

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG

FISIKA DASAR

III

Oleh : Dra. DESNITA

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK PERHAYAMAN
KHUSUS BIDANG DAN PERPUSTAKAAN

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN
ILMU PENGETAHUAN ALAM

IKIP PADANG
1988

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Kuasa, yang telah memberikan kemampuan kepada penulis untuk menyelesaikan buku ini.

Buku ini penulis susun khusus untuk para pembaca, yang merasa kekurangan bahan bacaan untuk memperlajari materi fisika. terutama untuk memahami fisika untuk SMP di kelas 3 (tiga).

Penulis menyadari isi buku ini belum sempurna, oleh sebab itu masih diharapkan sumbangan fikiran dari pembaca; untuk menyempurnakan isinya. Atas sumbangan fikiran para pembaca terlebih dahulu penulis ucapkan terima kasih.

Terakhir harapan penulis semoga buku ini ada manfaatnya bagi pembaca seluruhnya.

Padang, Juli 1988.

P e n u l i s .

5 Januari 1989
Hakiah
K 1
123/old/89 - f(2)
530 i DES fo

DAFTAR ISI

	Hal.
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
BAB I. LISTRIK TAK MENGALIR	
1.1. Muatan Listrik	1
1.2. Dua Jenis Muatan Listrik	2
1.3. Pengantar dan Isolator.	3
1.4. Satuan Muatan Listrik dan Hukum Coulomb.	5
1.5. Medan Elektrostatis.	7
1.6. Elektroskop.	10
1.7. Induksi Listrik.	11
1.8. Energi Potensial Listrik.	12
L a t i h a n.	15
BAB 2. LISTRIK MENGALIR	
2.1. Arus Listrik dan Sumber Tegangan	18
2.2. Hambatan Listrik.	19
2.3. Kuat Arus dlm rangkaian.	20
2.4. Energi dan Daya listrik.	21
L a t i h a n	23
BAB 3. BEBERAPA PERUBAHAN ENERGI LISTRIK MENJADI ENERGI BENTUK LAIN.	
3.1. Energi Listrik menjadi Energi kimia.	28
3.2. Energi Listrik menjadi panas. ..	29
3.3. Alat-alat lain yang berhubungan dengan listrik.	29

	L a t i h a n	31
BAB 4.	K E M A G N E T A N	
	4.1. Gejala Kemagnetan dan Sifat Magnet.	33
	4.2. Medan Magnet.	34
	<u>4.3.</u> Induksi Magnet.	35
	4.4. Teori Tentang Kemagnetan.	36
	4.5. Kemagnetan Bumi.	38
	4.6. Medan Magnet si sekitar Arus Listrik.	39
	4.7. Medan Magnet Kumparan	40
	L a t i h a n	42
BAB 5.	<u>I</u> NDUKSI ELEKTROMAGNETIK	
	5.1. Penemuan Abus Induksi.	44
	5.2. Mesin Pembangkit Arus Bolak balik	46
	5.3. Transformator.	47
	5.4. Transmisi listrik jarak jauh.	48
	5.5. Induktor.	49
	L a t i h a n	51
BAB 6.	C A H A Y A	
	6.1. Pemantulan Cahaya.	54
	6.2. Pembiasan Cahaya.	60
	6.3. Dispersi Cahaya.	64
	L a t i h a n	68
BAB 7.	ALAT-ALAT OPTIK	
	7.1. M a t a	71

7.2. Kamera.	74
7.3. Lup.	75
7.4. Mikroskop.	75
Latihan.	78
 BAB 8. FISIKA MODERN	
8.1. Elektron dan Penggunaannya.	79
8.2. Atom dan Inti atom.	83
8.3. Radio Aktivitas.	87
Latihan.	93
Daftar Pustaka	95

B a b 1.

LISTRIK TAK MENGALIR (ELEKTROSTATIKA)

1. Muatan Listrik.

Pengetahuan tentang muatan listrik pertama kali ditemukan oleh bangsa Yunani kuno, pada abad ke enam sebelum Masehi. Penemuan tersebut mereka peroleh dari percobaan sederhana.

Misalnya menggosok sejenis benda yang disebut batu ambar dengan kain yang terbuat dari bulu domba. Ternyata setelah digosok batu ambar tersebut menarik potongan benda kecil yang berada disekitarnya. Ahli yang terkenal di dalam melakukan percobaan tersebut adalah Thales Miletus.

Pada saat sekarang percobaan sejenis dengan apa yang dilakukan Thales, dapat dilakukan umpamanya dengan menggosokkan rol plastik ke rambut kering lalu didekatkan ke potongan kertas; menggosok kaca dengan kain wol atau menggosok batangan plastik dengan bulu. Disamping contoh-contoh di atas masih banyak lagi percobaan sederhana yang dapat dilakukan untuk memperlihatkan gejala yang sama.

Benda-benda yang sudah digosok dengan benda lain yang dibicarakan diatas, sudah dapat menarik benda-benda kecil tersebut dinamakan telah bermuatan atau telah ter-elektrifikasi. Dimana kata elektrifikasi ini berasal dari bahasa Yunani kuno yaitu elektrik yang berarti batu ambar.

Pada saat sekarang orang sudah mengetahui, bahwa

menggosok suatu benda dengan benda lain berarti memberikan energi kepada benda tersebut. Energi tersebut akan memberi pengaruh terhadap partikel yang menyusun benda itu. Partikel ini sekarang kita kenal dengan elektron. Dengan adanya energi yang berasal dari gosokan tadi elektron pada benda yang digosok pindah ke penggosok atau sebaliknya elektron benda penggosok pindah ke benda yang digosok.

2. Dua Jenis Muatan Listrik.

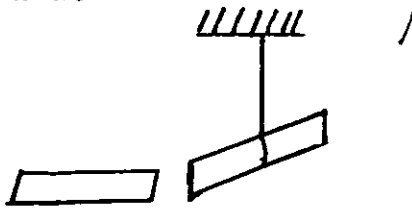
Dari pembicaraan di atas kita berkesimpulan, bahwa ada dua jenis sifat benda dalam peristiwa penggosokkan, yaitu menerima elektron atau memberikan elektron.

Kalau umpamanya sepotong kaca kita gosok dengan kain sutera, maka batangan kaca tersebut akan kehilangan elektron. Sebaliknya apabila batangan plastik digosok dengan bulu, maka batangan plastik akan menerima elektron.

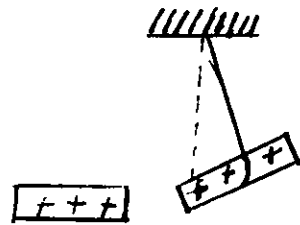
Benda-benda yang bersifat seperti batangan kaca kita namakan bermuatan positif dan benda yang bersifat seperti batangan plastik dikatakan bermuatan negatif. Jadi ada dua jenis muatan listrik yaitu muatan positif dan muatan negatif.

Selanjutnya bila kita menggosok 2 batang kaca dengan kain wol, yang satu kita gantungkan dengan seutas tali dan yang lain di pegang. Maka setelah digosok lalu keduanya saling di dekatkan satu sama lain ternyata kedua batang kaca tersebut saling tolak-menolak.

Peristiwa ini dapat kita lihat pada gambar 1.1. di bawah ini.



Gambar 1.1.a
Sebelum digosok.



Gambar 1.1.b
Setelah di gosok.

Hal yang sama juga dapat kita lakukan terhadap batangan plastik. Dimana 2 batangan plastik yang telah di gosok dengan bulu di dekatkan satu sama lain juga terjadi peristiwa tolak menolak. Ini dapat kita pahami karena kedua batangan plastik tersebut tentu mempunyai muatan sejenis.

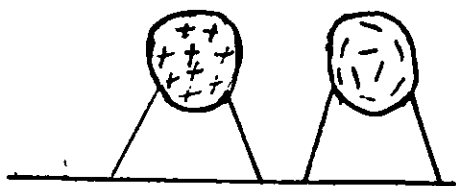
Percobaan berikutnya dapat kita lakukan terhadap batangan kaca dan batangan plastik yang telah digosok. Kedua batangan tersebut saling di dekatkan satu sama lain, ternyata keduanya akan saling tarik menarik. Dari ke dua percobaan diatas dapat kita simpulkan bahwa muatan sejenis tolak menolak dan muatan berlawanan jenis tarik menarik. Berapa besarnya gaya tarik atau gaya tolak yang dialami akan kita bicarakan pada bab berikut.

3. Penghantar dan Isolator.

Ternyata muatan listrik dapat berpindah, sudah kita ketahui dari uraian sebelumnya. Tentu saja muatan listrik tidak dapat berpindah begitu saja tanpa ada yang mempengaruhinya atau jalan tempat dia berpindah.

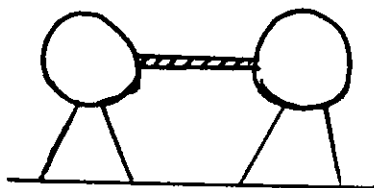
Misalnya dua benda bermuatan listrik atau salah satu bermuatan yang lainnya tidak bermuatan, bila diletakkan begitu saja pada jarak yang agak jauh tanpa dihubungkan. Maka muatan kedua bola tidak akan saling berpindah. Tetapi bila kita hubungkan dengan suatu benda lain, ada dua kemungkinan pertama muatan kedua bola tetap seperti semula atau kemungkinan kedua muatan bola yang satu akan berpindah ke bola yang lain.

Kemungkinan ini dapat kita lihat pada gambar 1.2. berikut ini :



Gambar 1.2.a

Dua buah bola bermuatan yang terpisah.



Gambar 1.2.b

Kedua bola setelah di hubungkan seberapa lama

Dari gambar 1.2. di atas dapat kita artikan bahwa setelah dihubungkan beberapa saat, terjadi perpindahan muatan kedua bola melalui suatu penghubung. Sebagaimana dikatakan di atas tadi bisa saja tidak terjadi perpindahan muatan, walaupun kedua bola sudah saling dihubungkan. Dalam hal ini berarti penghubung yang digunakan tidak dapat memindahkan muatan listrik atau tidak dapat dilalui oleh listrik. Atau bisa juga terjadi hanya sebahagian muatan yang dapat dipindahkan oleh penghubung tersebut. Nah ditinjau dari sifat suatu benu

da untuk menghantarkan muatan listrik, maka ada 3 jenis benda; yaitu :

1. Konduktor (penghantar)
2. Isolator (Penyekat)
3. Semikonduktor.

Konduktor adalah sejenis benda (bahan) yang dapat memindahkan muatan listrik secara baik. Dalam keadaan bagaimanapun bahan konduktor dapat menghantarkan/memindahkan muatan listrik (baik pada suhu rendah maupun pada suhu tinggi). Yang tergolong konduktor misalnya besi, nikel, tembaga, dan lainnya.

Isolator adalah sejenis bahan yang tidak dapat dilalui oleh muatan listrik (tidak dapat memindahkan muatan listrik; baik pada suhu rendah maupun pada suhu tinggi). Misalnya kertas, kayu, plastik, dan lain-lain.

Sedangkan Semikonduktor adalah sejenis bahan yang bersifat isolator pada suhu rendah dan bersifat konduktor pada suhu tinggi. Bahan semikonduktor ini terletak pada golongan IV A dalam sistim periodik unsur-unsur. misalnya : Silikon dan Germanium.

4. Satuan Muatan Listrik dan Hukum Coulomb.

Pada bahagian terdahulu sudah disebutkan bahwa terdapat gaya interaksi antara dua muatan listrik. Interaksi tersebut adalah gaya tarik menarik antara dua muatan yang berlawanan jenis dan gaya tarik menarik antara dua muatan sejenis.

Besarnya gaya inter aksi kedua muatan tersebut tergantung pada kualitas kedua muatan dan jarak yang memisahkan kedua muatan. Makin besar kualitas muatan, semakin besar pula gaya inter aksi yang dihasilkan; semakin kecil kualitas muatan maka semakin kecil pula gaya inter aksinya. Kalau kita hubungkan dengan jarak; Semakin jauh jarak yang memisahkan kedua muatan, semakin kecil gaya inter aksi yang dihasilkan. Atau secara matematika dikatakan bahwa besarnya gaya inter aksi antara dua muatan listrik berbanding lurus dengan kuantitas kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak yang memisahkan kedua muatan.

Pertama kali hubungan ini dikemukakan oleh seorang Ahli Fisika Agustin de Coulomb, sehingga hukum yang menjelaskan hubungan tersebut dinamakan hukum Coulomb. Untuk menghargai ahli yang telah berjasa tersebut.

Coulomb telah melakukan penyelidikan-penyelidikan mengenai besar gaya tolak-menolak atau tarik menarik antara dua benda yang bermuatan.

Ringkasnya hukum Coulomb dapat kita tulis secara singkat demikian :

$$F = k \frac{QQ'}{r^2} \dots\dots\dots(1)$$

dimana: F = gaya inter aksi(gaya elektronstatis)

k = konstanta yang harganya $9 \cdot 10^9$ untuk satuan MKS.

Q = muatan

r = jarak pemisah kedua muatan.

Rumus diatas tidak berlaku untuk semua keadaan, tetapi berlaku untuk :

- a. kedua muatan berada di ruang hampa
- b. kedua muatan merupakan muatan titik.

Di dalam satuan MKS, satuan gaya adalah newton dan satuan jarak meter. Satuan untuk muatan listrik adalah coulomb (C) untuk sistim MKS dan statcoulomb (STC) untuk sistim CGS.

Dimana $1 \text{ C} = 2,998 \cdot 10^9 \text{ STC}$.

Satuan STC disebut juga satuan elektrostatic unit (esu)

Dari hubungan di atas (hukum coulomb), maka dapat kita artikan bahwa 1 coulomb adalah besar muatan yang menghasilkan gaya interaksi sebesar $9 \cdot 10^9$ newton dengan muatan lain yang besarnya sama dan terpisah pada jarak 1 meter di ruang hampa.

Telah ditemukan bahwa besar muatan listrik sebuah elektron (e) adalah $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ dan besar muatan sebuah proton adalah $+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

5. Medan Elektrostatis.

Besarnya gaya interaksi antara dua muatan listrik dapat digambarkan dengan suatu konsep fisika yang disebut medan listrik. Konsep medan ini menggambarkan bahwa disekitar muatan listrik dipancarkan medan listrik yang dipengaruhi muatan lain.

Misalnya dua benda bermuatan A dan B terpisah pada jarak r . Benda A akan memancarkan medan listrik yang digambarkan dengan garis-garis khayal yang disebut garis gaya. Misalkan benda A bermuatan Q dan benda B membawa muatan sebesar Q' .

Bila benda yang bermuatan Q (selanjutnya disebut Q), berarti dengan menimbulkan garis gaya (medan elektrostatik), maka benda B (Q') akan memberikan reaksi.

Besarnya aksi yang dapat mempengaruhi benda B (Q') tergantung pada besar atau kecilnya Q' . Secara matematika kuat medan listrik dapat ditulis sebagai berikut :

$$E = \frac{F}{Q'} \dots\dots\dots(2)$$

dimana : E = kuat medan

F = gaya coulomb

Q' = muatan yang dipengaruhi medan (muatan uji)

Bila satuan gaya adalah newton (n) satuan muatan Coulomb (C), maka satuan kuat medan adalah newton/coulomb (N/C). Sedangkan untuk satuan CGS kuat medan dinyatakan dalam dyne/statcoulomb (dyne/STC).

Bila besar gaya coulomb kita substitusi dengan persamaan (1), maka diperoleh :

$$E = k \frac{QQ'}{r^2 Q'} \quad \text{sehingga}$$

$$E = k \frac{Q}{r^2} \dots\dots\dots(3)$$

harga konstanta k setara dengan $4\pi\epsilon_0$, sehingga kuat

medan listrik (disebut juga rapat garis gaya listrik) dapat ditulis :

$$E = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \dots\dots\dots (4)$$

Luas permukaan yang berbentuk bola di sekeliling muatan Q adalah : $A = 4 \pi r^2$

Jumlah garis gaya yang dihasilkan oleh muatan Q pada jarak r dari Q adalah :

$$EA = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \cdot 4 \pi r^2$$

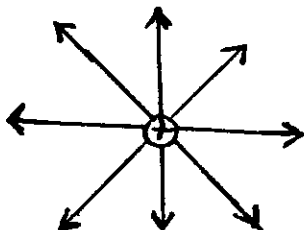
$$EA = \frac{Q}{\epsilon_0} \dots\dots\dots (5)$$

Dari persamaan (5) diatas ternyata jumlah garis gaya yang dihasilkan tidak tergantung pada jarak. Persamaan ini dikenal dengan hukum Gauss.

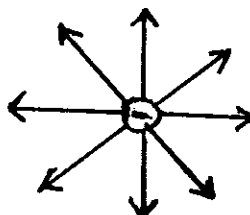
Bila jumlah garis gaya adalah N, maka selanjutnya dapat ditulis :

$$N = \frac{Q}{\epsilon_0} \dots\dots\dots (6)$$

garis gaya listrik adalah besaran vektor yang arahnya selalu menuju muatan negatif dan menjauhi muatan positif. Jadi distribusi garis gaya muatan positif dan negatif, dapat digambarkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 1.3.a



Gambar 1.3.b

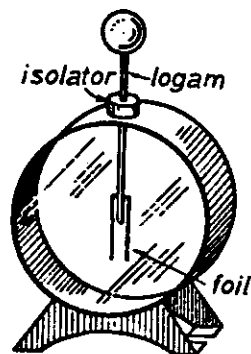
Vektor yang arahnya sembarang dapat dijabarkan menjadi komponen dan komponen .

6. Elektroskop.

Elektroskop adalah suatu alat sederhana yang dapat memperlihatkan, apakah suatu benda bermuatan atau tidak. Alat ini terdiri dari tangkai dan daun yang terbuat dari bahan konduktor. Tangkai elektroskop terletak diluar sedangkan daun elektroskop didalam kotak kaca yang tertutup.

Menentukan apakah suatu benda bermuatan atau tidak adalah dengan jalan mendekatkan benda tersebut ke batang elektroskop. Bila benda tersebut bermuatan, muatan tersebut akan mempengaruhi muatan pada elektroskop. Akibatnya daun elektroskop mempunyai muatan yang sama jenisnya sehingga saling tolak menolak, sehingga kita melihat daun elektroskop tersebut mengambang.

Pada saat ini sudah dibuat elektroskop yang dilengkapi dengan skala yang disebut dengan elektrometer. Dibawah ini dapat dilihat contoh sebuah elektroskop sederhana.



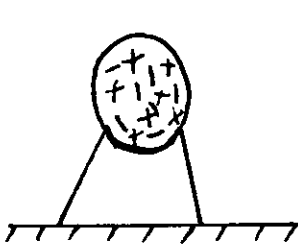
Gambar 1.4.

Elektroskop.

7. Industri Listrik.

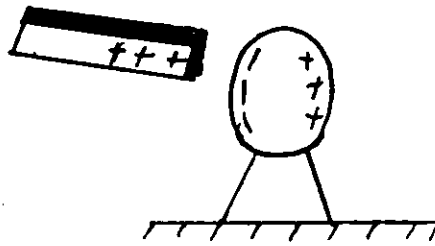
Menggosok benda dengan benda lain berarti menentukan kedua benda tersebut, sehingga kedua benda menjadi bermuatan. Ada cara lain untuk memuati benda tanpa membuat sentuhan kedua benda. Benda yang akan dimuati didekatkan dengan benda lain yang bermuatan, sehingga pada benda tersebut terjadi distribusi muatan. Dalam hal ini tidak terjadi perpindahan muatan pada kedua benda; cara ini disebut dengan metoda induksi.

Contoh memuati benda secara induksi dapat kita lihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1.5.a

Bola logam netral



Gambar 1.5.b

Bola logam setelah didekatkan dengan benda bermuatan

Gambar 1.5.a menunjukkan bola logam netral yang berada di atas penyekat. Gambar 1.5.b bola logam di dekatkan benda bermuatan. Kelihatan sewaktu didekatkan ke benda bermuatan, muatan yang berlawanan dengan muatan batang mengumpul kebagian dekat benda dan muatan sejenis muatan benda mengumpul pada sisi yang berlawanan. Bila benda bermuatan tadi di singkirkan dari bola, maka bola kembali bersifat netral.

Selain dengan cara menggosok dan induksi, memuati benda dapat dilakukan dengan menggunakan mesin listrik. Dengan mesin listrik dapat dihasilkan muatan yang lebih besar bila dibandingkan dengan cara menggosok dan induksi.

8. Energi dan Potensial Listrik.

Sudah kita ketahui bahwa muatan listrik dapat berpindah dari suatu benda ke benda lain. Di samping itu muatan listrik dapat pula dipindahkan di dalam medan listrik; atau dapat pula dipindahkan dari luar ke dalam medan listrik atau sebaliknya.

Apabila di titik A benda mempunyai energi potensial dan di titik B, maka besarnya muatan yang diperlukan untuk memindahkan muatan Q' dari titik A ke B adalah :

$$W_{AB} = E_{PA} - E_{PB} \dots\dots\dots (7)$$

Apabila yang menimbulkan muatan adalah muatan Q dan Q' bisa dipindah-pindahkan, maka pada saat Q' berjarak r dari ke dua muatan menghasilkan gaya sebesar :

$$F = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{QQ'}{r^2}$$

Kemudian muatan Q' kita pindahkan dari titik A ke titik B. Bila jarak titik A dan B ke Q masing-masing r_A dan r_B , maka usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan Q' dari A ke B adalah :

$$W = \int_{r_A}^{r_B} F dr = \int_{r_A}^{r_B} \frac{1}{4} \frac{QQ'}{r^2} dr$$

$$W_{AB} = \frac{QQ'}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) \dots\dots\dots(8)$$

Dari persamaan 7 dan 8 dapat kita tulis

$$E_{pA} = \frac{QQ'}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r_A} \quad \text{dan}$$

$$E_{pB} = \frac{QQ'}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r_B}$$

Atau secara umum energi potensial pada suatu titik yang berjarak r dari Q adalah :

$$E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{QQ'}{r} \dots\dots\dots(9)$$

Apabila muatan Q' berada dalam medan yang ditimbulkan oleh muatan $Q_1, Q_2, Q_3, \dots\dots$ secara serentak; maka energi potensial dapat ditulis :

$$E_p = \frac{QQ'}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} + \frac{Q_3}{r_3} + \dots\dots \right)$$

atau :

$$E = \frac{Q'}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_i}{r_i} \dots\dots\dots(10)$$

Apabila sudah diketahui energi potensial listrik suatu muatan Q' maka selanjutnya bisa kita ketahui energi potensial listrik persatuan muatan Q' . energi potensial persatuan muatan Q' ini biasanya disebut potensial listrik (V). Jadi secara matematika Pada suatu titik yang berjarak r dari Q dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = \frac{E_p}{Q'} \quad \text{atau}$$

$$V = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{QQ'}{r} \frac{1}{Q'}$$

$$V = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{Q}{r} \dots\dots\dots(11)$$

Seandainya titik yang akan dihitung potensialnya berada dalam medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan Q_1, Q_2, Q_3, \dots , maka potensial pada suatu titik tertentu yang masing-masing berjarak r, r, r, \dots dari $Q_1, Q_2, Q_3 \dots$ dapat dihitung :

$$V = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \left(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} + \frac{Q_3}{r_3} + \dots \right)$$

atau :

$$V = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \sum \frac{Q_i}{r_i} \dots\dots\dots (12)$$

Satuan untuk potensial listrik adalah Joule/Coulomb (J/C), satuan ini disebut volt (V). Satuan yang lebih kecil untuk potensial adalah mV.

Latihan :

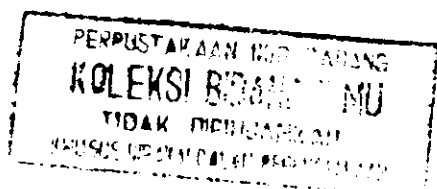
1. Hitunglah kakas (gaya) yang dialami oleh sebuah elektron yang berada di dalam medan listrik 10^4 N/C
2. Bandingkan kakas elektrostatik yang dialami oleh elektron pada soal nomor 1 di atas dengan kakas gravitasi yang dialami massa elektron ($g = 9,8$ m/detik²).
3. Dua titik muatan positif, masing-masing besarnya 2×10^{-6} C. Jarak antara kedua muatan tersebut adalah $= 60$ cm. Sebuah muatan ketiga, besarnya adalah, $Q = 4 \times 10^{-6}$ C, berada pada posisi sedemikian rupa sehingga tiga muatan ini membentuk segitiga sama kaki segitiga ini panjangnya 50 cm.
Tentukan besar dan arah kakas total (resultante gaya) yang dialami oleh muatan Q .
4. Dari soal nomor tiga di atas, hitung kuat medan listrik ditempat Q .
5. Dari soal nomor 3 pula, hitung kuat medan didua tempat muatan yang lain.
6. Partikel dilewatkan di dalam daerah medan listrik yang kuat medannya 400 N/C. Kakas elektrostatik yang dialami partikel tersebut adalah ?.
7. Dua kawat konduktor, masing-masing panjangnya 100 m, direntangkan sejajar. Kedua kawat kemudian diberi muatan listrik masing-masing $+ 5 \times 10^{-6}$ C dan -5×10^{-6} C. Jarak medan disepanjang garis lurus yang terletak di tengah-tengah antara kedua kawat tersebut adalah = ?

8. Sebuah partikel bermuatan listrik $q = 3 \times 10^{-9} \text{C}$ berada di dalam medan listrik uniform $E = 200 \text{ N/C}$. Muatan tersebut akan bergerak dari A (kedudukan awal) ke titik B sejauh $d = 0,5 \text{ m}$
- berapakah gaya elektrostatis yang bekerja pada muatan q .
 - Berapakah kerja yang dilakukan medan untuk menggerakkan muatan tersebut.
 - Berapakah Beda potensial antara A dan B
9. Suatu benda bermuatan positif dihubungkan dengan tanah. Apa yang terjadi? jelaskan!
10. Suatu benda bermuatan negatif dihubungkan dengan tanah Apa yang terjadi? jelaskan!
11. Jika sepotong kaca digosok dengan sehelai kain sutera, maka kaca memperoleh muatan positif. Jelaskan sebabnya.
12. Jika sepotong ebonit digosok dengan kain wol, maka ebonit memperoleh muatan negatif. Jelaskan sebabnya!
13. Jika kamu berdiri ditengah-tengah padang yang luas dan pada saat itu langit berawan hujan, ada kemungkinan kamu disambar petir. Jelaskan sebabnya. dan Bagaimana usahamu untuk mengurangi kemungkinan disambar petir itu ?
14. Jika kamu di gardu listrik tegangan tinggi, kamu dilarang menunjuk. jelaskan apa gerangan sebabnya.

15. Mengapa penangkal petir harus selalu dihubungkan dengan tanah ?
16. Benda A mempunyai muatan negatif sebesar $-Q_1$ coulomb Benda B bermuatan positif sebesar Q_2 coulomb. Bila A dan B dihubungkan dengan sebuah penghantar, dari mana ke mana elektron akan mengalir ?
Benda mana yang potensialnya lebih tinggi ?.
17. Pada pertanyaan 16, seandainya muatan-muatan yang dapat mengalir adalah muatan-muatan positif, dari mana ke mana muatan-muatan positif akan mengalir?.

_____ dw _____

530
DES
f,



B a b 2.

LISTRIK MENGALIR

1. Arus listrik dan Sumber Tegangan

Pada bahagian terdahulu telah kita bicarakan bahwa muatan dapat berpindah, perpindahan muatan terjadi dari potensial yang tinggi ke potensial yang rendah. Aliran muatan listrik dalam suatu bahan disebut arus listrik.

Jadi arus listrik adalah besaran vektor yang arahnya dari potensial tinggi ke potensial rendah (berlawanan dengan arah gerakan elektron).

Jumlah muatan yang dapat mengalir setiap satuan waktu disebut kuat arus yang biasanya dilambangkan dengan huruf I dan i. Secara matematika kuat arus dapat ditulis :

$$i = \frac{q}{t} \dots\dots\dots (1)$$

Apabila satuan muatan adalah coulomb dan satuan waktu detik, maka satuan untuk kuat arus adalah coulomb/detik (C/det), satuan ini disebut juga ampere (A). Satuan yang lebih kecil untuk kuat arus adalah mA dan μ A.

Alat yang dapat membangkitkan beda potensial, sehingga terjadi arus listrik disebut sumber tegangan. Misalnya baterai, mesin listrik (generator), elemen dll. Alat yang dapat mengukur besarnya kuat arus dalam sebuah rangkaian listrik disebut Amperemeter. Di dalam pengukuran ampere meter dihubungkan seri dengan sumber tegangan.

Alat yang dapat mengukur beda potensial di sebut voltmeter. Didalam pengukuran voltmeter dihubungkan paralel dengan sumber tegangan.

2. Hambatan Listrik

Besar kecilnya kuat arus yang melewati suatu penghantar, tergantung pada beda potensial sumber tegangan dan sifat penghantar itu sendiri. Pada suatu penghantar perbandingan antara beda potensial dan kuat arus adalah konstan. Inilah yang merupakan sifat khas dari suatu bahan. Dimana perbandingan harga beda potensial suatu bahan berbeda dengan bahan lain. Harga (tetapan) ini dikenal dengan hambatan suatu bahan yang disimpulkan dengan dengan huruf R atau r. Jadi dapat ditulis :

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2)$$

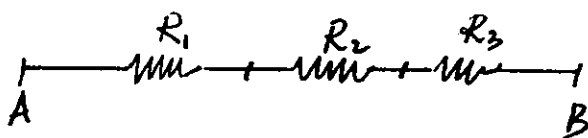
Persamaan ini dikenal dengan hukum Ohm.

Apabila satuan untuk V adalah volt dan i dalam ampere, maka satuan untuk R adalah volt/ampere = Ohm.

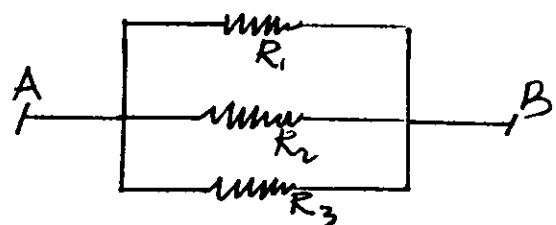
Satuan yang lain untuk hambatan adalah M.ohm (megaohm).

Di dalam pemakaian sering digunakan gabungan hambatan. Gabungan tersebut bisa secara seri, paralel dan bisa pula gabungan kedua cara tersebut.

Dibawah ini dapat kita lihat contoh rangkaian seri dan rangkaian paralel.



Gambar 2.1.a
Contoh hambatan Seri



Gambar 2.1.b
Contoh hambatan paralel.

Besar hambatan pengganti pada hambatan seri dan paralel dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (3)$$

dan

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (4)$$

Besar hambatan juga ditentukan oleh ukuran bahan yang digunakan, yaitu panjang dan ukuran penampang penghantar. Dihubungkan dengan panjang (L) dan luas penampang, ^(A) besar hambatan dapat ditulis sebagai berikut :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \dots \quad (5)$$

dimana : ρ = hambatan jenis

L = panjang penghantar

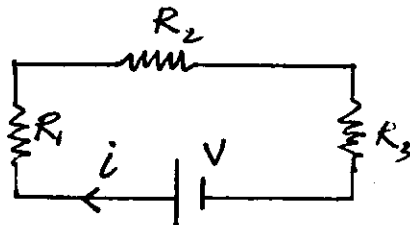
A = luas penampang

Hambatan jenis merupakan konstanta yang merupakan sifat khas dari bahan.

3. Kuat Arus dalam Suatu Rangkaian.

Sebuah rangkaian sederhana terdiri dari sebuah sumber tegangan dan hambatan luar.

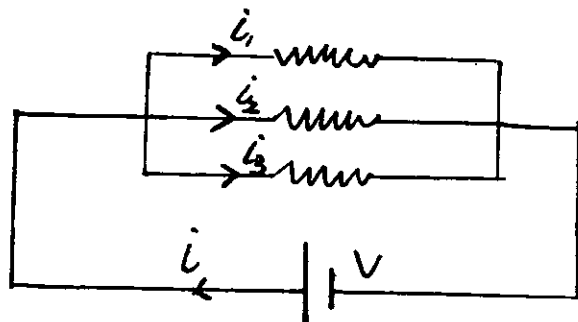
contoh :



Kuat arus pada rangkaian di atas dapat kita hitung dengan menggunakan hukum Ohm, untuk rangkaian tertutup, dimana kuat arus (i) dapat dihitung sebagai berikut :

$$i = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} \dots\dots\dots (6)$$

Untuk rangkaian bercabang seperti dibawah ini dapat dihitung dengan hukum kirchoff pada rangkaian bercabang dan hukum ohm untuk rangkain tertutup.



gambar 2.2.

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \dots\dots\dots (7)$$

atau :

$$i = \frac{V}{R_p} \dots\dots\dots (8)$$

dimana R_p dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4).

4. Energi dan Daya Listrik

Umpamakan di dalam suatu rangkaian listrik mengalir arus sebesar i ampere selama t detik. maka banyaknya muatan yang berpindah selama selang waktu tersebut adalah :

$$Q = i \cdot t \text{ coulomb}$$

Apabila arus tersebut ditimbulkan oleh beda potensial V , maka selang waktu tersebut dilakukan usaha sebesar :

$$W = VQ$$

$$W = Vit \dots\dots\dots (9)$$

Usaha persatuan waktu atau daya dapat pula dihitung se
bagai berikut :

$$P = \frac{W}{t} = Vi \text{ watt}$$

bila i adalah arus yang melalui hambatan R , maka

$$V = iR$$

dan $P = i^2 R \text{ watt}$

atau $P = \frac{V^2}{R} \text{ watt}$

Latihan :

1. Dalam suatu penghantar, potensial A lebih tinggi dari pada potensial B. Ke mana arah elektron-elektron dalam penghantar itu mengalir ? Ke mana arah arus listrik ?
2. Bila potensial A 12 volt lebih tinggi dari pada potensial B, berapa joule energi yang harus dikeluarkan oleh sumber tegangan untuk memindahkan 2 coulomb dari A ke B ?.
3. Untuk memindahkan 5 coulomb dari P ke titik Q diperlukan energi sebesar 30 j. Berapa beda potensial antara P dan Q ?.
4. Empat buah penghambat yang besar hambatannya masing-masing 500 ohm, 1 kilo ohm, 2 kilo ohm dan 1,5 kilo ohm dihubungkan seri dan dipasang pada tegangan 1500 volt
 - a. Dengan penghambat yang besarnya berapa keempat - penghambat itu dapat diganti ?
 - b. Berapa arus yang mengalir melalui susunan penghambat itu ?.
5. Antara titik A dan titik B terdapat dua penghambat yang dipasang paralel. Besar hambatan penghambat itu masing-masing R_1 dan R_2 ohm. Bila arus yang mengalir melalui R_1 besarnya adalah I_1 A, arus yang mengalir melalui R_2 besarnya I_2 A, buktikan bahwa :

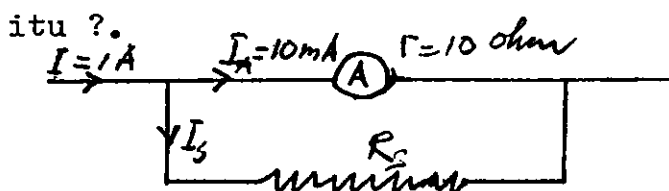
$$I_1 : I_2 = R_2 : R_1$$

6. Antara titik P dan Q terpasang tiga buah penghambat secara paralel. besar hambatannya 10 ohm, 15 ohm dan 30 ohm. Kuat arus yang masuk ke titik P besarnya 6A.
- Berapa besar hambatan pengganti ketiga penghambat itu?.
 - Berapa tegangan antara titik P dan Q
 - Berapa kuat arus pada masing-masing penghambat ?

7. Sebuah mili-amperemeter dapat mengukur arus paling tinggi sampai 10mA (0,001A). Hambatan dalam mili-amperemeter itu 10 ohm. Mili-amperemeter ini dapat digunakan untuk mengukur arus yang lebih besar dengan jalan memasang suatu penghambat paralel dengan mili-amperemeter itu (lihat gambar dibawah ini). Dengan demikian sebagian dari arus yang diukur mengalir melalui mili-amperemeter, sebagian melalui penghambat itu (penghambat yang dipasang paralel dengan mili-amperemeter itu disebut shunt)

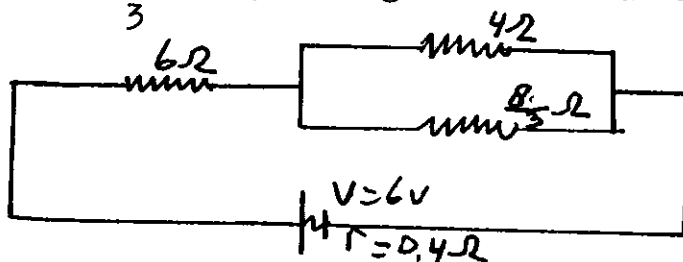
Misalkan mili-amperemeter itu hendak digunakan untuk mengukur arus 1 A. Besar hambatan shunt harus diusahakan sedemikian, sehingga Jika $I = 1$ A (lihat gambar dibawah), maka I_A harus 10 mA

- Berapa I dalam keadaan seperti itu ?
- Berapa R supaya keadaannya seperti disebut diatas



gambar soal no. 7.

8. Di antara kutub-kutub sebuah sumber tegangan ($E = 3 \text{ V}, r = 0,5 \text{ ohm}$) dipasang sebuah alat yang mempunyai hambatan $9,5 \text{ ohm}$. Berapa besar arus yang dialirkan oleh sumber tegangan itu ?
9. Berapa besar arus yang mengalir, seandainya kutub-kutub sumber tegangan pada soal 8 di atas dihubungkan oleh sebuah penghantar yang hambatannya dapat diabaikan ?.
10. Sebuah akki ($E = 2 \text{ v}, r = 0,1 \text{ ohm}$) kutub-kutubnya dihubungkan oleh dua kawat yang dipasang paralel dengan hambatan masing-masing 4 ohm dan $\frac{4}{9} \text{ ohm}$.
- Berapa arus yang mengalir melalui akki ?
 - Berapa besar arus pada tiap kawat ?.
 - Berapa besar tegangan jepit akki ?.
11. Sebuah sumber tegangan ($E = 6 \text{ V}, r = 0,4 \text{ ohm}$) dihubungkan dengan sebuah penghambat 6 ohm dan dengan dua penghambat paralel yang besarnya berturut-turut 4 ohm dan $2\frac{2}{3} \text{ ohm}$ (lihat gambar dibawah ini).



gambar soal 11.

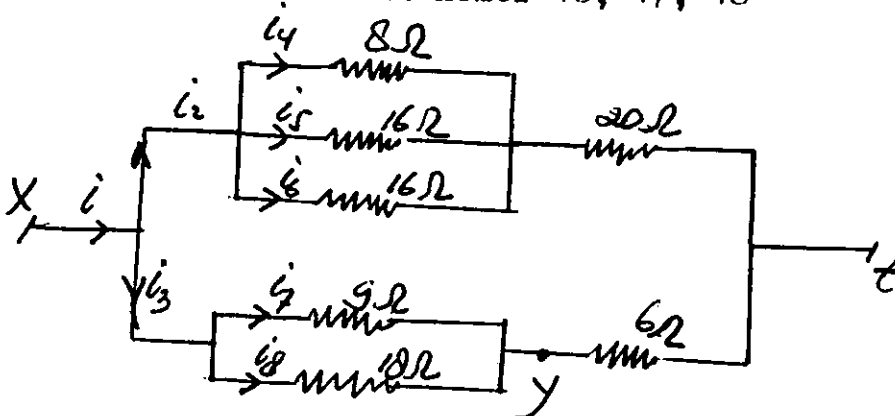
Tentukanlah :

- kuat arus dalam bagian yang tak bercabang pada rangkaian itu.
- tegangan jepit tegangan itu
- kuat arus dalam penghambat 4 ohm dan $2\frac{2}{3} \text{ ohm}$.

12. Hitung hambatan kawat tembaga yang luas penampangnya 20 mm^2 dan panjangnya 10 km .
13. Kawat tembaga dengan penampang lintang 1 mm^2 , panjangnya 100 meter , hambatan jenis pada temperatur $20 \text{ C} = 1,72 \times 10^{-8} \text{ m}$. Tentukan hambatan kawat - ini pada temperatur 0°C , dan 100°C , apabila hambatan sebagai fungsi temperatur kawat ini mengikuti hubungan :

$$R_T = R_0 [1 + (T - T_0) \alpha]$$
 Koefisien tahanan untuk tembaga $= 3,93 \times 10^{-3} (\text{C})^{-1}$
14. Apabila kawat pada soal 13 diberi beda potensial 1 V hitung arus yang terjadi pada temperatur 0°C dan 100°C .
15. Sebuah accu dengan GGL = 24 volt digunakan untuk menyalakan lampu yang hambatannya 4Ω . Hambatan dalam accu dan hambatan kawat penghubung dapat diabaikan. Hitung kuat arus yang mengalir pada lampu.

untuk nomor 16, 17, 18



Besarnya i (kuat arus yang mengalir pada tahanan 8Ω) adalah $0,5 \text{ A}$. Maka tentukan :

16. Tahanan ekivalen dari rangkain diatas

17. Beda potensial antara x dan y

18. Kuat arus total i.

_____ dw _____

B a b 3.

BEBERAPA PERUBAHAN ENERGI LISTRIK MENJADI ENERGI
DALAM BENTUK LAIN.

Dalam kehidupan modern ini sangat banyak dimanfaatkan energi listrik, baik digunakan secara langsung maupun dengan jalan merubahnya terlebih dahulu ke bentuk energi lainnya. Pada bab ini dibicarakan beberapa perubahan energi listrik menjadi energi bentuk lain tersebut.

1. Energi Listrik menjadi Energi Kimia

Perubahan energi listrik menjadi energi kimia, kita temui pada peristiwa pengisian aki, elektrolisa, penyepuhan (melapisi logam dengan logam lain). Pada peristiwa pengisian aki, pelat-pelat yang sudah ditempel oleh ion-ion dari larutan elektrolit, dengan bantuan energi listrik dilarutkan, sehingga terlepas dari pelat dan kembali bereaksi dengan ion yang terdapat pada lempeng yang berlawanan dan ion yang terdapat di dalam larutan elektrolit yang terdapat di dalam aki.

Begitu juga pada peristiwa penyepuhan (melapisi logam dengan logam lain), dua benda masing-masing yang akan dilapisi dan logam pelapisnya dimasukkan ke dalam larutan kimia. Larutan tersebut juga terbuat dari ion logam yang jenisnya sama dengan logam pelapis. Setelah kedua benda tadi dihubungkan dengan kutub-kutub baterai (logam yang akan dilapisi dihubungkan dengan kutub negatif).

Setelah beberapa saat, lalu ke dua benda dikeluarkan dari dalam larutan, maka akan kelihatan benda tersebut sudah terlapisi.

2. Energi Listrik menjadi Panas

Perubahan energi listrik menjadi energi panas ini sangat banyak dimanfaatkan di dalam kehidupan sehari-hari. terutama di dalam pekerjaan rumah tangga. misalnya pada strika listrik, kompor listrik, oven, rice cooker. Dalam hal ini energi listrik dirobah menjadi energi panas dengan menggunakan beberapa komponen elektronika. Komponen terpenting pada alat-alat tersebut untuk merubah energi tersebut adalah Elemen.

Besarnya energi listrik yang dapat dimanfaatkan, tergantung pada daya yang dibutuhkan alat (yang tertulis pada petunjuk penggunaan alat).

Contoh :

Pada sebuah strika listrik tertulis 300 watt, 220 Volt bila tegangan di rumah (tempat kita menggunakan strika) tersebut 220 volt, maka akan dibutuhkan energi setiap menit sebanyak :

$$W = Pt$$

$$W = 300 \text{ w} \cdot 60 \text{ det}$$

$$W = 18.000 \text{ watt} \cdot \text{dett} = 18.000 \text{ joule}$$

3. Alat-alat lain yang berhubungan dengan Listrik.

a. Lampu Pijar.

Lampu pijar adalah lampu yang biasanya kita

pakai, bahagian dalam terdiri dari kawat wolfram berbentuk spiral. Bahagian luar terdiri dari kaca dan bahagian yang berhubungan dengan kawat walfram terbuat dari bahan konduktor. Bila lampu dipasang, maka konduktor dialiri arus listrik. Akibatnya kawat wolfram jadi panas. Makin lama makin panas dan akhirnya berpijar.

b. Sekering (Pengaman).

Baik dirumah-rumah maupun di kantor-kantor atau di tempat-tempat yang menggunakan listrik, biasanya dibutuhkan sekering yang berguna sebagai pengaman dari kemungkinan terjadi bahaya kebakaran.

Umpamanya sekering akan putus atau mati apabila terjadi hubungan pendek.

Latihan :

1. Terjadi dari pada apakah aliran arus listrik dalam larutan elektrolit ?
2. Ion-ion dalam larutan CuSO_4 berupa atom-atom Cu, masing-masing atom itu kekurangan 2 elektron. Kalau muatan tiap elektron $1,6 \times 10^{-19}$ coulomb, berapa muatan tiap ion Cu ?.
3. Bila arus yang mengalir melalui larutan elektrolit itu 1 A, maka berarti bahwa setiap detik mengalir muatan listrik sebesar 1 coulomb, Berdasarkan jawaban soal 2, hitung berapa ion Cu yang dinetralkan dan mengendap pada katoda setiap detik ?.
4. Bila massa tiap atom Cu $1,4 \times 10^{-22}$ g, berapa gram Cu mengendap pada katoda tiap detik ? berapa gram dalam 1 menit ? Berapa gram dalam $\frac{1}{2}$ jam ?.
5. Hitung energi yang digunakan oleh sebuah lampu sener yang menggunakan bola lampu 3,5 V, 0,25 A, bila dinyalakan selama 10 menit.
6. Sebuah lampu bertulisan 3,5 V, 30 W. Apa artinya ini ? Berapa energi listrik yang dipakai lampu itu dalam 1 jam, bila lampu itu menyala dengan tegangan yang tepat Berapa arus yang mengalir ? berapa hambatan itu ?.
7. Sebuah pesawat televisi menggunakan arus sebesar 1,2A dengan tegangan 120 V. Berapa energi yang digunakan televisi itu sebulan bila tiap hari menyala selama 4 jam?
8. Dalam sebuah rumah terdapat 4 lampu 30 W, 2 lampu 60 W dan 1 lampu 10 W, yang menyala selama 5 jam tiap hari, Berapa energi yang dipakai selama 1 bulan ? Jika harga

- 1 kWh energi Rp. 10,-- Berapa sewa yang harus dibayar dalam 1 bulan ?.
9. Berapa banyak kalor yang timbul dalam 1 menit pada sebuah setrika listrik 500 W ?.
10. Kita ingin membuat sebuah elemen pemanas 250 W dari suatu kawat hambatan yang mempunyai hambatan 12,5 Ohm tiap meter panjang kawat. Tegangan sumber 125 V. Berapa meter kawat yang diperlukan ?
11. Elemen sebuah kompor listrik yang telah putus, kawat hambatannya harus disambung kembali. Dengan demikian maka kawat hambatan itu menjadi lebih pendek dari pada semula. Menjadi lebih kecil atau lebih besarkah kalor yang ditimbulkannya sekarang ?.
12. Suatu sumber tegangan 120 V dihubungkan singkat dengan kawat yang hambatannya 0,1 ohm. Berapa besar arus yang mengalir ?
-

B a b 4.

K E M A G N E T A N

1. Gejala Kemagnetan dan sifat magnet.

Magnet adalah sejenis logam yang bersifat menarik benda-benda kecil di sekitarnya. Barang kali anda sudah sering bermain-main dengan magnet ini, misalnya mendekatkan paku ke ujung magnet, paku akan ditarik oleh Magnet tersebut.

Sifat magnet yng dimiliki suatu benda bisa bersifat alami (sudah ada secara alami), bisa juga bersifat buatan. Magnet buatan dapat dibuat dengan bantuan atas listrik. misalnya kita ingin menjadikan paku menjadi magnet. Maka paku tersebut dililiti dengan kawat lalu ujung ujung kawat dihubungkan dengan kutub positif dan negatif baterae.

Setelah beberapa menit dekatkan ujung paku ke paku-paku kecil akan ditarik oleh paku besar tadi. Sebahagian dari magnet buatan bersifat sementara, apabila arus listrik dimatikan maka sifat magnetpun hilang.

Sifat menarik logam lain yang lebih kecil pada magnet, tidak sama pada setiap bahagian magnet, bahagian terkuat yang dapat menarik logam kecil adalah bahagian ujung magnet (yang disebut kutub magnet). Kita kenal dua kutub magnet, yaitu kutub utara dan kutub selatan.

Interaksi antara kutub-kutub magnet dapat dilakukan dengan percobaan sebagai berikut :

Isi sebuah baskom dengan air dan apungkan kayu di-

dalam air tersebut. Letakan sebuah magnet di atas kayu tersebut. ambil magnet lain, dekatkan kutub utara magnet yang baru dengan kutub utara magnet di dalam baskom. Apa yang terjadi ?. Lalu dekatkan pula kutub selatan ke kutub utara magnet di dalam baskom. Apa yang terjadi ?. Terakhir dekatkan kutub selatan magnet ke kutub selatan magnet yang di dalam baskom. Apa pula yang yang terjadi ?.

Dari percobaan ternyata apabila kutub senama didekatkan maka akan terjadi gaya tolak menolak. Sebaliknya apabila kutub yang tidak senama didekatkan akan terjadi gaya tarik menarik.

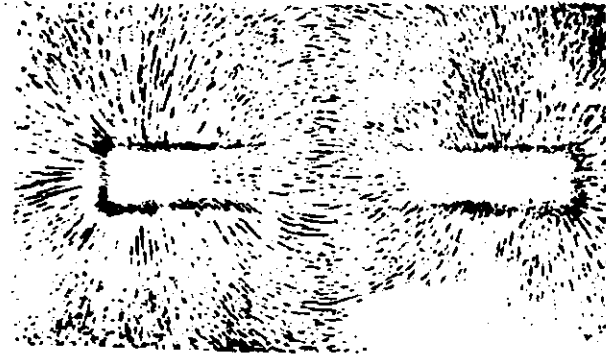
2. Medan Magnet

Apabila sebuah magnet kita letakan di suatu tempat (ruang), maka ruang disekitar kutub magnet tersebut akan dipengaruhi oleh kutub magnet tersebut. Apabila di dalam ruang tersebut diletakan kutub magnet yang lain, maka akan terjadi interaksi. Daerah disekitar magnet tersebut kita kenal dengan Medan Magnet.

Medan Magnet tidak dapat di tangkap langsung oleh mata kita. Medan magnet dapat digambarkan sebagai garis-garis khayal yang disebut garis gaya magnet. Adanya medan magnet dapat dilihat dengan sebuah percobaan.

Ambil sebuah magnet kuku kuda, letakan dengan kutub menghadap ke atas. Letakan kertas karton di atas kutub-kutub magnet tersebut. Taburkan serbuk besi di atas kertas tadi, lalu letakan kertas perlahan-lahan. Susun-

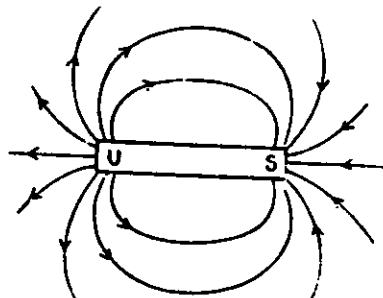
an serbuk besi di sekitar kutub magnet adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.1.

Pola serbuk besi disekitar kutub magnet.

Garis gaya magnet merupakan besaran vektor, yang arahnya selalu menjauhi kutub utara dan menuju kutub selatan. Dimana kalau kita lukiskan garis gaya magnet dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



gambar 4.2.

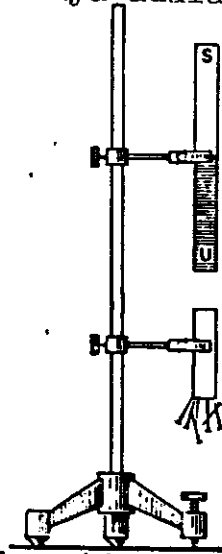
Garis gaya magnet

3. Induksi Magnet.

Di dalam kelistrikan kita mengenal memuati benda secara induksi. Identik dengan peristiwa tersebut, sifat magnet bisa kita buat dengan cara induksi.

Membuat magnet dengan cara induksi yaitu dengan ja

lan meletakkan kutub magnet dekat ujung logam (batang) yang akan dijadikan magnet. caranya adalah seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.3.
Induksi magnet

Apakah batang tadi sudah bersifat magnet atau belum dapat dibuktikan dengan mendekatkan paku kecil ke-ujung batang tersebut. Adapun kutub yang timbul pada batang yaitu: ujung batang yang berdekatan dengan kutub magnet akan mempunyai kutub yang berlawanan dengan kutub magnet tersebut. Sedangkan ujung lain menjadi kutub yang sama dengan kutub magnet tadi. Kalau kita lihat gambar diatas, maka ujung yang dekat dengan magnet akan menjadi kutub selatan dan yang jauh dari magnet menjadi kutub utara.

4. Teori Tentang Kemagnetan.

Pernahkan anda memotong sebuah magnet ? kalau belum ambil sebuah magnet batang, lalu potong ditengahnya. Apa yang terjadi ?, dari hasil pemotongan tadi apakah hilang sifat magnetnya.

Ternyata dengan memotong magnet sifat magnetnya tidak akan hilang. Akan timbul dua magnet baru.

Dimana pada tempat pemotongan akan terbentuk 2 (dua) kutub yang berlawanan, sehingga masing-masing potongan juga akan mempunyai kutub utara dan kutub selatan.

Kenapa hal ini bisa terjadi ? marilah kita tinjau teori tentang kemagnetan ini.

Sebatang magnet tersusun dari magnet-magnet kecil yang biasanya dikenal dengan magnet elementer. Kita ketahui bahwa besi dan baja bisa dibuat menjadi magnet. Sedangkan dalam keadaan alami besi dan baja tersebut tidak bersifat sebagai magnet. Barangkali besi dan baja tersebut juga tersusun dari magnet elementer, tetapi magnet-magnet elementer tersebut tidak teratur susunannya, sehingga baik besi maupun baja tidak mempunyai kutub.

Sewaktu kita membuat besi dan baja menjadi magnet, magnet-magnet elementer disusun sedemikian rupa, sehingga susunannya menjadi teratur dan terbentuklah kutub pada kedua ujungnya.

Bila kita banding besi dengan baja, maka baja lebih sukar dijadikan magnet, akan tetapi kalau sudah jadi magnet, sifat magnet baja sering bersifat permanen, sedangkan sifat magnet besi hanya bersifat sementara. Secara hipotesis dapat dikatakan bahwa lebih mudah menukar magnet elementer penyusun besi dari pada baja. Karena magnet elementer baja sulit diputar, maka sulit pula untuk dikembalikan pada posisi semula; inilah yang mengakibatkan setelah sekali menjadi magnet, baja tetap bersifat magnet. Teori ini kita kenal dengan teori mag-

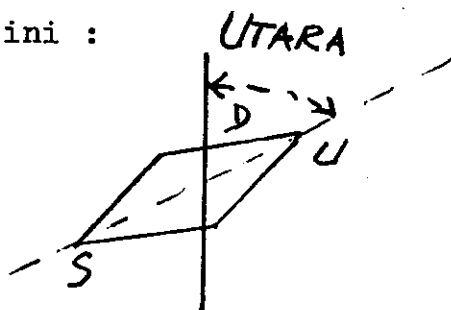
net elementer.

5. Kemagnetan Bumi

Kalau sebuah magnet kecil seperti kompas kecil kita letakan di atas meja, maka kelihatan bahwa jarum kompas yang terdiri dari kutub utara dan selatan tersebut, berusaha menghadap ke arah yang tetap. Berarti bahwa ada suatu gaya yang bekerja pada kutub kutub tersebut. Dari sifat magnet kita ketahui kutub tak senama akan saling tarik menarik. Nah dari azas tersebut kita berkesimpulan bahwa bumi juga mempunyai magnet.

Arah magnet bumi dapat kita lihat dari arah kutub magnet kompas. Kutub utara kompas selalu mengarah ke sebelah utara bumi dan kutub selatan mengarah ke kutub selatan bumi. Maka dari hal ini dapat kita simpulkan, bahwa kutub utara magnet bumi terdapat dekat kutub selatan bumi dan kutub selatan magnet bumi terletak pada arah dekat kutub utara bumi.

Penyimpangan antara kutub utara bumi dan kutub selatan magnet bumi disebut Sudut Deklinasi. Untuk lebih jelasnya sudut diklinasi tersebut dapat kita lihat pada gambar dibawah ini :

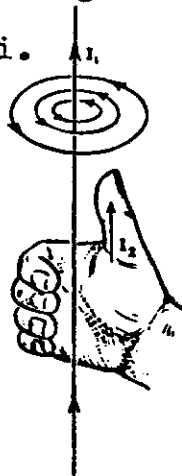


Gambar 4.4.
Sudut Deklinasi.

6. Medan Magnet di sekitar Arus Listrik

Di dalam menyelidiki gejala kelistrikan dan kemagnetan para ahli sering menemui kesamaan-kesamaan sifat listrik dan magnet. Juga ditemui hubungan yang sangat banyak antara listrik dan magnet. Salah seorang Ahli yang terkenal dalam menyelidiki hubungan listrik & magnet adalah Hans Christian Oerstedt.

Di antara persamaannya Oerstedt mengemukakan bahwa terdapat medan magnet di sekitar arus listrik. Penemuan Oerstedt ini dapat dibuktikan dengan meletakkan kompas di dekat kawat yang dialiri arus listrik, jarum kompas tersebut akan disimpangkan. Arah penyimpangan jarum kompas dapat diperlihatkan dengan aturan tangan kanan, seperti gambar dibawah ini.



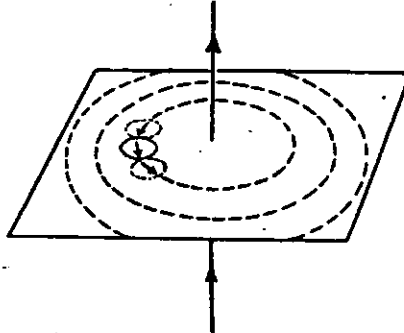
Gambar 4.5.

Menentukan arah garis gaya

Bila Ibu jari menunjukkan arah arus, maka empat jari yang lainnya menunjukkan arah garis gaya.

Bagaimana gambaran garis gaya di sekitar kawat ber arus listrik dapat kita bantu dengan melewati kawat ber arus tadi pada kertas karton, lalu taburkan serbuk besi di-

sekitar kawat tadi. Gambaran serbuk besi akan memperlihatkan garis gaya yang kita maksud. Hasilnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.6.

Garis gaya di sekitar kawat ber arus.

7. Medan Magnet Kumparan

Apabila penghantar ber arus berupa penghantar lurus, medan magnet yang dihasilkan kecil, sehingga pengaruhnya terhadap keliling juga kecil, Untuk memperoleh medan magnet yang besar, maka penghantar dibentuk menjadi sebuah lilitan (kumparan). Kita bisa membuat jumlah lilitan yang cukup banyak untuk menghasilkan medan magnet yang besar. Medan magnet antara satu lilitan dan lilitan lain akan saling memperkuat. Lilitan yang cukup panjang dikenal dengan nama Solenoida.

Sebuah solenoida yang di aliri arus listrik, bila kita dekatkan dengan kutub magnet, ternyata salah satu ujungnya menarik kutub utara dan ujung yang lain menolak kutub utara. Jadi dapat kita artikan Solenoida berfungsi sebagai sebuah magnet, sewaktu di aliri arus listrik.

Untuk meningkatkan lagi besar medan magnet yang dihasilkan, maka biasanya didalam lilitan diisi dengan besi. Kumpuran dan inti besi ini menghasilkan magnet yang cukup kuat yang disebut Elektromagnet (magnet listrik).

Kuat medan magnet listrik ini dapat dirobah dengan merobah kuat arus, dan dapat dihilangkan dengan memutuskan arus.

Magnet listrik ini sangat besar manfaatnya karena banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain untuk mengakat alat-alat berat, untuk bel listrik, pesawat telepon, pesawat relay, alat ukur listrik, motor listrik dan lain-lain.

Latihan.

1. Jika dua benda saling tarik menarik, dapatkah dipastikan bahwa salah satu atau kedua benda itu magnet? jelaskan !.
2. Ada tiga batang yang sama bentuknya. Dua dari padanya adalah magnet. Bagaimana caramu memastikan, mana magnet dan mana bukan dengan menggunakan ketiga batang saja ?.
3. Sebuah magnet kalau dipukul-pukul dengan palu dapat kehilangan kemagnetannya. jelaskan sebabnya berdasarkan teori magnet elementer.
4. Sebatang baja yang diletakkan menurut arah utara-selatan dan dipukul-pukul dengan palu berkali-kali, dapat menjadi magnet. Jelaskan hal ini berdasarkan teori magnet elementer.
5. Jelaskan dengan teori magnet elementer mengapa kemagnetan sebuah magnet dapat hilang bila magnet itu dipanaskan.
6. Bagaimana kita dapat mengetahui bahwa didalam suatu ruang terdapat medan magnet ?.
7. Jelaskan berdasarkan teori magnet elementer mengapa besi lunak menjadi magnet bila diletakkan dalam suatu medan magnet.
8. Jelaskan dengan teori magnet elementer mengapa besi ditarik oleh kutub magnet.
9. Jelaskan dengan teori magnet elementer, mengapa medan magnet sebuah kumparan menjadi lebih kuat kalau ke dalam kumparan itu dimasukkan inti dari besi lunak.

10. Gambarkanlah sebuah skema pemasangan beberapa buah saklar untuk sebuah bel listrik, sedemikian sehingga saklar manapun yang ditekan, bel itu akan berbunyi.



B a b 5.

INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

Pada saat ini sudah banyak ditemui hubungan antara listrik dan magnet dan sudah banyak pula di manfaatkan di dalam kehidupan sehari-hari.

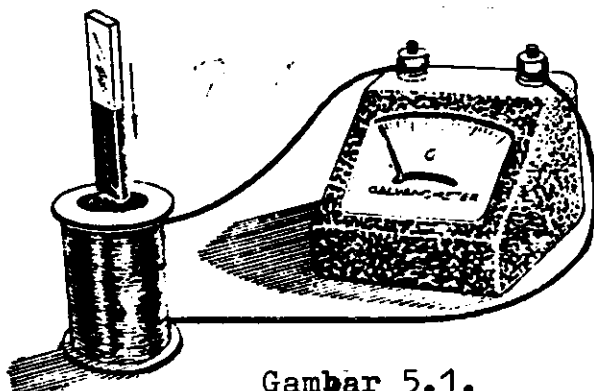
Pemanfaatan tenaga listrik dan magnet tersebut adalah dengan menggunakan Induksi Elektromagnetik.

Pertama kali induksi elektromagnetik ini ditemukan oleh seorang ahli fisika Michael Faraday.

1. Penemuan Arus Induksi.

Pada bab sebelumnya kita ketahui bahwa Oerstedt menemukan, bahwa arus listrik menimbulkan medan magnet disekitarnya. Nah yang menjadi pertanyaan bagi Faraday adalah apakah hal sebaliknya terjadi, setelah 9 tahun melakukan percobaan barulah Faraday menemukan bahwa arus listrik dapat ditimbulkan oleh medan magnet.

Percobaan sederhana dapat dilakukan menggunakan sebuah lilitan, sebuah magnet dan Galvanometer. Cara melakukan percobaan adalah seperti gambar dibawah ini :



Gambar 5.1.

Menimbulkan arus induksi

Hubungkan lilitan dengan kutub-kutub sebuah galvanometer, lalu gerakan dengan cara keluar masuk. magnet di dalam lilitan, dengan kecepatan yang berubah-ubah.

Ternyata jarum galvanometer bergerak sewaktu kita menggerakkan magnet. Bergeraknya jarum galvanometer menunjukkan ada arus, Arus inilah yang kita kenal dengan arus induksi.

Menggerakkan dengan cara keluar masuk sebuah magnet di dalam lilitan berarti merubah jumlah garis gaya magnet di dalam kumparan. Berarti perubahan garis gaya magnet inilah yang mengakibatkan terjadinya arus induksi. Singkatnya dari hasil percobaan tersebut Faraday berkesimpulan, bahwa bila garis-garis gaya magnet yang masuk ke dalam suatu kumparan berubah jumlahnya, maka pada ujung-ujung kumparan itu timbul gaya gerak listrik (GGL) atau beda potensial listrik. Bila yang ujung kumparan itu dihubungkan oleh sebuah penghantar, maka akan mengalirlah arus listrik.

Gaya gerak Listrik (GGL) yang timbul dengan cara ini disebut GGL induksi dan arus yang timbul disebut Arus Induksi. Besar GGL dan arus induksi tergantung pada kecepatan perubahan garis gaya dan jumlah lilitan. Makin cepat perubahan garis gaya, semakin besar pula GGL dan arus induksi yang timbul. Semakin banyak jumlah lilitan, semakin besar pula GGL dan arus induksi yang timbul. Untuk memperbesar GGL dan arus induksi yang terjadi maka kedalam lilitan dimasukkan besi lunak.

2. Mesin Pembangkit arus Bolak Balik

Dari uraian sebelumnya sudah kita ketahui, bahwa apabila medan magnet di gerakkan di dalam kumparan akan terjadi arus induksi. Pada bahagian ini kita akan membicarakan cara menimbulkan arus induksi dengan menggerakkan kumparan di dalam medan magnet. Dalam hal ini energi mekanik akan dirobah menjadi energi listrik. Alat yang dapat merobah energi mekanik menjadi energi listrik disebut Mesin Pembangkit tenaga listrik, generator atau dinamo.

Pada prinsipnya sebuah dinamo terdiri dari dua kutub magnet utara dan selatan; ditengahnya diberi lilitan yang dapat berputar pada sumbunya. Sebelum lilitan berputar GGL nol dan arus induksi juga nol, setelah lilitan diputar akan timbul arus induksi, makin lama makin besar sampai mencapai harga maksimum, kembali nol, minimum nol lagi. Jadi arus yang terjadi tidak konstan baik besar maupun arahnya.

Dalam satu kali putaran akan terjadi satu kali harga maksimum, satu kali minimum dan dua kali nol. Arus yang arahnya selalu berobah-robah disebut arus bolak-balik (AC) dan GGL yang timbul juga bolak balik, maka disebut juga GGL bolak balik.

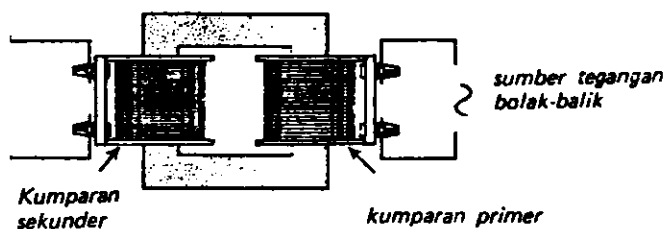
Sebuah generatoe biasanya terdiri dari sejumlah magnet yang berputar di dalam lilitan. Sebuah generator biasanya terdiri dari bahagian tetap dan bahagian yang berputar; bahagian yang tetap disebut **Stator** dan baha-

gian yang berputar disebut Rotor. Generator ini juga menghasilkan arus bolak balik (AC).

3. Transformator

Transformator (Trafo) adalah sebuah alat yang dibuat untuk merubah besar tegangan arus bolak-balik. Sebagai perubah transformator dapat menaikkan tegangan, transformator jenis ini disebut Step up trafo. Sedangkan transformator yang berfungsi tegangan disebut Step down trafo.

Sebuah trafo pada prinsipnya terdiri dari dua lilitan yang intinya diberi besi lunak. Inti tersebut tidak berujung dan berpangkal. Untuk jelasnya dapat kita lihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5.2.

Transformator

Kumparan yang dihubungkan dengan sumber tegangan yang akan dirobah disebut Kumparan Primer dan kumparan yang lain disebut Kumparan sekunder. Besar tegangan sekunder tergantung pada perbandingan jumlah lilitan ke dua kumparan dan tergantung pula pada besarnya tegangan primer.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan oleh para ahli fisika, maka diperoleh kesimpulan bahwa " Perbandingan antara tegangan primer dengan tegangan sekunder sama dengan perbandingan antara jumlah lilitan primer dan sekunder ". Secara singkat dapat ditulis :

$$V_p : V_s = N_p : N_s$$

Bila besar arus primer adalah I_p dan arus sekunder I_s , dapat ditulis hubungan keduanya :

$$V_p \cdot I_p \cdot t = V_s \cdot I_s \cdot t$$

$$V_p \cdot I_p = V_s \cdot I_s$$

atau :

$$I_p : I_s = V_s : V_p = n_s : n_p$$

4. Transmisi Listrik Jarak Jauh.

Pembangkit-pembangkit tenaga listrik raksasa, biasanya dibangun pada tempat-tempat yang jauh dari konsumen. Biasanya jarak antara pembangkit dengan pemakai tenaga listrik tersebut berpuluh-puluh bahkan beratus-ratus kilometer.

Untuk memindahkan tegangan yang sangat tinggi tersebut dengan jarak cukup jauh tersebut, tentu tidak dapat tidak ada kehilangan energi di perjalanan. Kita ketahui antara kuat arus dengan energi.

$$W = i^2 r \cdot t$$

Jadi semakin besar arus yang mengalir, semakin besar pula energi yang hilang. Di samping itu untuk membawa

arus besar dibutuhkan kawat yang ukurannya besar pula, tentu kawat penghantar tersebut juga berat, disamping harganya tentu cukup mahal.

Untuk mengurangi kerugian-kerugian di atas, maka untuk mentransmisikan listrik jarak jauh digunakan tegangan tinggi, sehingga arus yang mengalir menjadi kecil dan daya tetap. Hal ini tentu dapat kita pahami dari hubungan antara daya, tegangan dan kuat arus. Misalnya untuk memindahkan daya 10 MW, bila digunakan tegangan 500 volt, maka arus yang mengalir :

$$i = \frac{10 \cdot 10^6 \text{ watt}}{500 \text{ volt}} = 2 \cdot 10^4 \text{ A} = 20.000 \text{ A}$$

Tapi bila kita gunakan tegangan 500 KV, maka kuat arus yang mengalir adalah :

$$i = \frac{10 \cdot 10^6}{500 \cdot 10^3} = 20 \text{ A.}$$

Arus dari pembangkit tersebut di alirkan ke suatu pusat di dalam daerah yang menggunakan tenaga listrik tersebut. Pada pusat penerima tersebut tegangan di masukan kedalam trafo penerima tegangan. Dari sinilah selanjutnya disebarkan ke trafo-trafo, yang tersebar pada beberapa tempat. Selanjutnya dari trafo ini diteruskan kerumah-rumah atau tempat yang menggunakan tenaga listrik tersebut.

5. Induktor

Bagi pemakai tenaga listrik bidang teknik, sering

dibutuhkan tegangan tinggi tapi daya kecil, untuk keperluan tersebut digunakan suatu alat yang disebut dengan Induktor atau sering juga disebut Induktor Ruhmkorff.

Pada dasarnya sebuah induktor terdiri dari sebuah lilitan yang intinya besi lunak. Salah satu yang lilitan dihubungkan dengan positif sumber tegangan dan ujung lainnya dihubungkan dengan pegas baja bersetuhan dengan sekerup yang dihubungkan dengan negatif sumber tegangan. Sekerup berfungsi sebagai pemutus arus, disebut juga dengan Interuptor.

Cara kerja induktor secara sederhana adalah sebagai berikut. Bila arus mengalir besi lunak berubah menjadi magnet sehingga dapat menarik pegas baja. Ini mengakibatkan hubungan pegas dan sekerup lepas, sehingga arus terputus. Terputusnya arus mengakibatkan sifat magnet besi jadi hilang. Hilangnya sifat magnet besi mengakibatkan terlepasnya pegas dari besi, sehingga kembali terbentuk hubungan dengan sekerup, kembali terjadi arus listrik. Demikianlah terjadi secara berulang-ulang selama induktor tersebut dipakai.

Latihan :

1. Arus dalam kumparan primer sebuah induktor Ruhmkorff adalah arus searah. Mengapa dalam kumparan sekunder dapat terjadi ggl induksi ?.
2. Suatu energi listrik dengan daya 1 MW dikirim dengan tegangan 125 KV. Berapa kuat arus yang mengalir melalui penghantar yang digunakan untuk mengalirkan arus itu ?.
3. Mengapa lebih menguntungkan mengirim arus listrik ke tempat-tempat yang jaraknya jauh dengan mempergunakan tegangan tinggi dibandingkan dengan tegangan rendah ?.
4. Sebuah transformator mempunyai daya 150 W. Tegangan sekundernya 6 V. Berapa kuat arus paling besar dapat dialirkan oleh kumparan sekunder ?.
5. Perbandingan lilitan primer dengan lilitan sekunder 20 : 1 . Tegangan primer 120 V. Berapa tegangan sekunder ? berapa kuat arus primer bila arus sekunder 2 A?
6. Perbandingan antara banyak lilitan primer dengan lilitan sekunder adalah 1 : 10. Tegangan primer 110 V Berapa tegangan sekunder ? (dianggap bahwa tidak ada energi yang hilang dalam transformator).
7. Mengapa transformator tidak dapat digunakan untuk arus searah yang besarnya tak berubah-ubah (tetap)?.
8. Sebutkan hal-hal yang mempengaruhi besar kecilnya ggl induksi yang timbul dalam suatu kumparan.
8. Bila sebuah magnet tidak bergerak terhadap kumparan, maka dalam kumparan itu tidak timbul ggl induksi.

Jelaskan sebabnya berdasarkan jawaban pertanyaan nomor 9.

- 9. Apa yang harus terjadi di dalam sebuah kumparan supaya pada ujung-ujung kawat kumparan itu terjadi ggl induksi.
 - 10. Bila sebuah kumparan diputar dalam suatu medan magnet, maka dalam kumparan itu timbul ggl induksi. Jelaskan sebabnya!
-

B a b 6

C A H A Y A

Barangkali kata-kata cahaya bukanlah hal yang asing lagi bagi kita. Tanpa adanya cahaya kita tidak dapat melihat apa saja yang ada di alam ini. Kalau kita mengkaji dan mengamati sifat-sifat cahaya, maka kita berkesimpulan bahwa cahaya itu bersifat sebagai gelombang.

Dimana sifat-sifat gelombang ditunjukkan oleh cahaya, di antaranya :

- a. Cahaya dapat dipantulkan
- b. Cahaya dapat bersilang tanpa merubah kecepatan.
- c. Cahaya dapat dibiaskan (diubah arahnya).
- d. Cahaya dapat melentur
- e. Cahaya dapat berinterferensi

Disamping bersifat sebagai gelombang ada suatu sifat khas dari cahaya; yaitu seperti halnya gelombang elektromagnetik, cahaya dapat merambat tanpa medium. Setelah di ukur ternyata cahaya mempunyai kecepatan yang sama dengan kecepatan gelombang elektromagnetik. Karena sifat yang demikian maka kita berkesimpulan bahwa cahaya adalah gelombang elektromagnetik.

Adapun spektrum dari gelombang elektromagnetik ini dapat kita lihat seperti tabel pada halaman berikut.

Cahaya dihasilkan oleh sumber cahaya misalnya Mata hari; bulan; bintang, lampu dan lain-lain. Sumber cahaya yang memancarkan cahaya yang dihasilkan oleh sumber itu sendiri disebut sumber Cahaya Septi.

Dari sumber cahaya akan bergerak memancar kesegala arah, menempuh lintasan berupa garis lurus; sesuai dengan sifat cahaya sebagai gelombang. Apakah benar cahaya itu merambat lurus atau tidak, dapat kita lihat umpamanya, pada atap yang(berlobang kecil), waktu hari panas terlihat cahaya matahari merambat mengikuti garis lurus. Juga dapat kita lihat pada cahaya lampu mobil pada jarak yang agak jauh, cahaya senter dan lain-lain.

Untuk lebih jelasnya marilah kita lihat sifat-sifat cahaya selanjutnya.

1. Pemantulan Cahaya

Pada bahagian awal bab ini sudah kita ketahui bahwa cahaya dapat dipantulkan. Sebahagian benda bila dikenai cahaya maka cahaya tersebut akan dipantulkan kesegala arah; pemantulan ini disebut pemantulan baur, atau pemantulan Difus.

Karena pemantulan kesegala arah tersebut, hasil pemantulannya tidak kuat, sehingga bila kita melihat benda tersebut mata kita tidak menerima pantulan yang kuat (kita merasa nyaman melihat)

Sebahagian benda yang lain apabila dijatuhi cahaya maka cahaya akan dipantulkan ke arah tertentu saja.

Pemantulan ini disebut pemantulan teratur. Pemantulan teratur biasanya terdapat pada benda-benda yang mempunyai permukaan rata. misalnya permukaan air, kaca dan lain-lain.

Untuk keperluan sehari-hari banyak juga menggunakan pemantulan teratur, dimana benda-benda yang menghasilkan pemantulan tersebut sangat bermanfaat umpamanya Cermin datar, cermin cembung dan cermin cekung.

Pemantulan cahaya baik pada cermin datar, cermin cekung maupun pada cermin cembung berlaku ketentuan yang sama yaitu hukum Snellius.

Tentang pemantulan cahaya, hukum Snellius berbunyi :

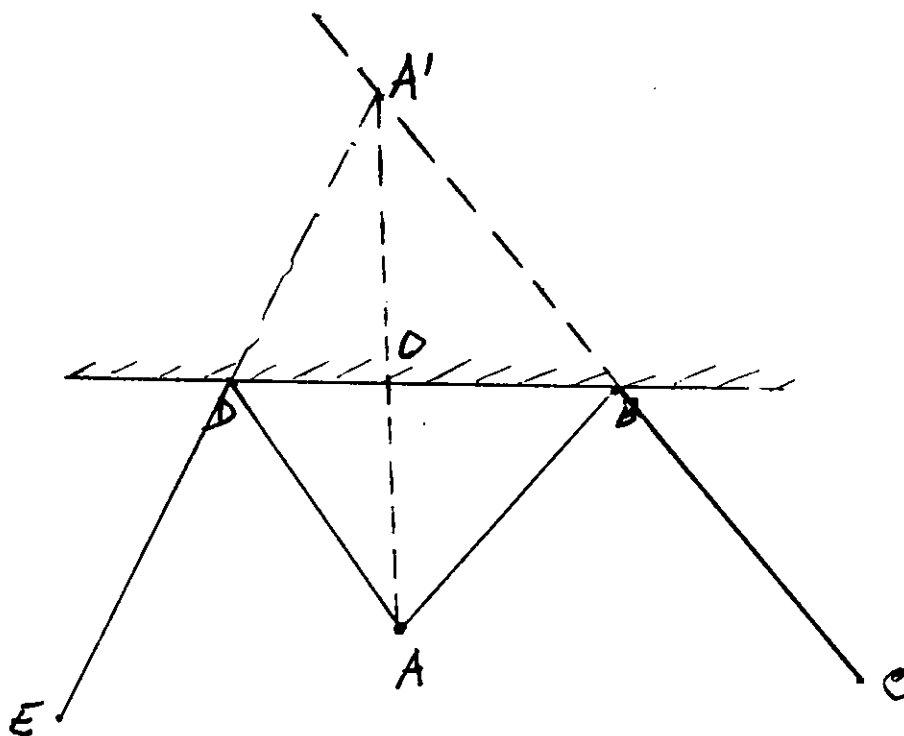
- a. Sinar jatuh, garis normal dan sinar pantul selalu terletak pada satu bidang datar.
- b. Sudut jatuh selalu sama dengan sudut pantul.

Garis normal adalah garis lurus yang selalu tegak lurus pada permukaan cermin.

1.1. Pemantulan cahaya pada Cermin Datar

Pemantulan cahaya pada cermin datar diperlihatkan dengan suatu percobaan. Dari percobaan yang kita lakukan akan diperoleh bayangan yang dihasilkan cermin datar.

Cara melakukan percobaan adalah seperti gambar dibawah ini :



gambar 6.1.

Menentukan bayangan pada cermin datar

Letakan cermin datar diatas kertas putih, tandai permukaannya. Ambil jarum pentul A, tusukan pada sembarang tempat didepan cermin. Amati di dalam cermin dan tusukan jarum pentul B pada permukaan cermin sebelah kanan. Amati lagi di dalam cermin, tancapkan pula jarum pentul C yang kelihatannya di dalam cermin segaris dengan A dan B. Lakukan cara yang sama seperti menancapkan jarum B dan C, untuk jarum D dan E pada bahagian kiri cermin. Angkat cermin, hubungkan A dengan B dan A dengan D. AB dan AD berfungsi sebagai garis sinar jatuh. Hubungkan B dengan C dan D dengan E. BC dan DE merupakan garis pantul. Perpanjang garis CB dan ED, sehingga berpotongan pada titik A'. Hubungkan A dengan A'

sehingga memotong permukaan titik O. OA adalah jarak benda dan OA' jarak bayangan.

Dari hasil percobaan akan dihasilkan :

1. Sudut datang sama dengan sudut pantul
2. Bayangan terletak di belakang cermin
3. jarak benda sama dengan jarak bayangan

Dari ketiga hasil tersebut diatas dapat kita simpulkan, pemantulan pada cermin datar sebagai berikut :

1. Jarak bayangan sama dengan jarak benda
2. Bayangan bersifat semu, karena terletak di belakang cermin.
3. Besar benda sama dengan besar bayangan

1.2. Pemantulan Cahaya pada permukaan Lengkung

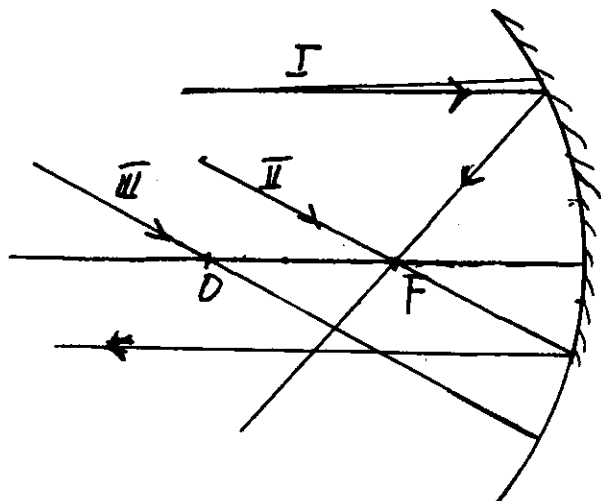
Pada bahagian ini kita hanya membahas pemantulan pada cermin cekung dan cermin cembung.

Pada kedua permukaan tersebut akan berlaku hukum Snellius tentang pemantulan; untuk menentukan bayangan pada kedua permukaan itu tersebut digunakan tiga sinar utama. Tiga sinar utama dimaksudkan adalah :

- a. Sinar sejajar sumbu utama, dipantulkan melalui titik api.
- b. Sinar yang melalui titik pusat kelengkungan dipantulkan segaris dengan sinar itu juga.
- c. Sinar yang melalui titik api dipantulkan.

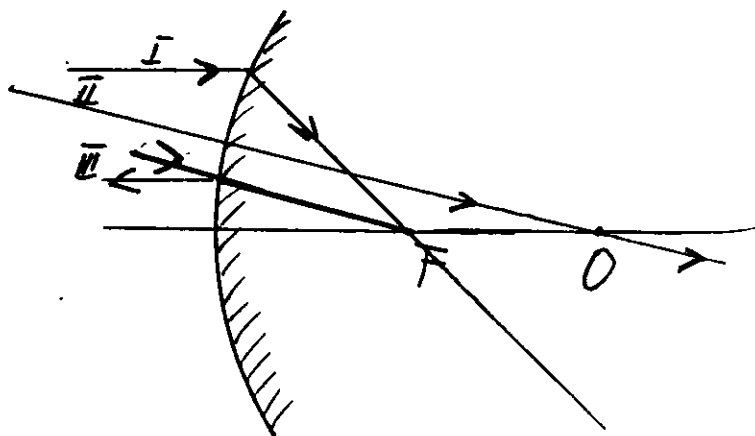
Untuk jelasnya pada gambar dihalaman berikut ini diperlihatkan jalan sinar pada cermin cekung

dan cermin cembung tersebut :



Gambar 6.2.a

Jalan Sinar pada cermin cekung.



Gambar 6.2.b

Jalan sinar pada cermin cembung.

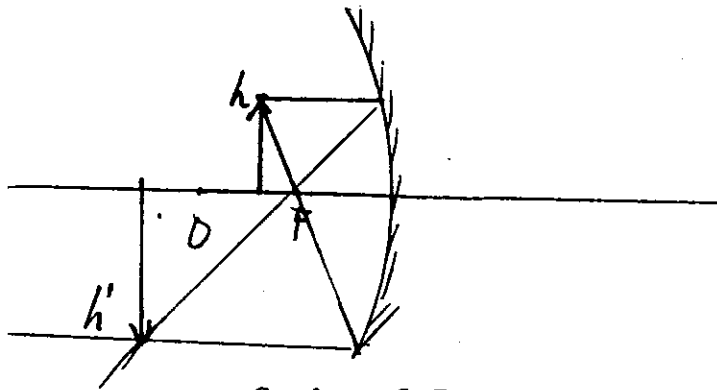
Sifat dan ukuran bayangan pada bidang lengkung ini tergantung pada letak benda. Ada 4 kemungkinan letak benda yang lebih umum disebut ruang, yang pembagiannya adalah sebagai berikut:

- I. Antara fokus dan cermin
- II. Antara fokus dan pusat kelengkungan
- III. Sesudah pusat kelengkungan.
- IV. Dibelakang kelengkungan.

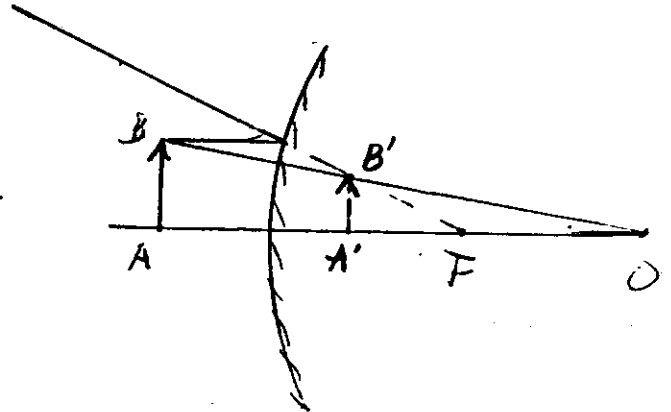
Dimana besar dan sifat yang dihasilkan oleh benda yang terletak diruang berbeda adalah berbeda.

Di dalam percobaan di laboratorium, bayangan cermin cembung tidak dapat ditangkap langsung. Untuk dapat menangkap bayangan yang dihasilkan cermin cembung harus dibantu dengan cermin datar,

Dibawah ini diperlihatkan masing-masing satu contoh pembentukan bayangan pada cermin cekung dan cermin cembung.



Gambar 6.3.a
Menentukan bayangan pada cermin cekung



Gambar 6.3.b
Menentukan bayangan cermin cembung

Untuk menghitung jarak bayangan pada cermin cekung dan cermin cembung digunakan rumus :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \dots\dots\dots (1)$$

dimana : f = panjang fokus

S = jarak benda ke cermin

S' = jarak bayangan ke cermin

Pada cermin panjang fokus sama dengan setengah kali jari-jari (R), sehingga persamaan dapat ditulis :

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \dots\dots\dots (2)$$

Untuk menentukan besar bayangan (perbesaran) digunakan rumus :

$$M = \frac{S'}{S} = \frac{h'}{h} \dots\dots\dots (3)$$

dimana M menunjukkan besar bayangan relatif terhadap benda, h tinggi benda h' tinggi bayangan.

2. Pembiasan Cahaya.

Arah penjalaran cahaya dapat dirobah dengan merubah medium tempat penjalaran cahaya atau menggunakan dua medium yang kerapatannya berbeda. Bila cahaya merambat dari medium rapat ke medium yang lebih renggang, maka cahaya dibiaskan ke arah menjauhi garis normal. Sebaliknya apabila Cahaya merambat dari medium renggang ke medium yang lebih rapat, maka akan dibiaskan ke arah mendekati garis normal.

Berapa jauh penyimpangan tersebut tergantung pada besar indeks datang dan indeks bias kedua medium. Indeks bias maksudnya perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa dengan kecepatan cahaya di dalam suatu medium. Kecepatan cahaya di dalam medium tentu tergantung pada kerapatan medium. Indeks bias biasanya dilambangkan dengan (n) . Jadi secara singkat dapat ditulis :

$$n = \frac{c}{c_n} \dots\dots\dots (4)$$

dimana n = indeks bias suatu medium

c = cepat rambat cahaya di ruang hampa

c_n = cepat rambat cahaya di dalam medium

Peristiwa pembiasan cahaya dapat dilihat pada medium bening. Di dalam percobaan di Laboratorium peristiwa pembiasan dapat diperlihatkan dengan lensa positif

lensa negatif, kaca setengah lingkaran, prisma dan lain lain. Untuk semua benda-benda yang disebutkan pada contoh di atas berlaku hukum Snellius tentang pembiasan ; yaitu :

1. Sinar jatuh garis normal dan sinar bias terletak pada satu bidang datar.
2. Perbandingan proyeksi sinar jatuh dan sinar bias yang sama panjangnya pada bidang batas antara dua zat bening merupakan bilangan tetap.

Hukum yang kedua kita tulis secara ringkas dengan menggunakan perbandingan sinus sudut datang dengan sinus sudut bias. Bila sudut datang dan sudut bias masing-masing i dan r maka dapat ditulis :

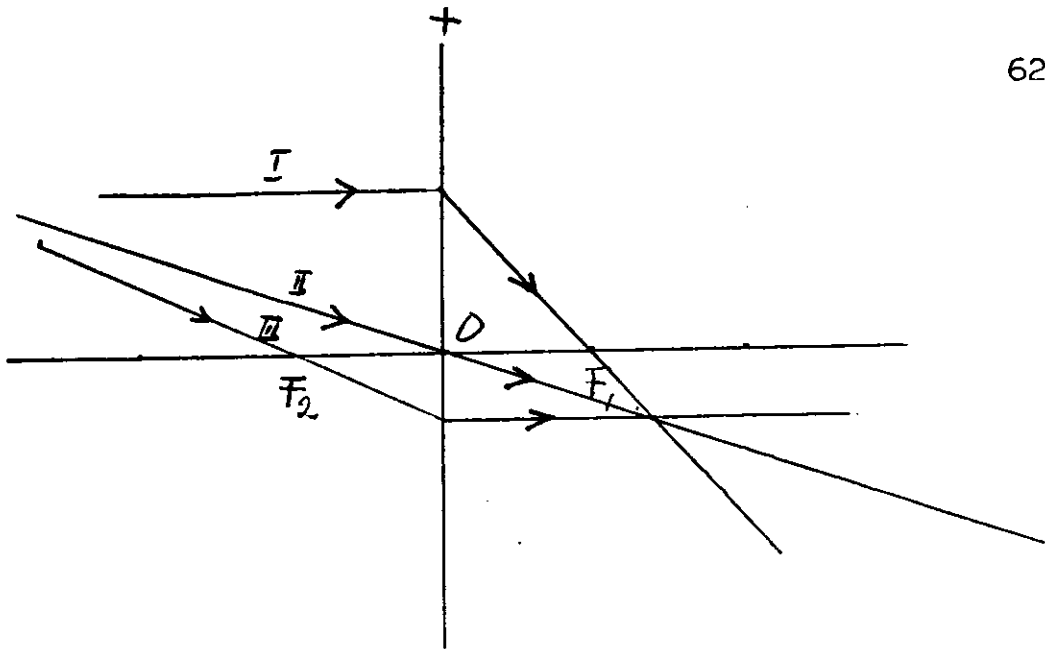
$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

dimana n = indeks bias medium

Untuk menentukan letak bayangan pada lensa positif (lensa cembung) dan lensa negatif (lensa cekung), digunakan 3 (tiga) sinar utama. Tiga sinar utama pada lensa positif :

1. Sinar sejajar sumbu utama dibiaskan melalui titik fokus pertama.
2. Sinar melalui fokus kedua dibiaskan sejajar sumbu utama.
3. Sinar melalui pusat optik tidak dibiaskan.

Agar lebih jelas dan mudah dipahami dibawah ini di perlihatkan 3 sinar utama pada lensa positif.



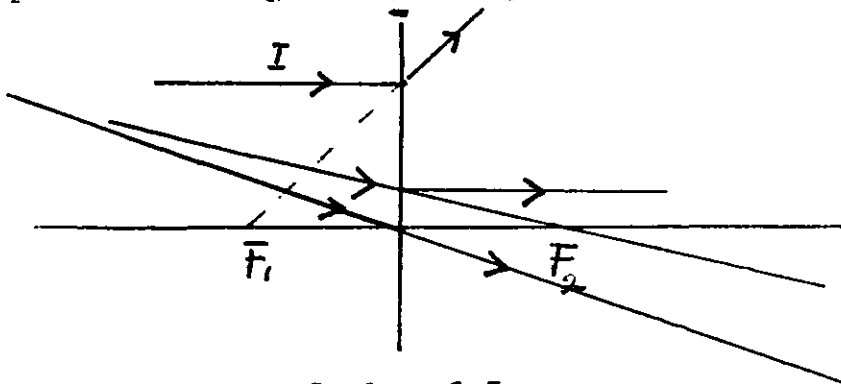
Gambar 6.4.

Jalan sinar pada lensa positif

Berikut ini adalah 3 sinar utama pada lensa negatif :

1. Sinar sejajar sumbu utama dibiaskan seakan datang dari fokus kedua.
2. Sinar melalui titik fokus kedua dibiaskan sejajar sumbu utama.
3. Sinar melalui pusat optik tidak dibiaskan.

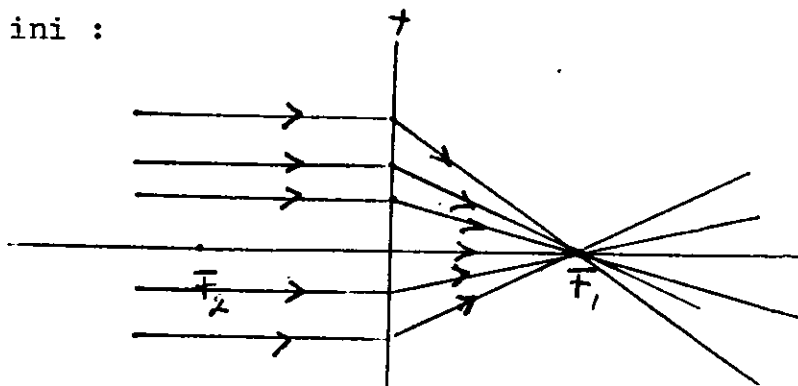
Untuk lebih jelasnya dibawah ini digambarkan jalan sinar pada lensa negatif (cekung)



Gambar 6.5.

Jalan sinar pada lensa cekung

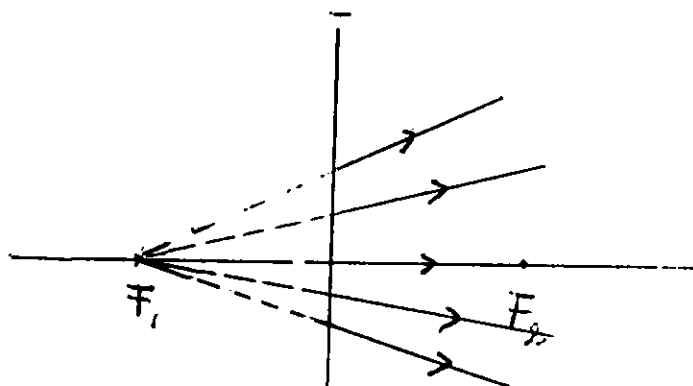
Dari point 1 tiga sinar utama pada lensa positif dapat kita katakan bahwa lensa positif bersifat mengumpulkan sinar ini dapat kita buktikan dengan gambar di bawah ini :



Gambar 6.6.

Lensa positif mengumpulkan sinar

Begitu juga dari point 1 tiga sinar utama pada lensa negatif. Sinar-sinar sejajar yang datang pada lensa akan dipancarkan kembali oleh fokus kedua; atau dengan kata lain lensa cekung bersifat menyebarkan sinar. Hal ini dapat kita perlihatkan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 6.7.

Lensa cekung menyebarkan sinar

Letak dan ukuran bayangan pada lensa positif dan lensa negatif tergantung pada letak benda dan panjang fokus lensa.

Kemungkinan letak benda pada lensa adalah :

1. Antara lensa dengan titik fokus
2. Antara titik fokus dengan 2 kali titik fokus
3. Diluar titik 2 kali fokus
4. Di belakang lensa

Bila benda terletak di ruangan yang berbeda, dihasilkan pula bayangan yang berbeda baik ukuran maupun sifatnya. Untuk menentukan ukuran dan letak bayangan digunakan rumus :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

dan perbesaran bayangan dihitung dengan :

$$M = \frac{s'}{s} = \frac{h'}{h}$$

Dihubungkan dengan fokus di dalam pemakaian lensa, biasanya ukuran lensa dinyatakan dengan kekuatan lensa. Kekuatan lensa dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{1}{f}$$

dimana satuan f dalam meter, satuan kekuatan lensa adalah Dioptri.

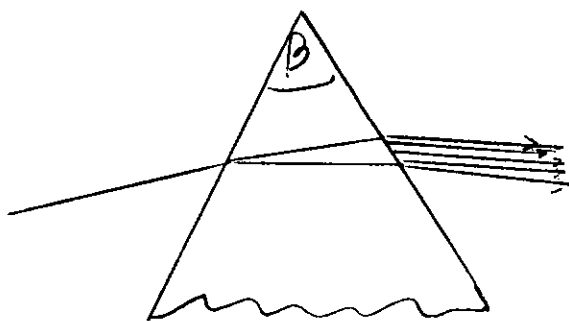
3. Dispersi Cahaya

Dari kesan kita melihat benda, kita lihat ada benda berwarna putih, merah, hijau, biru dan lain-lain. Warna yang dapat kita nikmati tersebut tak lain dan tak bukan adalah karena adanya peristiwa penguraian cahaya matahari, oleh setiap benda yang disinari.

Sebagaimana kita ketahui matahari memancarkan cahaya putih, cahaya putih tersebut merupakan cahaya yang terdiri dari berbagai macam panjang gelombang (disebut juga cahaya putih sebagai cahaya polikhromatis).

Karena cahaya polikhromatis terdiri dari berbagai macam panjang gelombang, maka cahaya tersebut dapat diuraikan menjadi sejumlah warna cahaya Monokhromatis (hanya terdiri dari satu gelombang). Peristiwa penguraian warna ini disebut peristiwa dispersi cahaya.

Peristiwa dispersi cahaya dapat diperlihatkan dengan menjatuhkan seberkas cahaya putih pada salah satu permukaan kaca prisma, keluar dari prisma cahaya putih tersebut akan terurai menjadi cahaya warna merah, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Dispersi cahaya pada prisma ini dapat kita lihat pada gambar dibawah ini :



gambar 6.8.

Dispersi Cahaya pada prisma

Apabila cahaya yang dihasilkan oleh prisma tersebut kita tangkap dengan lensa cembung, maka warna-warna tersebut ditangkap oleh lensa (masuk kedalam lensa).

Keluar dari lensa akan terlihat dua warna cahaya saja, yaitu kuning dan ungu. Bila kedua warna tersebut di satukan, kembali akan menghasilkan warna putih. Warna-warna yang apabila disatukan akan menghasilkan warna, seperti contoh diatas disebut juga warna Komplementer.

Kalau kita kembalikan pada warna benda yang kita lihat di alam ini, bila dihubungkan dengan peristiwa dispersi; dapat kita katakan bahwa setiap benda akan menyaring cahaya yang jatuh pada permukaan benda tersebut. Salah satu dari sekian banyak warna cahaya tadi, akan diserap dan dipancarkan dengan kuat oleh benda tersebut. Warna yang diserap dan dipancarkan dengan kuat oleh benda kita kenal dengan warna benda. Jadi kalau kita melihat sebuah benda berwarna kuning, berarti benda tersebut menyerap dan memantulkan cahaya kuning lebih banyak dari warna cahaya lainnya.

Selanjutnya apabila cahaya putih yang akan masuk ke prisma dihalangi dengan kertas tembus berwarna biru, maka bila ditangkap dengan layar yang terlihat hanya cahaya warna hijau, biru dan ungu. Tetapi apabila kertas biru diganti dengan kertas warna kuning, maka yang terlihat hanya cahaya merah, jingga, kuning dan hijau. Warna-warna yang tidak terlihat pada layar berarti diserap oleh kertas tadi.

Bila cahaya putih yang akan masuk ke prisma kita halangi dengan kertas biru dan kuning sekaligus, maka yang terlihat pada layar hanya cahaya warna hijau saja.

Penyaringan dapat juga kita lakukan dengan kertas-kertas berwarna lain, warna yang dihasilkan seperti warna hijau tersebut disebut warna Substraksi.

Apabila seberkas cahaya hijau kita jatuhkan pada layar, lalu di atas warna cahaya hijau tersebut di jatuhkan pula cahaya merah. Maka kedua warna tersebut kelihatan berwarna kuning. Silahkan anda coba untuk warna yang lain! warna seperti kuning tersebut dinamakan warna Adisi.

Sebahagian benda-benda yang kita lihat, bila disinari akan berpendar dengan menghasilkan warna yang berbeda dengan warna asli benda. Peristiwa ini disebut Fluoresensi. Peristiwa fluoresensi ini dapat kita amati antara lain pada bariun-platina sianida, seng sianida, kalsium florida dan lain-lain.

Ada pula sebagian benda yang memancarkan sinar setelah disinari. Peristiwa ini disebut Fosforesensi. Peristiwa fosforesensi ini dapat kita lihat terjadi pada kalsium sulfida, barium sulfida, fosfor dan lain-lain. Satu lagi peristiwa alam yang berhubungan dengan peristiwa dispersi dan sering kita lihat adalah Pelangi. Pelangi tak lain adalah peristiwa penguraian cahaya putih oleh butir-butir uap air yang ada di udara. Kita ketahui peristiwa pelangi terjadi pada saat hujan, tetapi cahaya matahari tetap bersinar.

Coba anda perhatikan peristiwa-peristiwa alam lainnya yang berhubungan dengan peristiwa Dispersi ini.

Latihan:

1. Apakah persamaan dan perbedaan gelombang elektromagnetik dan gelombang pada permukaan air ?.
2. Jarak bumi-matahari kira $1,5 \times 10^8$ km. Hitunglah waktu yang dibutuhkan cahaya matahari untuk mencapai bumi.
3. Tentukan panjang gelombang radio yang mempunyai frekuensi 500 kc/det dan 10 mc/det.
4. Bagaimana bentuk bayangan yang dibentuk cermin yang permukaannya berombak.
5. Apakah bedanya antara bayangan nyata dan bayangan maya.
6. Berapakah besar minimum sebuah cermin datar yang dibutuhkan seseorang agar ia dapat melihat bayangan seluruh tubuhnya dalam cermin. coba anda gambarkan.
7. A melihat puncak gunung B dengan sudut 60° terhadap garis tegak. Puncak gunung B dilihatnya pula dengan sudut 60° terhadap bidang mendatar pada permukaan danau yang berada 500 m dibawahnya. Bila tinggi A saat itu 800 m di atas permukaan laut, berapakah tinggi gunung B.
8. Dua buah cermin cekung masing-masing berjari-jari 16 cm berhadapan, sumbu utama berimpitan. Titik pusat kelengkungan kedua cermin berimpit. Sebuah benda terletak 9 dm dari cermin pertama.
 - a. Tentukan jarak kedua bayangan pertama yang dibentuk kedua cermin itu ?.
 - b. Berapa jauh dan ke arah manakah benda tersebut harus digeser, agar kedua bayangan tersebut terletak

- pada satu garis lurus ?.
9. Di dalam sebuah cermin cekung bayangan kepala saya 3 kali besar kepala saya. Bila jarak antara saya dengan cermin cekung 15 cm. Tentukan jari-jari kelengkungan cermin cekung tersebut.
 11. Apakah sebabnya untuk penentuan jarak titik api sebuah cermin cekung kurang tepat dipergunakan sinar sejajar dari matahari ?.
 12. Dapatkah berkas cahaya yang masuk dari udara ke kaca dipantulkan sempurna ?.
 13. Sebuah benda yang tingginya 2 cm. diletakan 30 cm dari sebuah lensa cembung ($f=12$ cm) lensa kedua ($f = 30$ cm) diletakan 30 cm di belakang lensa tadi. Sumbu utama kedua lensa berimpit. Tentukan letak, perbesaran dan sifat bayangan terakhir.
 14. Sebuah benda diletakan 48 cm dari sebuah layar. Tinggi benda ini 6 cm. Sebuah lensa diletakan diantara benda dan layar tadi sehingga terbentuk bayangan nyata yang tinggi 18 Cm. tingginya pada layar. Tentukan :
 1. letak lensa
 2. jarak titik api lensa.
 15. Dapatkah lensa cembung memancarkan berkas cahaya ?.
 16. Dapatkah pemantulan cahaya menyebabkan peruraian warna.
 17. Bilamana sebuah benda disebut putih ?.
 18. Bilamana sebuah benda disebut hitam ?.
 19. Terangkan cara para ilmiawan dapat mengetahui zat-zat yang terkandung pada sebuah benda yang berpijar

20. Apakah sebabnya sinar matahari di daerah pegunungan lebih cepat merusak kulit tubuh kita dibandingkan sinar matahari di daerah dataran rendah ?.
21. Ambillah sepotong kaca, bubuhi kaca ini dengan bedak. Lihatlah melalui kaca ini lampu pijar listrik yang sedang menyala. Apa yang tampak olehmu ? Dapatkah kamu terangkan apa sebabnya ?.

B a b 7.

MILIK UPT PERBUKITAAN
IKIP PADANG

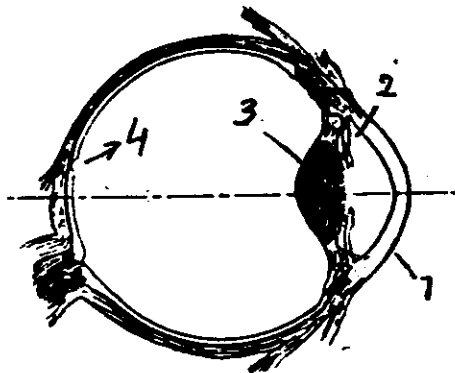
ALAT-ALAT OPTIK

Alat optik yang sangat penting dan bermanfaat bagi manusia dan hewan adalah mata. Tanpa adanya mata kita tidak dapat menikmati keindahan alam ini. Kita tidak dapat mengatakan warna benda hitam, putih, hijau dan sebagainya, bila kita tidak punya mata.

Pada bab ini kita akan membahas tentang mata dan alat-alat optik lainnya, yang dapat membantu mata melihat benda-benda yang tidak dapat ditangkap oleh mata dengan jelas.

1. M a t a.

Secara garis besar mata terdiri dari bagian luar yang bisa dilihat dan bagian dalam. Untuk jelasnya bagian mata adalah seperti terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 7.1.

Penampang mata

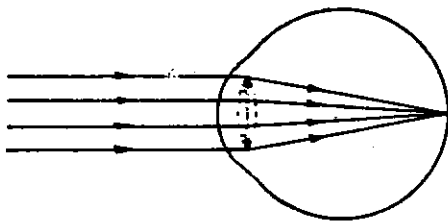
Keterangan gambar :

- | | |
|----------------|--------------------------|
| 1. kornea mata | 3. lensa mata |
| 2. Iris | 4. Selaput jala (oetena) |

Bila kita melihat benda dengan mata, maka mata akan mengirim informasi ke otak melalui syaraf-syaraf mata. Setelah ditanggapi oleh otak maka kita mempunyai kesan melihat benda.

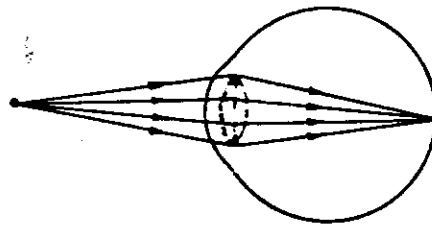
Untuk melihat benda pada jarak yang berbeda-beda dari mata, maka mata harus menyesuaikan penglihatan dengan mengatur kelengkungan lensa mata. Untuk melihat jauh maka lensa mata dipipihkan, sebaliknya untuk melihat benda dekat, maka lensa mata dicembungkan.

Kemampuan mata untuk menyesuaikan dalam melihat benda disebut Daya Akomodasi. Keadaan lensa pada saat tanpa berakomodasi dan dengan berakomodasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7.2.a

Mata tanpa akomodasi



Gambar 7.2.b

Mata berakomodasi

Titik yang dapat dilihat dengan mata tanpa berakomodasi disebut titik jauh (penetum remotum) dan titik yang dapat dilihat dengan jelas dengan akomodasi secara maksimum disebut titik dekat (punctum proximimum).

1.1. Cacat Mata.

Berkurangnya kemampuan mata untuk berakomodasi (mengatur lensa mata), mengakibatkan titik dekat dan titik

jauh tidak terletak pada jarak yang semestinya dari mata. Hal ini mengakibatkan berkurangnya daya penglihatan mata. Hal ini dapat terjadi pada mata yang sering digunakan melihat dekat saja atau melihat jauh saja.

Rabun jauh (miopi) yaitu cacat mata dimana mata sukar dipipihkan sebagaimana mestinya. Titik jauh mata miopi tidak terletak pada jauh tak terhingga, akan tetapi terletak pada suatu jarak tertentu dari mata. Kalau pada mata normal cahaya sejajar yang datang ke mata akan mengumpul pada selaput jala. Tetapi pada mata miopi, cahaya sejajar yang datang ke mata berkumpul di depan selaput jala.

Agar mata dapat melihat dengan jelas benda-benda jauh, maka lensa mata dapat dibantu dengan kaca mata lensa negatif:

Rabun dekat yaitu mata yang lensanya tidak bisa berakomodasi sebagaimana mestinya untuk melihat benda dekat, atau dengan kata lain lensa mata mencembung tidak sesuai dengan yang semestinya. Cacat mata ini disebut juga Hipermetropi. Pada cacat mata ini cahaya sejajar yang datang ke mata berkumpul di belakang selaput jala.

Agar mata hipermetropi dapat melihat dengan jelas benda-benda dekat mata, maka lensa mata dapat dibantu dengan kaca mata lensa positif.

Mata yang sudah tua sudah sangat lama dipakai, menyesuaikan untuk melihat benda dekat dan benda jauh. Pada mata tua ini baik titik dekat maupun titik jauh,

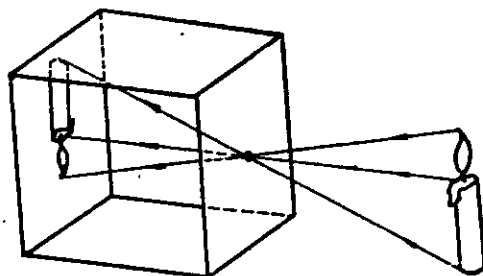
sudah bergeser dari kedudukan normal. Mata tua disebut juga Presbiopi, ini dapat ditolong dengan dua lensa sekaligus; yaitu lensa positif dan lensa negatif.

2. K a m e r a

Kamera adalah alat pemotret yang sudah tidak asing lagi bagi kita. Secara garis besar (pada prinsipnya), sebuah kamera terdiri dari kotak di dalamnya berisi susunan lensa konvergen. Dimana didepan, dibengah dan dibelakang susunan lensa tersebut terdapat diafragma iris, sehingga jumlah cahaya dan kecepatan cahaya yang masuk ke dalam kamera dapat diatur. Susunan lensa ini disebut - lensa objektif.

Bayangan yang dihasilkan oleh lensa tadi diterima oleh film yang terletak dibelakangnya. Bayangan yang dihasilkan oleh kamera pada film adalah terbalik. Makanya sebelum dicetak film harus dicuci terlebih dahulu untuk menghasilkan bayangan tegak.

Gambar dibawah ini memperlihatkan benda dan bayangan pada sebuah kamera sederhana



Gambar 7.3. Kamera

Keterangan gambar : 1. Benda 2. Lensa Objektif
 3. diafragma 4. penutup lensa
 5. bayangan (film).

3. L u p

Lup adalah sebuah alat optik yang terdiri dari se-
buah lensa positif. Digunakan untuk melihat benda kecil
Lup dapat digunakan dengan mata tanpa akomodasi dan de-
ngan akomodasi maksimum.

Bila Lup digunakan dengan mata tanpa akomodasi ma-
ka perbesaran dapat dihitung :

$$M = \frac{h_i}{h} = \frac{s_n}{f} \dots\dots\dots(1)$$

dimana s_n = titik dekat

Bila mata berakomodasi maksimum, maka perbesaran
dapat dihitung :

$$M = \frac{s_n}{f} - 1 \dots\dots\dots(2)$$

Bayangan yang dihasilkan sejati, terbalik, diperbesar.

4. Mikroskop

Sebuah mikroskop terdiri dari 2 lensa positif. Len-
sa yang dekat dengan benda disebut lensa objektif dan
yang dekat dengan mata disebut lensa okuler.

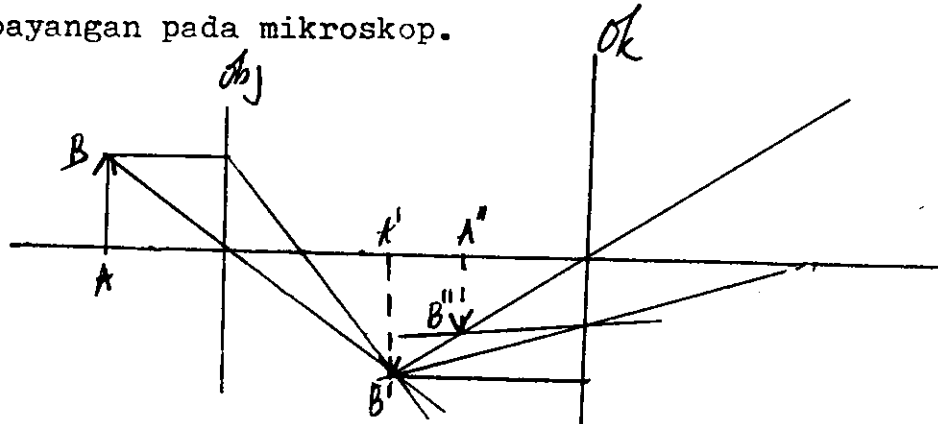
Dengan menggunakan mikroskop, benda dapat dilihat sebe-
sar berpuluh bahkan beratus atau beribu kali. Bayangan
yang dihasilkan mikroskop adalah bayangan sejati, ter-
balik, diperbesar.

Perbesaran yang dihasilkan mikroskop dapat dihi-
tung dengan rumus dibawah ini :

$$M = \frac{S'_{obj}}{S_{obj}} \cdot \frac{S'_{ok}}{S_{ok}} \dots\dots\dots(3)$$

dimana : S'_{obj} = jarak bayangan lensa objektif
 S_{obj} = jarak benda dari lensa objektif
 S'_{ok} = jarak bayangan dari lensa okuler
 S_{ok} = jarak benda dari okuler

Pada gambar dibawah ini dapat dilihat pembentukan bayangan pada mikroskop.



Gambar 7.4.

Pembentukan bayangan pada Mikroskop.

Sebetulnya masih ada, bahkan masih banyak alat-alat optik yang sudah dimanfaatkan. Diantaranya :

1. Teropong bintang, terdiri dari 2 lensa positif, berfungsi untuk memperkecil (memperdekat) jarak benda-benda angkasa, supaya jelas dilihat oleh mata.
2. Teropong bumi, teropong ini terdiri dari 3 lensa positif. Dua lensa pertama berfungsi untuk memperkecil jarak bayangan; lensa ketiga berfungsi sebagai pembalik, agar dihasilkan bayangan tegak.
3. Periskop, yaitu teropong yang khusus digunakan oleh kapal selam, untuk melihat benda-benda dipermukaan laut.
4. Overhead proyektor, sebuah alat yang terdiri dari

sejumlah komponen-komponen, antara lain bola lampu, lensa positif dan lain-lain. Dapat digunakan pada tempat yang terang didalam ruangan.

Demikianlah sebahagian alat-alat optik yang penulis kemukakan pada buku ini, cobalah anda cari alat-alat optik lain yang telah digunakan pada saat ini.

Latihan :

1. Pernahkah kamu mendengar tentang kaca mata berlensa silindris ?. Bagaimana kita mengetahui bahwa suatu lensa itu lensa silindris ?.
2. Terangkan bahwa mata bukanlah alat pencatat ilmiah yang baik.
3. Untuk pengamatan-pengamatan yang berlangsung lama dengan alat optik, kita harus mengamati dengan mata tak berakomodasi. Apakah artinya ini ? Bagaimana hal ini tercapai ?.
4. Mata seekor kucing bercahaya di dalam gelap. Benarkah mata seekor kucing memancarkan cahaya ? Jelaskan jawaban yang anda berikan !.
5. Dapatkah kacamata menyembuhkan cacat mata seperti hypermetropi ? Terangkan jawaban anda?.
6. Gambar yang dibentuk kamera yang bermutu rendah seringkali kabur. Apakah sebabnya ?.
7. Dapatkan anda menyebutkan teropong-teropong bintang yang termashur di dunia ?.
8. Terangkan apa sebab pada gambar hidup, gambar yang nampak oleh mata kita dapat bersambungan ?.
9. Samakah proyektor film dengan proyektor slide ?.
10. Bila kita melihat dengan mata yang tak berakomodasi dengan sebuah teropong bintang, berapakah panjang teropong itu, bila diketahui jarak titik api lensa objektif dan okulernya berturut-turut f_1 dan f_2



B a b 8.

FISIKA MODERN

Dalam kehidupan yang serba modern ini sudah sangat banyak dipakai prinsip-prinsip fisika, baik itu untuk memperingan pekerjaan fisik manusia, maupun untuk tujuan damai atau sebaliknya.

Penemuan-penemuan yang sangat bermanfaat seperti penemuan elektron, sinar gamma, reaksi berantai dan penemuan-penemuan terbaru lainnya, sangat banyak membantu para ahli untuk mengembangkan alat-alat modern, yang serba canggih. Secara prinsip sebagian kecil dari teori teori tersebut akan penulis coba menuliskan dalam bab ini.

1. Elektron dan Penggunaannya

Elektron adalah salah satu partikel pembentuk atom yang selalu beredar mengelilingi inti atom yang bermuatan positif. Elektron pertama kali ditemukan oleh seorang ahli fisika JJ.Thomson pada tahun 1897.

Semenjak ditemukannya elektron tersebut banyak dikembangkan alat-alat yang memanfaatkan sifat elektron tersebut. Diantaranya lampu-lampu hias, televisi, radar radio, alat-alat elektronik lainnya yang memanfaatkan sifat-sifat elektron ini.

Pada bahagian ini akan di kemukakan bagaimana penggunaan elektron tersebut dalam beberapa alat.

1.1. Lucutan dalam Gas

Peristiwa lucutan atau aliran listrik dalam

gas sudah ditemukan sewaktu menyelidiki atom, jadi jauh sebelum penggunaan elektron ditemukan.

Tabung lucutan terbuat dari kaca yang cukup panjang dan kedua ujungnya diberi elektroda-elektroda positif dan negatif.

Kedua elektroda dihubungkan dengan tegangan yang sangat tinggi (misalnya dengan induktor Ruhmkorff), didalam tabung dipatikan tabung kecil yang berfungsi untuk memompakan udara keluar tabung lucutan. Bila udara dalam tabung dikeluarkan terus menerus akan terjadi peristiwa-peristiwa berikut :

- pada tekanan udara lebih kurang 20 mm hg akan mulai terlihat aliran-aliran listrik berwarna ungu.
- pada tekanan kurang 5 mm hg. katoda berpijar dengan mengeluarkan warna biru dan anoda berpijar dengan mengeluarkan warna merah muda, Diantara kedua warna pijar tersebut akan terlihat ruang gelap yang disebut ruang gelap Faraday.
- pada saat tekanan mencapai 0,05 mm hg, pijar negatif bergeser ke tengah dan dibelakangnya terdapat ruang gelap yang dikenal dengan ruang gelap Crooke, kolom-kolom berubah menjadi kelompok Sinar.
- pada saat tekanan mencapai 0,01 mm hg, seluruh tabung berwarna gelap

Setelah diselidiki ternyata yang keluar dari katoda adalah sinar-sinar yang bermuatan negatif (mengandung elektron) yang kemudian dikenal dengan sinar Katoda. Sinar ini dapat dibelokan oleh medan listrik dan medan magnet. Hal ini banyak dimanfaatkan pada televisi, radar, osilograf sinar katoda dan tabung mikroskop elektron. Pada saat ini untuk perhitungan dalam penggunaannya sudah diketahui pula massa dan muatan elektron; yaitu :

$$\text{massa elektron (Me)} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{muatan elektron (e)} = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb}$$

1.2. Cara Pancaran Elektron

Sudah dikenal 6 macam pancaran atau pelepasan elektron yaitu :

- a. Emisi termionik; yakni dengan memberikan suhu yang tinggi pada suatu zat yang akan memancarkan elektron.
- b. Emisi tegangan tinggi; yakni memberikan tegangan yang tinggi, sehingga terjadi pancaran elektron.
- c. Emisi radioaktif; yaitu elektron yang dipancarkan unsur radio aktif.
- d. Emisi ionisasi; yaitu ion atau atom molekul bertumbukkan dengan molekul gas, sehingga gas memancarkan elektron.
- e. Emisi foto listrik; yaitu pancaran elektron terjadi akibat atom pada sel ditumbuk oleh foton.

f. Emisi Sekunder; yaitu pancaran elektron yang terjadi akibat ditumbuk oleh elektron yang sebelumnya juga merupakan hasil pancaran.

1.3. Sinar Rontgen (sinar-x).

Sinar-x dihasilkan dari tabung hampa udara yang ujungnya diberi katoda dan anoda dan dihubungkan dengan tegangan tinggi. Sinar-x tidak dapat dibelokkan oleh medan listrik maupun medan magnet. Sinar ini pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895

Sifat-sifat sinar-x adalah :

- (1) Sinar ini adalah gelombang elektromagnetik, tidak dipengaruhi oleh medan magnet atau medan listrik.
- (2) Panjang gelombangnya sangat pendek antara 10^{-8} sampai 10^{-14} cm. Kecepatan merambatnya seperti sinar biasa.
- (3) Sinar-x mempunyai daya tembus yang besar
- (4) Sinar ini dapat menghitamkan film.

Penggunaan sinar-x ini adalah :

- (a) Dalam bidang kesehatan, misalnya untuk diagnosis, terapi, pemotretan.
- (b) Dalam industri, penelitian-penelitian, misalnya analisa kristal, mengetahui jenis bahan-bahan galian, dalam metalurgi untuk menyelidiki logam, campuran logam dan sebagainya.

Disamping penggunaan elektron pada alat tersebut diatas, masih banyak lagi penggunaan elektron umumnya pada dioda, pentoda, pemanfaatan elektron bebas pada konduktor, pemanfaatan hole dan elektron bebas pada semikonduktor.

2. Atom dan Inti Atom

Penemuan pertama tentang atom menyatakan bahwa atom bahagian terkecil dari unsur, pendapat ini dikemukakan jauh sebelum masehi. Pada masa ini penyelidik atom terkenal adalah Demokritus.

Penyelidiki tentang atom di lanjutkan oleh J.J.Thomson yang menyatakan bahwa atom terdiri dari proton dan elektron. Untuk melihat susunan elektron dan proton didalam atom, dilakukan penembatan atom dengan sinar alpha. Dari percobaan tersebut sebahagian sinar alpha diteruskan sebahagian dibelokkan dan sebahagian lagi dipantulkan. Berdasarkan hasil percobaan tersebut Ernest Rutherford, mengemukakan teorinya bahwa atom terdiri dari proton dan elektron; dimana proton terkumpul dalam inti dan elektron beredar mengelilingi inti. Sayangnya teori Rutherford ini mempunyai kelemahan; dimana Rutherford mengatakan bahwa sewaktu beredar mengelilingi elektron selalu memancarkan energi. Kalau demikian berarti makin lama lintasan elektron semakin kecil, akhirnya pada suatu saat elektron akan sampai ke inti. Nah dari kelemahan inilah Neils Bohr mengemukakan suatu hipotesa tentang atom. Hipotesa Bohr menyatakan bahwa :

1. Elektron beredar mengelilingi inti hanya pada lintasan tertentu, dimana pada lintasan tersebut elektron mempunyai momentum sudut sebesar $\frac{h}{2\pi}$.
2. Energi dipancarkan bila elektron melompat dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi rendah.
3. Energi diserap bila elektron meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Sampai saat ini ketiga hipotesa diatas yang dipakai di dalam menyelidiki atom.

2.1. Susunan Atom

Penyelidikan tentang atom lebih banyak dilakukan terhadap atom hidrogen; dari percobaan didapatkan bahwa inti hidrogen merupakan partikel tunggal yang massanya $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg dan bermuatan $+1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb. Berarti inti atom hidrogen adalah disebut juga proton. Untuk menyatakan massa atom biasanya dipakai satuan massa atom (sma) dimana :

$$1 \text{ sma} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Penyelidikan terhadap atom lain juga dilakukan, misalnya terhadap inti helium (He). Ternyata inti helium mempunyai massa 4 kali massa proton dan bermuatan 2 kali muatan proton. Ini berarti ada partikel lain di dalam inti yang massanya sama dengan massa proton tetapi tidak bermuatan.

Masalah tersebut di atas terjawab dengan ditemukannya neutron oleh ahli fisika James Chadwick pada

tahun 1932. Massa neutron (m_n) = 1,0089 sma.

Proton dan neutron terkumpul pada inti dan disebut juga unsur pembentuk inti. Energi yang mengikat neutron dan proton di dalam inti disebut juga energi ikat (binding energi).

Kalau kita tinjau pula susunan elektron didalam menyelidiki inti, dari hasil yang di peroleh para ahli. Ternyata elektron mengelilingi inti berada pada sejumlah lintasan, dimana jumlah elektron pada setiap lintasan juga terbatas jumlahnya.

Jumlah maksimal elektron dalam sebuah lintasan adalah $2n^2$. Dimana n adalah bilangan kuantan utama.

Contoh :

Pada lintasan pertama ($n = 1$),

$$\text{jumlah elektron} = 2 \cdot 1^2 = 2.$$

Jumlah elektron pada sebuah atom netral sama dengan jumlah proton, dan jumlah tersebut dinamakan juga nomor atom. Untuk atom tertentu bisa saja lintasan terakhir diisi penuh oleh elektron, bisa juga tidak penuh. Jumlah proton + neutron di dalam inti disebut nomor massa (massa atom).

Berdasarkan jumlah elektron pada kulit terluar ada unsur yang mudah melepaskan elektron dan ada juga yang mudah menerima elektron dari luar, akibatnya atom menjadi kelebihan elektron atau kekurangan elektron; sehingga kita katakan bermuatan. Peristiwa ini disebut ionisasi.

Bila elektron bergerak di dalam atom atau hanya berpindah dari lintasan-lintasan, tidaklah terjadi ionisasi. Bila elektron berpindah dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah energi akan dipancarkan berupa foton.

2.2. Massa dan Energi

Sebelum penemuan energi atom diketahui, satuan energi adalah jaule dan erg. dimana :

$$1 \text{ joule} = 10^7 \text{ erg}$$

Di dalam fisika atom atau fisika inti satuan energi juga digunakan elektron volt (ev), dimana diperoleh kesetaraan :

$$1 \text{ ev} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$$

Hubungan massa dan energi di dalam fisika inti dikemukakan oleh Albert Einstein; yang mengemukakan bahwa massa dan energi merupakan suatu kesetaraan, yang dapat ditulis :

$$E = mc^2$$

dimana c = kecepatan cahaya di ruang hampa

m = massa yang berubah jadi energi

2.3. Alat-alat Untuk Penelitian Atom.

Dari uraian di atas dapat kita simpulkan bahwa atom mempunyai ukuran kecil dan tidak dapat ditangkap oleh indra kita. Untuk keperluan penyelidikan atom, dibuat alat sedemikian rupa, sehingga penyelidikan dapat dilakukan.

Alat-alat tersebut antara lain :

1. Siklotron

Yaitu suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur massa suatu isotop. Alat ini menggunakan tegangan yang cukup tinggi (10.000 s/d 200.000 volt).

2. Betatron

Yaitu suatu alat yang digunakan untuk mempercepat elektron sehingga mempunyai energi yang sangat besar (mencapai 300 mev). Dibuat pertama kali oleh D.W.Kest pada tahun 1940.

3. Betatron-sinkrotron

Yaitu suatu alat yang juga digunakan untuk mempercepat elektron hingga memperoleh energi yang lebih besar.

4. Proton sinkron

Yang menggunakan proton sebagai partikel yang dipercepat dengan tujuan juga memperoleh energi yang lebih besar.

5. A.C. selerator

Yaitu suatu alat yang juga digunakan untuk mempercepat partikel dengan energi sangat besar.

3. Radioaktivitas

Masalah energi tidak putus-putusnya dibicarakan, semula untuk memperoleh energi digunakan bahan bakar minyak dan gas bumi serta batu bara. Namun suatu kejutan besar terjadi tahun 1896, dimana seorang ahli fisika

yang bernama A.H. Becquerel, menemukan unsur radioaktif uranium; yang sekarang menjadi sumber energi yang cukup besar. Peristiwa gembira berikutnya berhasilnya pemakaian reaktor pertama yang dipelopori Enrico Fermi. Penemuan berikutnya adalah penemuan radium dan polonium oleh Marie Curie dan Piere Cuire. Sampai saat ini sudah banyak dimanfaatkan energi radioaktivitas untuk keperluan energi raksasa.

3.1. Sinar-sinar berdaya tembus Besar.

Unsur-unsur radioaktif alam selalu memancarkan sinar-sinar yang mempunyai daya tembus besar. Sinar-sinar yang dipancarkan tersebut adalah :

1. Sinar Alpha (α).

Disamping mempunyai daya tembus besar, dapat menghitamkan film, mudah diserap oleh kertas atau lempeng, aluminium setebal 0,004 cm dan dapat dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet. Mempunyai kecepatan penjalaran $1,4 \cdot 10^7$ s/d $2,2 \cdot 10^7$ m/det.

2. Sinar 'beta (β).

Selain mempunyai daya tembus besar, sinar beta mempunyai sifat-sifat dapat mempengaruhi film, merupakan partikel yang bermuatan negatif Oleh sebab itu dipengaruhi oleh medan listrik dan medan magnet.

3. Sinar Gamma (γ).

Selain mempunyai daya tembus besar, juga mem

punyai sifat-sifat : termasuk gelombang elektro magnetik, tidak dipengaruhi oleh medan listrik dan medan magnet dan dapat mempengaruhi film.

3.2. Detektor Radiasi.

Sinar-sinar α , β dan γ tidak dapat ditangkap oleh indra manusia. Untuk mengetahui adanya sinar-sinar tersebut, dibuatlah alat yang peka terhadap sinar-sinar tersebut. Antara lain alat-alat yang dapat mendeteksi ke tiga sinar tersebut adalah :

1. Photo-emulsi; terbuat dari film yang diberi emulsi. dengan film ini dapat dilihat bekas film yang ditumbuk oleh partikel tersebut.
2. Pencacah scintilasi; alat ini dilengkapi dengan suatu zat yang berpendar bila di datangi ketiga sinar tersebut.
3. Pencacah Geiger Mueller; alat ini dibuat untuk menghitung banyaknya partikel-partikel radiasi sinar γ (gamma)

3.3. Isotop Radioaktiv

Sampai saat ini sudah diketahui 90 macam unsur. Secara garis besar unsur-unsur tersebut dapat digolongkan menjadi 2 bahagian; yaitu unsur stabil dan unsur labil. Suatu unsur pada nomor-nomor tertentu adakalanya mempunyai beberapa macam massa, unsur mempunyai massa sama dengan massa berbeda ini disebut Isotop. Bila massa atom dilambangkan dengan huruf (A).

Selain isotop stabil dan isotop labil ada pula sebagian unsur yang selalu memancarkan partikel. Unsur ini dikenal dengan Isotop radioaktif. Proses peluruhan tersebut dinamakan juga lapukan radioaktif. Karena makin lama makin banyak pula partikel yang dipancarkan, maka makin lama aktivitas radioaktif semakin berkurang. Akhirnya pada suatu saat aktivitas radioaktif tinggal separo dari semula. Waktu yang diperlukan unsur radioaktif untuk melepuh, sehingga tinggal separo dari semula disebut waktu paroh.

Dengan diketahuinya waktu paroh berbagai unsur radioaktif, dapat dimanfaatkan untuk mengukur umur sesuatu. Yaitu dengan cara melihat bahagian radioaktif yang tertinggal selama selang waktu tertentu.

3.4. Radiasi Inti

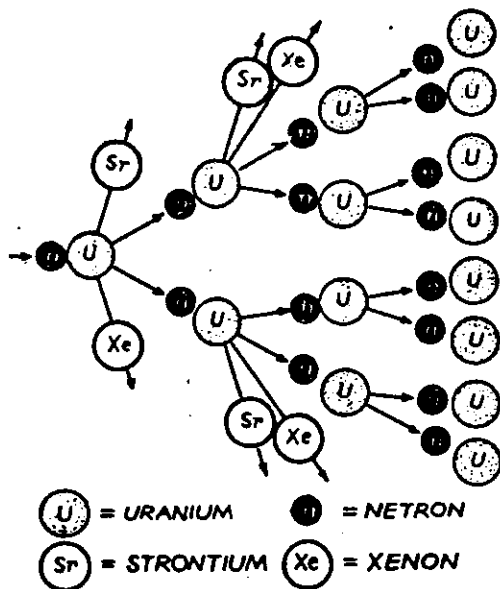
Yang dimaksud radiasi ini adalah radiasi sinar-sinar yang dipancarkan reaksi inti (reaksi berantai). Radiasi ini berupa sinar α , β , γ dan netron. Sampai pada batas dosis tertentu radiasi ini sangat merusak jaringan tubuh.

3.5. Reaksi Berantai (Reaksi Fisi)

Bila suatu unsur ditumbuk oleh sebuah netron, netron ini dapat masuk ke dalam inti. Masuknya netron ke dalam inti mengakibatkan terganggunya kestabilan inti.

Akhirnya inti pecah menjadi 2 bagian, pecahan inti ini akan menghasilkan 2 neutron, kedua neutron tersebut menumbuk 2 inti baru. Begitulah seterusnya satu neutron menghasilkan neutron berlipat ganda

Pada gambar dibawah ini diperlihatkan suatu contoh penembakan unsur uranium dengan sebuah neutron.



Gambar 8.1
Reaksi Berantai

Energi yang dihasilkan dari reaksi berantai berasal dari kekurangan massa yang terjadi setelah reaksi inti tertentu. Bila massa partikel penembak m , dan massa unsur yang ditembak M_1 , massa unsur yang dihasilkan masing-masing M_2 dan M_3 , massa 2 neutron = $2 M_n$

Menurut perhitungan :

$$m_1 + M_1 > M_2 + M_3 + 2 M_n$$

kekurangan massa :

$$\Delta m = (M_1 + m_1) - (M_2 + M_3 + 2 m_n)$$

Menurut Einstein, energi yang dihasilkan adalah :

$$E = \Delta M \cdot C^2.$$

Tentu dapat anda perkirakan energi yang dihasilkan suatu reaksi berantai.

3.6. Reaksi Fusi

Reaksi inti dapat juga berupa penggabungan 2 inti ringan menjadi satu inti berat. Reaksi ini disebut reaksi Fusi. Untuk memulai reaksi dibutuhkan suhu yang tinggi, namun setelah terjadi reaksi dihasilkan energi yang dihasilkan jauh lebih besar dibandingkan reaksi fisi.

Bila pada suatu reaksi fusi m_1 dan m_2 , dua unsur yang bergabung dan M unsur hasil gabungan. Maka menurut perhitungan :

$$m_1 + m_2 > M$$

Penyesuaian massa :

$$\Delta m = (m_1 + m_2) - M$$

dan energi yang dihasilkan :

$$E = \Delta mc^2$$

3.7. Reaktor Atom.

Reaktor atom adalah suatu alat yang digunakan untuk mengontrol atau mengendalikan reaksi berantai. Reaksi berantai yang tidak terkendali terdapat pada bom atom.

Latihan :

1. Emisi jenis apakah elektron-elektron yang keluar dari filament bola lampu listrik berpijar ?.
2. Dapatkah sinar-X dipakai untuk penerangan ?. Apakah syaratnya agar supaya sinar itu dapat terlihat oleh mata kita ?.
3. Dapatkah hole atau lubang timbul di dalam tabung hampa ? Dapatkah kamu menjelaskan jawabannya.
4. Catatlah panjang gelombang siaran-siaran radio di daerahmu dan juga siaran RRI pusat atau siaran luar negeri. Hitunglah frekwensi gelombang-gelombang itu dan cocokkan dengan skala pada radio dirumahmu ?
5. Emisi apakah yang terjadi pada waktu ada petir ?.
6. Jika panjang gelombang siaran televisi itu 1,5 meter hitunglah frekwensi gelombangnya.
7. Hitunglah berapa Mev energi yang setara dengan massa 1 sma.
8. Andaikan sepotong kapur yang massa 1 gram dapat kita rubah sepenuhnya menjadi energi, berapa liter air dari 30° Celsius dapat kita didihkan menjadi 100° C
9. Jika di dalam inti atom hidrogen terdapat sebuah neutron, apakah keseimbangan muatan-muatan elektron dan inti akan terganggu ? Berapa kalikah massa atom yang demikian jika dibandingkan dengan massa atom hidrogen biasa ? (unsur yang demikian disebut deuterium ; intinya disebut deuteron).
10. Uranium dengan nomor massa 238 disebut juga uranium

- 238 (disingkat U-238). Berapakah jumlah neutron dalam inti-inti U-234, U-235. Demikian pula untuk oksigen (O-15, O-16, O-17 dan O-18).
11. Elektron-elektron mengitari inti pada jarak-jarak yang jauh dari inti. Jadi sebahagian besar atom itu akan terdiri dari ruang-ruang kosong. Jika sebuah gelas diisi air, mengapa air tidak dapat merembes keluar melalui dinding gelas itu ?
 12. Andaikan sepotong kapur yang massanya 1 gram dapat dirobah sepenuhnya menjadi energi, berapa liter air dari 30°C dapat kita didihkan (pada 100°C) dengan energi itu ?
 13. Jika sebuah inti uranium ($Z = 92$, $A = 235$), mengeluarkan sebutir partikel alfa, tentukan berapa proton dan neutron yang tertinggal di dalam inti sekarang.
 14. Jika pada pembelahan sebuah inti terjadi penyusutan massa (Δm) sebesar 0,5 sma, hitunglah energi yang keluar pada pembelahan inti itu. Hitung pula energi yang keluar jika yang terbelah itu 235 gram uranium yang berisi $6 \cdot 10^{23}$ atom-atom radioaktif.
 15. Dapatkah anda memberi contoh penggunaan zat-zat radioaktif dalam bidang kesehatan, hidrologi, pertanian, perminyakan dan lain-lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

David, Halliday dan Robert Resnick, Fisika II, Erlangga, Jakarta, 1986.

Sears, Zemansky, Fisika Universitas 2, Bina Cipta, Bandung, 1986.

Suardi, Prof. Ir. dan Suharjo Poertadji, Materi pokok Fisika, Karumika, Jakarta, 1986.

_____, Fisika SMP III, Balai Pustaka, Jakarta.

Sutarno, Fisika SMA III, Widya Duta, Surakarta, 1986.

Sutarno, Fisika SMA 2 B, Widya Duta, Surakarta, 1986.