



R = 4 Ω

Kuat arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dihitung dengan persamaan



1. **Energi dan Daya Listrik**

Karena gerakan muatan-muatan bebas yang menumbuk partikel yang tetap dalam penghantar, maka terjadi perpindahan energi kinetik menjadi energi kalor, sehingga penghantar menjadi panas.

Hubungan antara gerakan muatan yang disebabkan oleh kuat medan dengan panas yang ditimbulkan, berdasarkan JOULE :

1. Tahanan kawat penghantar.
2. Pangkat dua kuat arus dalam kawat penghantar.
3. Waktu selama arus mengalir.



W = i 2 . r . t = V . i . t Joule (7-29)

Dengan :

W = Jumlah Kalor (Joule).

I = Kuat arus yang mengalir (Ampere).

R = Tahanan kawat penghantar (Ohm).

T = Waktu (detik).

V = Beda potensial antara dua titik A dan B (Volt).

Karena : 1 kalori = 4,2 Joule dan 1 Joule = 0,24 Kalori

W = 0,24 I 2 . r . t = 0,24 V . I . t Kalori (7-30)

**Daya (Efek Arus Listrik)**

Daya adalah banyaknya usaha listrik (energi listrik) yang dapat dihasilkan tiap detik.



DAYA  joule/detik (7-31)

Atau  (Volt –Ampere = Watt) (7-32)

**Contoh soal :**

* 1. Sebuah hambatan sebesar 200 Ω dihubungkan dengan sumber tegangan 110 V dalam waktu 5 menit. Tentukan energi yang diserap oleh hambatan tersebut?

**Penyelesaian:**





Energi yang diserap

 = 

= 18 150 = 18,15 kJ

1. Dua buah lampu masing-masing bertuliskan 100 watt, 220 volt. Mula-mula kedua lampu itu dirangkai seri pada sumber tegangan 220 volt, kemudian dirangkai paralel dengan sumber tegangan 220 volt. Tentukan perbandingan daya terpakai oleh lampu-lampu dari rangkaian seri terhadap rangkaian paralel!

**Penyelesaian:**

2 lampu = 100 W, *V* = 220 V

Mula-mula seri kemudian paralel



= 2*R*

 *Vt* = 2 (220)

= 440 V

= 220 V

= 

= 25 W





*V*t = 110 V



= 400 W

*P*seri : *P*pararel = 25 : 400

= 1 : 16

**LATIHAN SOAL**

1. Perhatikan grafik hubungan tegangan (V) terhadap kuat arus (I) dari percobaan hukum ohm. Saat tegangan mencapai 2 V maka arus dalam rangkaian menjadi sebesar….
   1. 5 mA



* 1. 10 mA
  2. 15 mA
  3. 20 mA
  4. 22,5 mA

1. Grafik di bawah menampilkan variasi beda potensial (V) terhadap kuat arus (I) pada suatu penghantar. Nilai hambatan penghantar tersebut adalah…



* 1. 0 ohm
  2. 1 ohm
  3. 2 ohm
  4. 4 ohm
  5. 8 ohm

1. Empat hambatan yang nilainya masing-masing R, dirangkai menjadi 4 jenis rangkaian berikut ini.



Rangkaian yang mempunyai hambatan gabungan bernilai R, adalah nomor….

A. (1) dan (2) D. (2) dan (4)

B. (1) dan (3) E. (3) dan (4)

C. (2) dan (3)

1. Lima buah hambatan disusun seperti pada gambar. Jika diketahui R1 = 3 , R2 = 6 , R3 = 2,  R4 = 5 , R5 = 1 , maka besar hambatan total antara a dan b adalah….



* 1. 0,28 
  2. 7 
  3. 9 
  4. 12,7 
  5. 17 

1. Pada rangkaian hambatan di bawah, I = 100 mA dan I1 = 300 mA. Nilai hambatan R adalah….



* 1. 50 
  2. 40 
  3. 20 
  4. 10 
  5. 5 

1. Untuk rangkaian listrik pada gambar di bawah, besar beda potensial pada hambatan 4  adalah….volt



A. 2 B. 4 C. 6 D. 8 E. 10

1. Kuat arus yang melalui hambatan 6  pada gambar di bawah adalah….ampere



A. 12 B. 6 C. 3 D. 1,5 E. 0,75

1. Pada gambar di bawah, tegangan dan kuat arus pada hambatan R adalah….



* 1. 6,00 V;12A
  2. 5,75 V;0,52A
  3. 5,75 V;0,50A
  4. 4,00 V;0,50A
  5. 4,00 V;0,52A

1. Perhatikan gambar di bawah !

Perbandingan kuat arus yang melalui hambatan RA, RB, dan RC adalah….



* 1. 2:6:6
  2. 2:6:2
  3. 6:2:2
  4. 12:6:2
  5. 3:2:2

1. Dari gambar rangkaian arus searah ini, kuat arus induk (I) besarnya adalah….



A. 5/2 A C. 10/3 A E. 26/3 A

B. 8/2A D. 13/2 A

1. Dari rangkaian listrik di bawah ini, besar kuat arus pada hambatan 3 ohm adalah….
   1. 1,2 A



* 1. 1,0 A
  2. 0,8 A
  3. 0,4 A
  4. 0,2 A

1. Suatu rangkaian arus searah ditunjukkan seperti gambar di bawah ini. Jika E1 = 16 V, E2 = 8 V,E3=10 V, R1 = 12 , R2 = 6 , R3 = 6. Maka kuat arus yang mengalir melalui R2 adalah….ampere

A. 5 B. 4 C. 3 D.2 E.1

1. Pada rangkaian berikut ini diketahui E1 = 18 volt, E2 = 6 volt, hambatan dalam sama yakni 1 ohm, R1 = 2  dan R2 = 4 .



Besarnya arus yang mengalir pada rangkaian adalah….

A. 1,5 A B. 3A C. 6A D.48A E. 96A

1. Perhatikan rangkaian di bawah ini!



Kuat arus pada hambatan 5  adalah….

A. 0,5 A dari Q ke P D. 1,75 A dari P ke Q

B 0,67 A dari P ke Q E. 1,75 A dari Q ke P

C. 0,67 A dari Q ke P

**BAB 8**

**GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

|  |
| --- |
| **Standar Kompetensi :**  6. Memahami konsep dan prinsip gelombang elektromagnetik |
| **Kompetensi Dasar :**  6.1 Mendeskripsikan spektrum gelombang elektromagnetik  6.2 Menjelaskan aplikasi gelombang elektromagnetik pada kehidupan sehari-hari |

1. **Teori Maxwell tentang Gelombang Elektromagnetik**

Peristiwa kelistrikan yang telah dipelajari menjelaskan bahwa muatan listrik yang diam akan menimbulkan medan listrik di sekitar muatan tersebut sebesar :



**Gambar 8.1** Muatan listrik menimbulkan medan Listrik

E = 

(8-1)

Dalam peristiwa kemagnetan, aliran muatan listrik dalam seutas kawat lurus panjang akan menimbulkan medan magnet di suatu titik pada jarak tertentu sekitar aliran muatan tersebut (Hk. Biot Savart), dinyatakan dengan persamaan :

B = 

(8-2)



**Gambar 8.2** Arus listrik menimbulkan medan magnet

Gaya gerak listrik ε (GGL) yang ditimbulkan oleh perubahan medan magnet dinyatakan dengan :

ε = -= - 

(8-3)

Melihat urutan ketiga konsep tersebut, yaitu :

* medan listrik ditimbulkan oleh muatan listrik yang diam (statis)
* medan magnet ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak (dinamis)
* ggl (berkaitan dengan konsep medan listrtik) ditimbulkan oleh perubahan medan magnet

Seharusnya ada satu konsep lanjutannya, yaitu : “ ***medan magnet ditimbulkan oleh perubahan medan listrik”.*** Kemudian J.C. Maxwell mencetuskan hipotesanya bahwa “ ***Perubahan medan listrik dapat menimbulkan medan magnet “.***

Di dalam ruang hampa cepat rambat gelombang elektromagnetik (c ) nilainya adalah :

c = 

(8-4)

c = kecepatan cahaya (3 x 108 m/det)



**Gambar 8.3** E dan B saling tegak lurus

# Sumber Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik dapat ditimbulkan dari berbagai sumber, yaitu :

* Osilasi muatan listrik, seperti yang telah diterangkan semula
* Sinar matahari.

Sinar matahari menghasilkan gelombang elektromagnetik, diantaranya sinar infra merah yang dapat dimanfaatkan untuk mempelajari struktur atom

* Penembakan elektron dalam tabung hampa

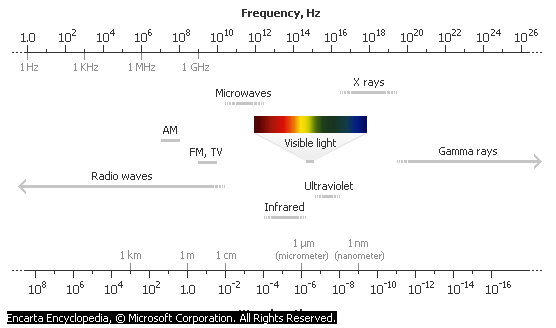
Sekeping logam ditembak dengan elektron yang berkecepatan tinggi menghasilkan sejenis sinar, yang kemudian dinamakan sinar X.

* Inti Atom yang tidak stabil

Inti atom yang tidak stabil akan memancarkan partikel-partikel sehingga menjadi unsur lain. Dalam peristiwa peluruhan sering diiringi oleh pemancaran gelombang lektromagnetik, diantaranya sinar gamma (λ). Sinar ini tidak bermuatan sehingga tidak mengalami pembelokan saat melewati daerah bermedan listrik. Serta memiliki energi yang sangat besar.

# Pemakaian Gelombang Elektrtomagnetik

Gelombang elektromagnetik dikelompokkan berdasarkan frekwensinya atau panjang gelombangnya. Urutan gelombang elektromagnetik dari frekwensi rendah sampai frekwensi tinggi adalah :



**Gambar 8.4** spektrum gelombang elektromagnetik

Dari spektrum tersebut dapat disimpulkan bahwa makin pendek panjang gelombang () makin tinggi fekuensinya (f) dan makin besar pula daya tembusnya.

Diantara gelombang-gelombang yang terdapat pada spektrum tersebut, yang dapat dilihat oleh mata hanyalah gelombang cahaya yang mempunyai panjang gelombang antara 8000 (merah) - 4000 (ungu). Gelombang yang mempunyai daya tembus yang sangat besar adalah sinar X dan sinar .

Dimana sinar X dihasilkan dengan cara ***EMISITHERMIONIK***, sedangkan sinar  dihasilkan oleh inti-inti yang tidak stabil (bersifat radioaktif). Manfaat gelombang elektromagnet dapat diterangkan sesuai urutan spektrumnya :

1. Daerah frekuensi antara 104 sampai 107 Hz dikenal sebagai gelombang radio, yaitu sebagai salah satu sarana komunikasi. Karena sifat gelombangnya yang mudah dipantulkan ionosfer, yaitu lapisan atmosfir bumi yang mengandung partikel-partikel bermuatan, maka gelombang ini mampu mencapai tempat-tempat yang jaraknya cukup jauh dari stasiun pemancar.

Informasi dalam bentuk suara dibawa oleh gelombang radio sebagai perubahan amplitudo (modulasi amplitudo).

1. Daerah frekuensi sekitar 108 Hz, gelombang elektromagnetik mampu menembus lapisan ionosfer sehingga sering digunakan sebagai sarana komunikasi dengan satelit-satelit. Daerah ini digunakan untuk televisi dan radio FM (frekuensi modulasi) dimana informasi dibawa dalam bentuk perubahan frekuensi (modulasi frekuensi).
2. Daerah frekuensi sekitar 1010 Hz, digunakan oleh pesawat RADAR (Radio Detection and Ranging). Informasi yang dikirim ataupun yang diterima berbentuk sebagai pulsa. Bila pulsa ini dikirim oleh pesawat radar dan mengenai suatu sasaran dalam selang waktu t, maka jarak antara radar ke sasaran :

s =  (8-5)

1. Daerah frekuensi 1011 – 1014 Hz, ditempati oleh radiasi infra merah, dimana gelombang ini lebih panjang dari gelombang cahaya tampak dan tidak banyak dihamburkan oleh partikel-partikel debu dalam atmosfir sehingga mengurangi batas penglihatan manusia.
2. Daerah frekuensi 1014 – 1015 Hz, berisi daerah cahaya tampak (visible light), yaitu cahaya yang tampak oleh mata manusia dan terdiri dari deretan warna-warna merah sampai ungu.
3. Daerah frekuensi 1015 – 1016 Hz, dinamakan daerah ultra ungu (ultra violet). Dengan frekuensi ultra ungu memungkinkan kita mengenal lebih cepat dan tepat unsur-unsur yang terkandung dalam suatu bahan.
4. Daerah frekuensi 1016 – 1020 Hz, disebut daerah sinar X. Gelombang ini dapat juga dihasilkan dengan menembakkan elektron dalam tabung hampa pada kepingan logam. Karena panjang gelombangnya sangat pendek, maka gelombang ini mempunyai daya tembus yang cukup besar sehingga selain digunakan di rumah sakit, banyak pula digunakan di lembaga-lembaga penelitian ataupun industri.
5. Daerah frekuensi 1020 – 1025 Hz, disebut daerah sinar gamma. Gelombang ini mempunyai daya tembus yang lebih besar daripada sinar X, dan dihasilkan oleh inti-inti atom yang tidak stabil.

Gelombang radio hanya bertindak sebagai pembawa gelombang bunyi yang dihasilkan sumber menuju penerima. Cara membawa gelombang bunyi dibedakan atas dua macam, yaitu :

* modulasi amplitudo : yaitu amplitudi gelombang radio disesuaikan dengan amplitudo gelombang bunyi dengan frekwensi tetap. Gelombang ini disebut gelombang AM (*Amplitudo Modulation*)
* modulasi frekwensi : frekwensi gelombang radio disesuaikan dengan frekwensi gelombang bunyi dengan amplitudo tetap. Gelombang ini dinamakan gelombang FM (*Frequency Modulation*).

Dibandingkan dengan gelombang AM, gelombang FM lebih jernih karena banyak mengurangi desah, namun memilik jangkaian yang terbatas sehingga untuk mencapai jangkauan yang lebih luas harus ditambah pemancar *relay* atau *repeater* yang ditempatkan di tempat-tempat yang tinggi seperti gunung atau melalui satelit.