

# DIKTAT

## PENERAPAN FISIKA DALAM LINGKUNGAN

D  
I  
S  
U  
S  
U  
N

Oleh:

**Masthura, M.Si**  
**NIB. 1100000069**



**PROGRAM STUDI FISIKA**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**  
**SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2020**

## SURAT REKOMENDASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Dr. Abdul Halim Daulay, S.T, M.Si  
NIP. : 198111062005011003  
Pangkat/ Gol. : Penata Tk.I (III/d)  
Unit Kerja : Fakultas Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa diktat saudara

Nama : Masthura, M.Si  
NIB : 1100000069  
NIDN : 2019068701  
Pangkat/ Gol. : Penata Muda Tk.I/ III b  
Unit Kerja : Program Studi Fisika  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN SU  
Medan  
Judul Diktat : Penerapan Fisika Dalam Lingkungan

Telah memenuhi syarat sebagai suatu karya ilmiah (Diktat) dalam mata kuliah Fisika Lingkungan pada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Demikianlah rekomendasi ini diberikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Medan, ..... Juli 2020  
Yang Menyatakan,



**Dr. Abdul Halim Daulay, ST, M.Si**  
NIP. 198111062005011003

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah segala puji hanya milik Allah Tuhan sekalian alam. Atas berkat rahmat dan karuniaNya, saya dapat menyelesaikan penulisan diktat ini dengan judul “**Penerapan Fisika Dalam Lingkungan**”. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Muhammad SAW beserta kerabat, sahabat, para pengikutnya sampai akhir zaman, adalah sosok yang telah membawa manusia dan seisi alam dari kegelapan ke cahaya sehingga kita menjadi manusia beriman, berilmu, dan tetap beramal shaleh agar menjadi manusia yang berakhlak mulia.

Penulisan diktat ini bertujuan untuk melengkapi persyaratan pengusulan kenaikan pangkat di Fakultas Sains dan Teknologi Program Fisika UIN Sumatera Utara, Medan. Diktat ini juga diharapkan dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan, khususnya mahasiswa fisika dalam instalasi nilai-nilai Islam yang terpadu dalam proses pembelajaran di lingkungan UIN Sumatera Utara, Medan.

Dalam penulisan diktat ini, saya sangat menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang perlu perbaikan di sana sini, sumbangan pemikiran yang membangun sangat penulis harapkan dari rekan-rekan sejawat terutama dari dosen-dosen senior yang terhimpun dalam mata kuliah serumpun. Juga usulan dari para pengguna bahan ajar ini terutama mahasiswa fisika, semoga konten fisika lingkungan dapat diperkaya melalui evaluasi terus menerus. Atas segala budi baik yang telah penulis terima dari semua pihak untuk itu saya ucapkan ribuan terima kasih. Semoga Allah SWT membalas kebaikan seluruh rekan sekalian dengan ganjaran yang berlipat ganda, Amiin.

Medan, Maret 2020

Penulis



**Masthura, M.Si**

NIB 1100000069

## DAFTAR ISI

<b>BAB I ZAT PADAT</b>	
1.1 Struktur Materi .....	1
1.2 Klasifikasi Zat padat .....	3
1.3 Perlakuan Berdampak Terhadap Zat padat .....	6
1.4 Tanah (Soil) .....	7
1.5 Batuan .....	9
1.6 Batu Permata .....	9
1.7 Mineralogi .....	10
<b>BAB II FLUIDA</b>	
2.1 Hidrologi .....	13
2.2 Atmosfer Bumi .....	19
2.3 Udara .....	20
2.4 Angin .....	23
2.5 Gas .....	25
<b>BAB III AKUSTIKA</b>	
3.1 Bunyi .....	27
3.2 Suara .....	55
<b>BAB IV TEMODINAMIKA</b>	
4.1 Terminologi.....	57
4.2 Tingkat Panas .....	58
4.3 Sumber Panas .....	58
4.4 Hukum Termodinamika .....	58
4.5 Efek Yang Timbul Akibat Energi Panas .....	60
4.6 Kebutuhan Tubuh Akan Kalori .....	61
4.7 Transfer Panas .....	62
4.8 Alat Ukur Temperatur .....	64
4.9 Penggunaan Termometer.....	67
4.10Hal – hal Yang Perlu Diketahui Tentang Panas .....	68
<b>BAB V CAHAYA DAN SINAR</b>	
5.1 Cahaya.....	71
5.2 Sinar .....	78
<b>BAB VI LISTRIK DAN MAGNET</b>	
6.1 Listrik .....	82
6.2 Magnet.....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>96</b>

# **BAB I**

## **ZAT PADAT**

Zat padat merupakan material yang cenderung mempertahankan bentuknya ketika gaya luar mempengaruhinya. Akibat adanya padatan maka dapat digunakan dalam bangunan yang semua strukturnya kompleks yang berbentuk. Seorang ahli dalam bidang material mempelajari alat-alat mekanik dari bahan material, seperti baja dan beton digunakan untuk struktur yang akan dia bangun. Semua material di alam terdiri atas zat atau materi begitu juga manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan terdiri atas zat atau materi. Setiap zat tersusun atas partikel-partikel penyusunnya dimana dibedakan dengan komposisi 70% zat padat, 30% berupa zat cair..<sup>1</sup>

### **1.1 STRUKTUR MATERI**

Segala sesuatu yang menempati ruang dan memiliki massa disebut sebagai materi. Makhluk hidup dan materi disekeliling kita tergolong materi karena menempati ruang dan memiliki massa, misalnya seperti besi, air, dan udara. Materi di alam berupa zat tunggal (murni) dan campuran. Zat murni tersusun dari satu jenis zat yang disebut dengan “zat”, sedangkan campuran tersusun dari dua atau lebih zat.

Berdasarkan penjelasan di atas maka struktur materi merupakan konstruksi atau suatu kerangka yang membangun materi sehingga mampu menjaga gaya dari luar. Struktur materi disusun dengan satu, dua macam unsur atau lebih yang tidak dapat diuraikan menjadi zat-zat lain dengan reaksi kimia biasa. Unsur terbagi atas 2 kelompok yaitu logam dan non-logam.

---

<sup>1</sup> Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Penerbit Andi : Yogyakarta. Hal : 23

**Tabel 1.1 Perbedaan unsur logam dan non logam**

<b>LOGAM</b>	<b>NON-LOGAM</b>
1. Berwujud padat pada suhu kamar (kecuali raksa)	1. Berwujud padat, cair atau gas
2. Dapat ditempa dan diregangkan	2. Rapuh dan tidak dapat ditempa
3. Konduktor panas dan listrik	3. Non-konduktor (kecuali grafit)
	4. Tidak mengkilap walau digosok (kecuali intan)

Contoh struktur materi:

- Cincin yang dibuat dari emas, perak, tembaga atau platina. Bias juga dibuat dari campuran antara emas dan tembaga dengan perbandingan tertentu.
- Periuk tanah terbuat dari tanah liat yang diberi air, kemudian dibentuk dan dibakar pada suhu diatas 600°C sampai 3000°C.
- Dinding beton rumah dibentuk dari bata, pasir, semen dan air. Setelah air menguap, dinding beton hanya terdiri dari bata, pasir semen. Magnet alam terdiri dari unsure  $Fe_2O_3$ .<sup>2</sup>

Materi dapat diklasifikasikan dengan dua cara yaitu berdasarkan keadaannya (wujudnya), dan komposisinya. Semua materi memiliki sifat-sifat tertentu. Sifat materi dibedakan menjadi dua macam, antara lain :

- a. **Sifat fisika** yaitu sifat yang dapat diukur dan diteliti tanpa mengubah komposisi atau susunan dari zat tersebut, contohnya wujud, warna benda, massa jenis, titik leleh, titik didih atau sifat lainnya.
- b. **Sifat kimia** yaitu sifat suatu materi yang dapat diketahui jika materi tersebut bereaksi dengan materi lainnya. Misalnya bensin, zat ini mudah terbakar jika disulut dengan api. Olehnya itu dapat dikatakan bahwa sifat kimia bensin adalah mudah terbakar. Contoh lain sifat kimia adalah mudah berkarat dan mudah meledak.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Oxtoby, David W. 2001. *Prinsip-Prinsip Kimia Modern*. Jakarta: Erlangga Hal 102

<sup>3</sup> Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Penerbit Andi : Yogyakarta. Hal : 28

## 1.2 KLASIFIKASI ZAT PADAT

Zat padat beraneka ragam. Agar mudah dalam pengamatan atau mudah dalam pemilihan bahan yang akan dipakai maka perlu melakukan pengelompokkan atau penggolongan. Adapun klasifikasi zat padat, antara lain :<sup>4</sup>

### 1.2.1 Susunan molekul

Susunan suatu molekul zat padat terdiri dalam dua bentuk yaitu kristal dan non Kristal. Kristal mempunyai susunan atom atau molekul yang teratur. Contoh garam dapur (NaCl), kristal ruby. Non kristal mempunyai susunan atom atau molekul yang tidak teratur sehingga disebut juga sebagai zat padat yang amorfus.

### 1.2.2 Unsur pembentuk zat padat

Unsur pembentuk suatu zat padat terdiri atas 2 golongan yaitu logam dan non logam. Contoh logam seperti besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn) dan sebagainya, sedangkan non logam seperti unsur karbon (kayu, intan), unsur sulfur (karet sintetis) poliaster/polimer (plastik, fiberglas) dan silikat (batu-batuan).

### 1.2.3 Kemampuan meneruskan aliran listrik

#### a. Superkonduktor

Super konduktor didefinisikan sebagai zat padat yang dapat menghantarkan arus listrik dan bebas dari hambatan (resistan). Fenomena superkonduktivitas terjadi pada suhu sangat rendah dan dikenai pada zat konduktor listrik. Fisikawan yang pertama sekali menemukan superkonduktor bernama Heike Kamerlingh Onnes pada tahun 1911 berasal dari Belanda. Onnes berhasil mencairkan helium dengan cara mendinginkan hingga 4 K atau 269°C.

#### b. Konduktor

Konduktor ialah bahan yang mudah menghantarkan muatan listrik. Muatan listrik yang dikandungnya dapat bebas bergerak, maka muatan muatan itu akan berada dipermukaan konduktor sebab muatan muatan tersebut akan saling menjauhi karena gaya elektrostatika yang tolak menolak.

---

<sup>4</sup> Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta. Hal : 3

Untuk memindahkan muatan listrik di suatu tempat ke tempat lainnya di dalam konduktor tidak memerlukan usaha dikarenakan kuat medan listrik di dalam konduktor adalah nol. Jadi potensial listrik di dalam konduktor di mana-mana adalah sama; dengan perkataan lain konduktor adalah suatu equipotensial. Contoh konduktor yaitu Cu, Zn, Pb, Fe, Al dan lain – lain.

c. Semikonduktor

Semikonduktor adalah suatu materi solid kristalin yang konduktivitas listriknya menengah antara logam dan isolator . Didalam sebuah bahan semikonduktor intrinsik, seperti misalnya germanium murni atau silikon murni, terdapat dua jenis pembawa arus: elektron dan hole. Elektron-elektron pembawa arus adalah elektron elektron pada tingkat energi tertinggi di dalam pita valensi, yang setelah menerima cukup energi (biasanya dalam bentuk panas) sehingga dapat menyeberangi celah terlarang yang relatif sempit ke pita konduksi.

d. Isolator

Isolator listrik merupakan bahan yang sulit melakukan perpindahan muatan listrik. Dalam bahan isolator valensi elektronnya terikat kuat pada atom-atomnya. Isolator berguna sebagai penopang beban atau pemisah antara konduktor tanpa membuat adanya arus mengalir ke luar atau antara konduktor. Istilah ini juga dipergunakan untuk menamai alat yang digunakan untuk menyangga kabel transmisi listrik pada tiang listrik. Contoh isolator seperti kaca, kertas, kayu, karet, dan lain – lainnya.

1.2.4 Kemampuan konduksi panas

Kemampuan transfer konduksi panas ada dua cara yaitu interaksi molekuler dan electron bebas. Interaksi molekuler yaitu gerakan molekul yang lebih besar berada pada tingkat energy (temperature) yang tinggi memberikan energy ke molekul didekatnya yang lebih rendah. Jenis transfer initerjadi sampai suatu derajat tertentu dalam semua system yang mempunyai gradient temperature dan di dalamnya terdapat molekul zat padat, zat cair atau gas.



Electron-bebas seringkali terjadi terutama dalam padatan metalik murni, dimana konsentrasi electron bebas sangat bervariasi pada paduan logam (alloy) dan sangat rendah pada padatan non-metalik. Kemampuan padatan untuk mengkonduksikan panas berbeda-beda tergantung pada konsentrasi electron bebasnya, sehingga tidak mengherankan apabila logam murni merupakan konduktor panas yang terbaik.<sup>5</sup>

Berdasarkan sifat zat padat yang dapat mengisolir panas maka materi zat padat dibagi dalam 2 kelas yaitu Isolasi utama (Bulk Insulation) dan Isolasi reflektif (reflective Insulation). Isolasi utama dapat memperlambat mengalirnya energi panas atau menghentikan aliran energi panas melalui ruang-ruang udara yang ada pada materi serta melalui pancaran panas. Zat padat yang mempunyai sifat isolasi utama adalah kertas organik, wool mineral, serat nabati, busa plastik, kalsium silikat, asbes, gelas selular, silikon aerogel dan diatomite. Sedangkan Isolasi reflektif ialah sifat zat padat yang dapat memantulkan panas dalam tingkat emisi yang rendah. Zat padat yang dimaksud adalah aluminium foil, lapisan pelindung metal, kertas aluminium, lapisan emas, tantalium.

#### 1.2.5 Kelenturan/Kekenyalan/Elastisitas

Apabila suatu zat padat dikenai suatu gaya maka akan timbul perubahan bentuk atau panjang pada sisi yang berlawanan terhadap gaya yang bekerja pada benda tersebut. Setelah gaya tersebut diiadakan, bentuk maupun perubahan panjang kembali ke keadaan semula. Zat padat tersebut dikatakan mempunyai sifat elastic. Apabila gaya yang bekerja pada zat padat diperbesar zat padat akan mengalami perubahan bentuk secara permanen/menetap, bahkan dapat patah atau akan hancur. Zat padat mempunyai batas elastic (limit elasticity). Zat padat dapat digolongkan dalam beberapa kelas yaitu:

- a. Super elastic (jenis karet);
- b. Elastic (per baja)
- c. Elastic sedang (logam);
- d. Sedikit elastic (kayu atau ebonite);
- e. Tidak elastic (batu-batuan).

#### 1.2.6 Kandungan pori-pori (porositas)

---

<sup>5</sup> Welty, James R. 2004. *Dasar-Dasar Fenomena Transport Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga. Hal 1

Porositas yang terkandung dalam zat padat digolongkan menjadi:

- a. Berpori-pori banyak; batu ambang, spons, gabus.
- b. Berpori-pori sedang; kayu.
- c. Berpori-pori mikro; kertas saring, batu padas, batu andesit (batu vulkanis).
- d. Tidak berpori-pori; ebonite, logam.

### 1.3 PERLAKUAN BERDAMPAK TERHADAP ZAT PADAT

Perlakuan merupakan suatu hal atau perbuatan yang dikenai pada zat padat dan akan menimbulkan perubahan pada zat padat tersebut.<sup>6</sup> Faktor – factor yang mempengaruhi adanya perlakuan yaitu temperatur panas yang ekstrem, temperatur dingin yang ekstrem, tekanan, kelembaban, air, zat asam / basa, aliran listrik, O<sub>2</sub> (oksidasi), dan durasi (pengulangan).

Beberapa contoh dampak yang terjadi pada zat padat terhadap perlakuan antara lain :

- Pada saat dipanaskan maka kayu akan melengkung, terbelah bahkan terbakar.
- Dalam perlakuan dingin yang ekstrem, kayu akan mengkerut.
- Campuran semen dan pasir dengan kelembaban yang cukup , apabila mendapat tekanan ( misalnya mesin pres) dalam waktu relatif singkat maka akan membentuk dan mengeras.
- Besi lunak yang dililit dengan kawat tembaga apa bila dialiri listrik, maka besi lunak tersebut akan menjadi bermagnet.
- Pada saat air mengenai bagian besi maka dalam waktu lama logam besi akan mengalami oksidasi sehingga timbul karat (korosi).
- Pemberian H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat pada bahan logam akan mengalami korosif

---

<sup>6</sup> Flack, Van. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam )* Edisi kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta. Hal : 60

## 1.4 TANAH (SOIL)

Tanah terbagi 3 bagian pembentuk bumi ( tanah, air dan atmosfer / udara. Tanah adalah daratan bumi.<sup>7</sup>

### a. Proses pembentukan

Tanah terbentuk dari hasil hempasan oleh angin,air atau es yang mencair kemudian diendapkan diatas batuan dasar, sedangkan bagian permukaannya yang berhubungan dengan atmosfer bumi terjadi dekomposisi mikroorganisme.

### b. Komponen utama tanah

Komponen utama tanah yaitu mineral, organik, air dan udara dengan komposisi sebagai berikut :

- Bagian padat terdiri dari 45% bahan mineral dan 5% bahan organik
- Bagian geluh debuan (pori-pori) terdiri dari 25% air dan 25% udara.

### c. Klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah digolongkan dari segi warna pada tanah , yaitu :

- Segi warna : tanah putih, tanah merah, tanah kekuning-kuningan, tanah kehitam-hitaman.
- Segi keliatan : tanah liat residu dan tanah liat sedimen.
- Segi bahan yang dikandungnya : tanah mineral/anorganik, tanah organic.
- Segi tekstur tanah : tanah berpasir sangat kasar ( ukuran diameter 2-1mm), tanah berpasir sedang (ukuran diameter 1-0,5mm), tanah berpasir halus ( ukuran diameter 0,25-0,1mm), tanah berpasir sangat halus (ukuran diameter 0,1-0,05mm), debu (ukuran diameter 0,05-0,002) dan lempung (ukuran diameter kurang 0,002mm).
- Segi struktur tanah : tanah lempung (platy), tanah pilar (columnar), tanah tiang ( prismatic), tanah gumpal bersudut (blocky), tanah gumpal membulat (nut like), tanah kersai(granular), tanah remah (crumb).
- Segi iklim, vegetasi dan keadaan tanah.

---

<sup>7</sup> Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta. Hal : 9

d. Hal lain yang berkaitan dengan tanah

1. Kerapatan massa tanah

Kerapatan tanah adalah massa tanah per volume tanah.

2. Kerapatan partikel tanah

Kerapatan partikel tanah adalah massa partikel padat per volume partikel padat.<sup>8</sup>

3. Pori-pori tanah

Ruang yang berisi udara dan air dikenal nama pori-pori tanah.

4. Kelembaban tanah

Untuk memperoleh gambaran akan kelembaban tanah, kita perlu mengetahui keadaan air tanah, udara tanah, suhu tanah, dan tekanan barometer.

5. pH tanah

Metode yang digunakan dalam penentuan pH tanah adalah metode elektrometris yaitu memakai pH meter dan indikator warna.

6. Ketahanan kelistrikan tanah

Ketahanan kelistrikan tanah yang dimaksudkan resistansi (tahanan) tanah terhadap aliran listrik.

7. Platisitas tanah

Platisitas tanah merupakan hubungan antara molekul-molekul tanah yang mengandung unsur mineral dan alkali lainnya atau dengan kata lain lempung silikat dengan kemampuan mengikat air yang tinggi sehingga dapat menunjukkan sifat liat yang besar. Sifat keliatan tanah inilah yang dipakai untuk membuat keramik/porselin

8. Konsistensi tanah

Konsistensi tanah ialah sifat fisik tanah dengan kandungan air berbeda-beda akibat reaksi tanah atas tekanan mekanik.

9. Distribusi organisme tanah

Pendistribusian hewan maupun mikroorganisme tanah tidak merata

---

<sup>8</sup> Harry O. Buckman, Nyle C. Brady., 1982, *Ilmu Tanah*, PT. Bhratara Karya Aksara, Jakarta.  
Hal : 71

pada tanah. Kesemuanya tergantung kondisi tanah, keadaan iklim dan keadaan air tanah.

## 1.5 BATUAN

Lebih kurang 99,9% batuan berasal dari bumi, sedangkan 0,1% berasal dari meteor, manusia, hewan atau tumbuhan tertentu. Batuan bersumber dari bukit, kali, gunung berapi, dan pasir /kerikil.<sup>9</sup>

Bentuk batuan berupa kristal (crystal) simetris dan tidak simetris. Dalam batuan ada istilah kratik (cratic) yaitu batuan yang mempunyai sudut / pinggiran runcing. Batuan mengandung berbagai macam unsur, seperti unsur besi (Fe), sulfur (S) , silikon (Si) , kalsium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), tembaga (Cu) dan lain - lain.

Jenis – jenis batuan antara lain :

- a. Batuan igneous dikenal dalam dua macam proses pembentukan yaitu intrusive dan ekstrusive. Batuan intrusive memiliki kepadatan batuan sebelum mencapai permukaan bumi , sedangkan batuan ekstrusive memiliki kepadatan batuan setelah mencapai permukaan bumi.
- b. Batuan sedimen terdiri dari hasil penghancuran batuan igneous dan batuan metamorphik yang diendapkan pada permukaan bumi.
- c. Batuan metamorfik berasal dari igneous (gunung api) yang mengalami efek dari larutan panas (hidrometal) dan gas panas (gasternal) yang berhembus dari keadaan bumi ke permukaan bumi dengan tekanan tinggi

## 1.6 BATU PERMATA

Batu permata/ batu mulia (gemstone) merupakan batu yang mempunyai warna beraneka ragam dan sangat mempesonakan baik sebelum digosok maupun sesudah digosok.<sup>10</sup>

Han Sam kay dalam buku “Rahasia Batu Permata” cetakan VI 1984 yang mengutip dari pengarang K.E kings dalam buku “ Handbook de Adelsteen Kunde” pada tahun 1960 , batu permata dibagi dalam 5 kelas:

---

<sup>9</sup> Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta. Hal : 21

<sup>10</sup> Robin Kerrod., 1983, *Batuan dan Mineral*, Widyadara, Jakarta. Hal : 10

- Kelas I : kekerasan antara 8 s.d. 10 , tergolong batu mulia seperti intan, mirah, khisoberil, spinel dan lain – lain.
- Kelas II : nilai kekerasan 7 s.d 8 seperti sirkon, beril, topaz, turmalin, garnate, opal mulia dan lain – lain.
- Kelas III : nilai kekerasan kira-kira 7 seperti kordirit, vesuvian, khrisalit, asinit, sianit, staurolit, andalusit, khiastolit, pistatit, pirus dan lain - lain
- Kelas IV : nilai kekerasan 4 s.d 7 seperti jenis kwarsa, calcedon, adular, amazonestin, feldspar, labradorstreen, obsidian, lazuursteen, hauyin, hiperstin, diopsiet, vlocispaath dan lain - lain
- Kelas V : kekerasan berbeda-beda seperti batu marmer, batu lahar, batu manganspaath dan lain – lain.

Untuk mengetahui suatu batu mulia atau tidak harus memahami ketentuan sebagai berikut :

1. Skala kekerasan batu/ Skala kekerasan Mohs
2. Indeks refrakter tertentu (cek dengan refraktometer)
3. Berat jenis tertentu.
4. Khusus batuan mulia, satuan berat yang dinyatakan dalam karat (1 karat = 1/5 gram) karat pada batu , tidak sama karat dalam emas. Karat yang dipakai pada emas menunjukkan kemurnian emas.
5. Guratan pada batu. Pada batu mulia mempunyai guratan asli alami.
6. Pita warna. Pada batu mulia mempunyai pita warna tertentu.

## 1.7 MINERALOGI

Ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang substansi anorganik homogen yang berasal dari bumi maupun yang berasal dari luar bumi (meteor) disebut sebagai mineralogi.

Bagian dari bumi disebut sebagai litosfir yang berarti selaput yang terdiri dari batuan. Untuk mengenal suatu material terdapat dua cara yaitu dengan mengenal sifat fisiknya berupa bentuk kristalnya, berat jenis, bidang belah, warna, kekerasan, goresan, dan kilap. Adapun cara yang kedua adalah dengan cara analisa kimiawi atau analisa melalui difraksi sinar X . Langkah ini pada

umumnya memakan biaya yang sangat mahal dan waktu yang lama. Sifat-sifat fisik mineral yang dapat dipakai untuk mengenal mineral secara cepat, yaitu :

### **1. Bentuk Kristal (crystal form )**

Setiap mineral akan mempunyai sifat bentuk kristalnya yang khas, yang merupakan perwujudan kenampakan luar yang terjadi sebagai akibat dari susunan kristalnya didalam.

Sebagai contoh mineral kuarsa dapat kita jumpai hampir disemua batuan dengan bentuknya yang tidak teratur, akan tetapi masih tetap dapat memperlihatkan susunan ion - ionnya yang ditentukan oleh struktur kristalnya yang khas berupa prisma berisi enam. Perbedaan bentuk kristal terjadi karena susunan atom karbonnya yang berbeda. Contoh lain dari kristal adalah mineral intan dimana dapat dikenali dari bentuknya yang segi- delapan atau “oktahedron” dan mineral grafit dengan segi enamnya yang pipih, meskipun keduanya mempunyai susunan kimiawi yang sama, yaitu keduanya terdiri dari unsur karbon.

### **2. Berat jenis (specific gravity )**

Setiap mineral mempunyai berat jenis tertentu. Besarnya ditentukan oleh unsur-unsur pembentukannya serta kepadatan dari ikatan unsur-unsur tersebut dalam susunan kristalnya. Umumnya mineral- mineral pembentuk batuan mempunyai berat jenis 2,7, meskipun berat jenis rata-rata unsur metal didalamnya berkisar antara 5.

### **3. Bidang belah (fracture)**

Mineral mempunyai kecenderungan untuk pecah melalui suatu bidang yang mempunyai arah tertentu. Arah tersebut ditentukan oleh susunan dalam dari atom-atomnya.

### **4. Warna (color)**

Warna mineral memang bukan merupakan penciri utama untuk dapat membedakan antara mineral yang satu dengan lainnya. Namun paling tidak ada warna- warna yang khas yang dapat digunakan untuk mengenali unsur-unsur tertentu didalamnya. Sebagai contoh warna gelap yang dimiliki mineral mengindikasikan terdapat nya unsur besi. Disisi lain mineral dengan warna terang, di indikasikan banyak mengandung aluminium .

## **5. Kekerasan ( hardness)**

Salah satu kegunaan dalam mendiagnosa sifat mineral adalah dengan mengetahui kekerasan mineral. Kekerasan didefinisikan sebagai sifat resistensi dari suatu mineral terhadap kemudahan mengalami abrasi (abrasive) atau mudah tergores (scratching). Kekerasan suatu mineral bersifat relative, artinya apabila dua mineral saling digoreskan satu dengan lainnya, maka mineral yang tergores adalah mineral yang relative lebih lunak dibandingkan dengan mineral lawannya.

## **6. Goresan pada bidang (streak)**

Beberapa jenis mineral mempunyai goresan pada bidangnya, seperti pada mineral kuarsa dan pyrite, yang sangat jelas dan khas.

## **7. Kilap (iluser)**

Kilap adalah kualitas pantulan cahaya dari permukaan suatu mineral . Kilap pada mineral ada 2 (dua) jenis, yaitu kilap logam dan kilap non logam . kilap non logam antara lain : kilap mutiara, kilap gelas, kilap suara, kilap resin, kilap tanah.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Noor, Djauhari. 2014. *Pengantar Geologi*. Yogyakarta: Deepublish. Hal 135-139



## **BAB II**

### **FLUIDA**

Fluida didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir dan ketika ditekan memberikan sedikit hambatan terhadap perubahan bentuk. Fluida disebut sebagai zat alir yang terdiri atas air, udara, angina, minyak dan emulsi / larutan. Aliran fluida atau zat cair (termasuk uap air dan gas) dibedakan dari benda padat karena kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan.<sup>12</sup>

#### **2.1 HIDROLOGI**

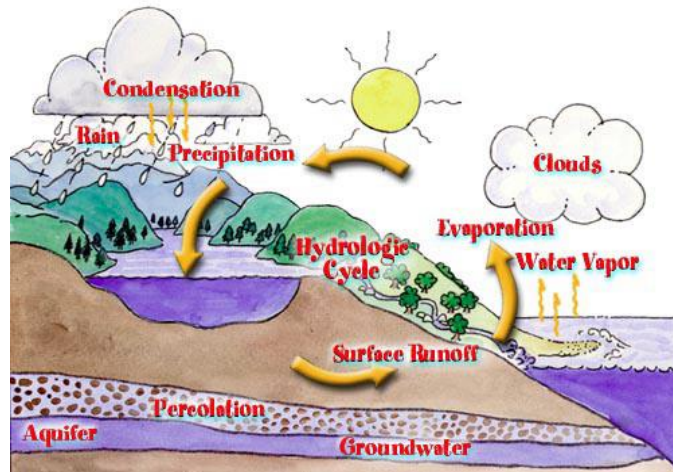
Hidrologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari fenomena air pada semua tahap yang dilaluinya menyangkut penyebaran dan adanya air pada atmosfer bumi, permukaan bumi, di dalam tanah dan lapisan batu – batuan.<sup>13</sup> Dampak adanya pergerakan air yang dialami oleh air maka akan terjadi :

- a. Penguapan (evaporasi) air yang terdapat di dalam dan atau keadaan berkeringat (transpirasi)
- b. Pembentukan awan (kondensasi)
- c. Peristiwa jatuhnya air ke bumi (presipitasi)
- d. Aliran air pada permukaan bumi dan di dalam tanah (perkolasi)

---

<sup>12</sup> Sears & Zemanski, *Fisika untuk Universitas*, Penerbit Airlangga.. Hal : 150

<sup>13</sup> Graham Rickard, (2001), *Energi Angin dan Air*, CV Dian Artha, Semarang. Hal :



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Dari gambar 2.1 dapat dilihat siklus pergerakan air yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan siklus hidrologi. Hal ini dikarena hanya pergerakan air yang ada hubungannya dengan manusia berupa pemakaian, penyediaannya, pembuangan air bekas dan aliran alur air alam.

Komponen yang membentuk bumi yaitu zat padat, air dan atmosfer. Bumi dilingkupi air sebanyak 70% sedangkan sisanya 30% berupa daratan (dilihat dari permukaan bumi). Udara mengandung zat cair sebanyak 15% dari tekanan atmosfer. Menurut Asmadi (2011), ada 2 jenis pencemar air yang berasal dari :<sup>14</sup>

1. Sumber domestic (rumah tangga), perkampungan, kota, pasar, jalan dan sebagainya
2. Sumber non-domestik (pabrik, industry, pertanian, peternakan, perikanan serta sumber – sumber lainnya.

### 2.1.1 Sumber Air

#### a. Air Laut

Air laut adalah air yang berasal dari laut atau samudera yang memiliki sifat asin, sebab mengandung garam (NaCl). Kadar garam (NaCl) dalam air laut, berasal dari gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut, sehingga air laut tidak layak untuk diminum. Kadar dan komponen unsur di dalam air laut ditentukan dari reaksi kimia, fisik dan biokimia yang terjadi di

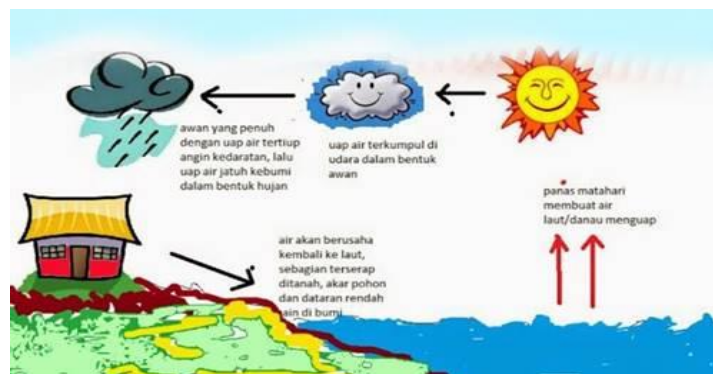
<sup>14</sup> Asmadi, Khayan dan Heru SB, 2011, *Teknologi Pengolahan Air Minum*, Edisi Pertama, Gosyen Publishing, Yogyakarta. Hal : 5

samudera. Air laut memiliki karakteristik kadar garam yang sangat bervariasi dari setiap tempat. Misalnya laut hitam mempunyai kadar garam yang sangat tinggi dibanding dengan kadar garam pada samudera Pasifik. Air laut memiliki beberapa kegunaan yaitu :

1. Sebagai suatu unsur keseimbangan darat, laut dan udara.
2. Sebagai tempat hidupnya binatang dan tumbuh-tumbuhan laut.
3. Sebagai sumber air hujan.
4. Alat transportasi.
5. Dipakai sebagai sarana olah raga seperti olahraga selancar, dayung, diving dan lainnya.

### b. Air Hujan

Peristiwa sampainya air dalam bentuk cair maupun padat yang dicurahkan dari atmosfer menuju ke permukaan bumi merupakan definisi dari air hujan. Curah hujan merupakan jumlah hujan yang jatuh di suatu daerah selama waktu tertentu. Proses terjadinya hujan seperti gambar dibawah ini



Gambar 2.2 Proses hujan

Air hujan memiliki dampak baik dan buruk. Dampak baiknya air hujan memberi asupan nutrisi kepada tanaman terutama tanaman berumbi karena air hujan mengandung nitrogen ( $\text{NH}_3$ ) dan mengurangi pencemaran udara oleh karena butir-butir materi yang ada di dalam udara akan turun bersama hujan. Sedangkan dampak buruknya, air hujan menyebabkan karat dan korosif terhadap logam oleh karena mengandung  $\text{NH}_3$  dan air hujan mengganggu penerbangan.

### c. Air Tanah

Air tanah disebut juga dengan air tawar yaitu air yang berada di bawah permukaan tanah didalam zone jenuh dimana tekanan hidrostatiknya sama atau lebih besar dari tekanan atmosfernya. Air tanah terbagi atas 2 yaitu air tanah

dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal, terjadi karena adanya daya proses biopori/resapan air dari permukaan tanah. Air tanah dangkal memiliki kedalaman sekitar 15 m<sup>2</sup> sebagai sumur air minum. Dari segi kualitas air tanah dangkal termasuk air yang baik berdasarkan standar air minum dan dari segi kuantitas kurang cukup baik karena tergantung pada musim. Air tanah dalam, terdapat setelah lapis rapat air yang pertama dari air tanah dangkal. Pengambilan air tanah dalam tidak semudah air tanah dangkal karena harus menggunakan mesin bor dan memasukkan pipa kedalamannya sehingga dalam suatu kedalaman biasanya antara 100 – 300 m<sup>2</sup>.<sup>15</sup>

Air tanah terutama berasal dari air hujan yang jatuh di permukaan tanah/bumi dan sebagian besar meresap kedalam tanah dan mengisi rongga – rongga atau pori – pori di dalam tanah. Kandungan air tanah bergantung dari struktur tanahnya dan lapisan yang kedap air.<sup>16</sup>

Karakteristik air tanah antara lain, (Asmadi, 2011) :

- a. Kualitas air tergantung pada lapisan tanah yang dilaluinya.
- b. Umumnya jernih dan tidak mengandung padatan tersuspensi atau tumbuhan – tumbuhan mati, karena air tanah melalui proses penyaringan alami.
- c. Kualitas air tanah dangkal rata – rata kurang baik dan juga terkontaminasi air permukaan yang berada disekitarnya. Umumnya kandungan unsur besi dan mangan tinggi
- d. Pada air tanah dalam mengandung mineral dalam jumlah yang sangat tinggi dan tergantung pada tanah biopori/resapannya
- e. Semakin dalam air tanah maka kandungan oksigen terlarutnya semakin rendah.

---

<sup>15</sup> Fety K dan Yogi S, 2011, *Teknik Praktis Mengolah*, Laskar Aksara, Bekasi-Jawa Barat. Hal : 47

<sup>16</sup> Asmadi, Khayan dan Heru SB, 2011, *Teknologi Pengolahan Air Minum*, Edisi Pertama, Gosyen Publishing, Yogyakarta. Hal : 63

## **Persyaratan Kualitas Air**

Persyaratan kualitas air yang digunakan manusia haruslah air yang tidak tercemar atau memenuhi persyaratan fisika, kimia, dan biologis.

### **1. Persyaratan Fisika (Asmadi, 2011)**

Air yang layak digunakan dan konsumsi harus memenuhi persyaratan untuk parameter fisika sebagai berikut:

- a. Harus jernih atau tidak keruh
- b. Tidak berwarna
- c. Tidak berasa dan berbau
- d. Memiliki temperaturnya normal
- e. Tidak mengandung zat padatan

### **2. Persyaratan Kimia (Asmadi, 2011)**

Air bersih tidak mengandung zat beracun, sehingga persyaratan kimia untuk air terdiri dari :

- a. Memiliki nilai pH (derajat keasaman)
- b. Kesadahan
- c. Kandungan Logam Besi

Kandungan Fe yang tinggi menyebabkan air berwarna kuning dan terkadang sampai kecoklatan. Berdasarkan Permenkes RI kandungan Fe maksimum untuk air minum sebesar 0,03 mg/L.<sup>17</sup>

- d. Kandungan Aluminium

logam Aluminium (Al) tidak termasuk logam berat, tetapi kandungan Al dengan konsentrasi yang tinggi dapat bersifat toxic (beracun).

- e. Kandungan Zat organik

Larutan zat organik yang bersifat kompleks ini dapat berupa unsur hara makanan maupun sumber energi lainnya bagi flora dan fauna yang hidup di perairan

- f. Kandungan Sulfat

---

<sup>17</sup> Suparno, 2012, *Kajian Kristis Terhadap Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Sedimentasi*, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA UNY, Yogyakarta.

Kandungan sulfat yang berlebihan dapat mengakibatkan kerak air yang keras pada alat merebus air (panci / ketel) selain mengakibatkan bau dan korosi pada pipa.

g. Kandungan Nitrat dan nitrit

Kandungan nitrat dan nitrit bersumber dari tanah dan tanaman. Nitrat dapat terjadi karena adanya  $\text{NO}_2$  atmosfer maupun dari pupuk yang digunakan dan dari oksidasi  $\text{NO}_2$  oleh bakteri.

h. Kandungan Chlorida

Dalam konsentrasi yang layak, tidak berbahaya bagi manusia. Chlorida dalam jumlah kecil dibutuhkan untuk desinfektan namun apabila berlebihan menyebabkan korosi pada pipa air.

i. Kandungan Zn

Batas Kandungan Zn yang didalam air sebaiknya maksimal 15 mg/l.

### 3. Persyaratan mikrobiologis

Mikrobiologis dapat dibagi dalam empat jenis, yakni parasit, bakteri, virus dan jamur. Persyaratan mikrobiologis untuk bakteri yang harus dipenuhi oleh air adalah sebagai berikut:<sup>18</sup>

a. Tidak mengandung bakteri patogen

Salah satu bakteri pathogen adalah bakteri *Escherichia coli* yaitu bakteri yang sangat identik dengan pencemaran tinja. *Escherichia coli* merupakan bakteri yang berasal dari kotoran hewan atau manusia baik sehat maupun sakit. Oleh karena itu, dikenal juga dengan istilah koli tinja.<sup>19</sup>

b. Tidak mengandung bakteri non patogen

Bakteri non pathogen contohnya adalah bakteri *Coliform* yaitu bakteri yang umum digunakan sebagai indikator penentuan kualitas sanitasi

---

<sup>18</sup> Asmadi, Khayan dan Heru SB, 2011, *Teknologi Pengolahan Air Minum*, Edisi Pertama, Goyen Publishing, Yogyakarta. Hal : 73

<sup>19</sup> Sutrisno, C.T. 2006. *Teknologi Penyediaan Air bersih*. Cetakan Keenam. Jakarta: Rhineka Cipta. Hal : 26

makanan dan air. Bakteri Coliform sebenarnya bukan penyebab dari penyakit-penyakit bawaan air, namun bakteri jenis ini mudah untuk diklasifikasikan dan keberadaannya dapat digunakan sebagai indikator keberadaan organisme patogen seperti bakteri lain, virus atau protozoa yang merupakan parasit yang hidup dalam sistem pencernaan manusia serta terkandung dalam faeses.<sup>20</sup>

## **2.2 ATMOSFER BUMI**

Gas yang melingkupi seluruh permukaan bumi di kenal dengan nama atmosfer bumi. Atmosfer bumi merupakan salah satu komponen dari ketiga komponen (lithosfer, hidrosfer dan atmosfer) yang membentuk bumi. Komposisi lapisan atmosfer bumi terbagi beberapa lapisan atmosfer bumi, antara lain :

### **1. Lapisan Troposfer (atmosfer rendah)**

Secara matematika ketinggian troposfer sekitar 12 km dari permukaan bumi. Pada daerah khatulistiwa/equator sekitar 16 km makin ke kutub ketinggiannya mencapai 8 km.

### **2. Lapisan Stratosfer**

Lapisan ini berada di atas lapisan troposfer sekitar 12-50 km dari permukaan bumi. Mengandung kadar uap air yang sedikit, tidak ada pembentukan awan. Lapisan ini ini dikenal sebagai homosfer, mengandung O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> yang sedikit pula.

### **3. Lapisan Mesosfer**

Lapisan ini berada 50-80 km dari permukaan bumi, mengandung sedikit gas, terutama O<sub>3</sub>. O<sub>3</sub> membuat lapisan yang tipis disebut lapisan D (ionisasi rendah). Suhu menurun sesuai dengan peningkatan ketinggian.

### **4. Lapisan Termosfer**

---

<sup>20</sup> Garneta RB dan Barti SM, 2010, *Korelasi Kualitas Air Dan Insidensi Penyakit Diare Berdasarkan Keberadaan Bakteri Coliform Di Sungai Cikapundung*, Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB

Lapisan ini disebut juga heterosfer, lapisan ini berada di atas 80 km dari permukaan bumi. Antara 80-115 km, terdapat atom bebas yaitu, N, O. pada ketinggian 500 km terdapat atom hydrogen (H) dan helium (He) yang banyak.

### 2.3 UDARA

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan mengelilingi bumi. Udara terdiri dari 78% nitrogen, 21,94% oksigen, 0,93% argon, 0,032%. Udara termasuk komponen yang membentuk atmosfer bumi, yang membentuk kehidupan pada permukaan bumi. Udara murni mengandung unsur-unsur  $N_2, O_2, O_3, A, CO_2, He, Ne, Xe, Kr, CH_4, NH_3, H_2S, CO$  dan  $N_2O$ .<sup>21</sup>

Udara terdiri dari berbagai gas dalam kadar yang tetap pada permukaan bumi, kecuali gas methane, amonia, hidrogen sulfide, karbon monooksida dan nitrooksida mempunyai kadar yang berbeda-beda tergantung daerah/lokasi. Umumnya konsentrasi methane, amonia, hidrogen sulfide, karbon monooksida dan nitrooksida sangat tinggi di areal rawa-rawa atau industri kimia.

#### **Faktor yang Mempengaruhi Konsentrasi Gas di Dalam Udara**

Komponen gas di dalam udara bisa naik atau menurun disebabkan oleh:

a. Faktor ketinggian

Setiap peningkatan ketinggian 100 meter akan terjadi penurunan tekanan atmosfer sebesar 6-10 mmHg sehingga secara langsung terjadi penurunan kadar gas di dalam udara.

b. Faktor banyaknya tumbuhan berkhlorofil

Tumbuhan berkhlorofil pada siang hari akan melepas oksigen yang banyak dan menyerap  $CO_2$  yang banyak.

Terjadi reaksi kimia:

Karbondioksida + air + energi sinar  $\xrightarrow{\text{klorofil}}$  glukosa + oksigen



c. Faktor kepadatan penduduk

---

<sup>21</sup> C. D. Cooper's F. C. Alley's., 2002, *Air Pollution Control*, 3rd Edition, Hardcover. Page : 230



Kepadatan penduduk suatu kota/ daerah menyebabkan penurunan kadar  $O_2$  dan meningkatkan kadar  $CO_2$

Pernapasan : inspirasi  $O_2 \rightarrow$  ekspirasi  $CO_2$

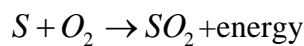
d. Faktor pembakaran pada industri/mobil

Akibat pembakara batu bara, oli, gas minyak diesel dan lain sebagainya akan mengurangi oksigen dan meningkatkan  $CO_2$  di dalam udara. Kalau pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan  $CO$  (karbon monoksida) yang tinggi di udara:

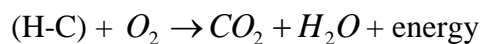
Karbon + oksigen  $\rightarrow$  Karbon dioksida + energy



sulfur + oksigen  $\rightarrow$  Sulfur oksida + energi

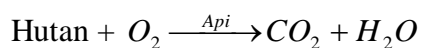


Hidrokarbon + oksigen  $\rightarrow$  Karbon dioksida + air + energy



e. Faktor kebakaran

Akibat kebakaran, baik kebakaran hutan atau rumah, akan menurunkan kadar  $O_2$  dan meningkatkan kadar  $CO_2$



f. Faktor plankton pada permukaan air

Plankton atau phytoplankton pada permukaan air akan member sumbangan oksigen pada air dan atmosfer (udara).<sup>22</sup>

### **Hal-hal yang berkaitan dengan udara**

1. Tekanan udara

Merupakan gaya per satuan luas dimana udara melakukan desakan pada permukaan yang kontak dengannya. Dari hasil percobaan pada permukaan laut, diperoleh tekanan udara sebesar 15 pound per inci kuadrat (Psi).

Unit dasar untuk tekanan udara:

---

<sup>22</sup> Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta. Hal : 111

a. Segi meteorologi: barometer (bar); 1 bar = 100 senti bar = 1000 miliabar = 1000 mb.

b. Segi teknik: mmHg = atmosfer (atm).

Hubungan barometer dengan mmHg dapat dilihat di bawah ini:

$$1 \text{ mb} = 1000 \text{ dyne/cm}^2 = 0,750062 \text{ mmHg} + 0,0295300 \text{ (inHg)}.$$

$$1 \text{ atm} = 1013,200 \text{ mb} = 760 \text{ mmHg}$$

$$= 29,9213 \text{ (in Hg)} = 14,6959 \text{ (lb)/in}^2$$

$$= 1,03323 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ torr} = 1,333224 \text{ mmHg} = 0,0295300 \text{ (inHg)}$$

$$1 \text{ mmHg} = 33,8639 \text{ mb} = 25,4 \text{ mmHg}$$

Tekanan udara dipengaruhi oleh:

a. Ketinggian

Ketinggian 100 m di atas permukaan laut akan terjadi penurunan barometer sebesar 6-10 mmHg umumnya dianggap penurunan sebesar 10 mmHg.

b. Angin tornado

Pada waktu angin tornado akan terjadi penurunan tekanan barometer.

c. Pada musim dingin

Pada musim dingin, tekanan udara cenderung tinggi pada benua daripada permukaan laut (samudera).

2. Kegunaan udara

Udara sangat berguna dalam kehidupan sehari-hari antara lain:

a. Bahan kebutuhan pokok dalam pernapasan.

b. Sebagai sarana bagi pesawat terbang.

c. Sebagai alat pendingin trafo tekanan tinggi.

3. Polusi udara

Masuknya substansi gas atau partikulat (butir-butir halus) keadaan atmosfer dikenal dengan nama polusi udara (udara tercemar).

Sumber pencemaran:

a. Dari alam

Letusan gunung berapi menyemburkan debu dan gas sulfur; kebakaran hutan menghasilkan  $CO_2$ ,  $CO$  dan sulfur, penguapan samudera berupa partikel garam, tepung sari, jamur, spora yang dibawa oleh hembusan angin.

b. Perbuatan manusia

Proses industri kimia, pabrik logam, pabrik semen, menghasilkan gas partikulat, pembakaran bahan bakar dalam memproduksi energy panas, hasil kotoran rumah tangga berupa asap atau gas yang dihasilkan kendaraan bermotor, pesawat terbang, dan roket.

## 2.4 ANGIN

Angin adalah udara yang bergerak secara mendatar/horizontal pada permukaan bumi dengan rata-rata pengulangan 1-3 menit periode. Gerakan udara dalam beberapa detik per periode oleh badan mikro-meteorologi diabaikan .

### **Dampak Akibat Angin**

Angin mempunyai dampak positif (baik) dan negatif (buruk).

1. Dampak Positif (baik)
  - a. Menghasilkan awan
  - b. Memindahkan awan/bergeraknya awan
  - c. Menyebabkan presipitasi bintik-bintik air pada awan
  - d. Memindahkan massa udara dingin atau panas kearah lain.
  - e. Dapat dipakai sebagai sarana pembangkit listrik tenaga angin.
  - f. Menyebabkan bibit tanaman ke daerah lain
  - g. Sarana terbang layang

2. Dampak Negatif (buruk)

Angin dapat pula mendatangkan pengaruh buruk, yaitu:

1. Terjadi erosi tanah
2. Karakter dan struktur tumbuh-tumbuhan akan mengalami kerusakan
3. Mengakibatkan gelombang pada permukaan air
4. Mengganggu dalam pelayaran
5. Mengganggu dalam penerbangan

## **Proses Terjadinya Angin**

Proses terjadinya angin secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Akibat adanya perbedaan kerapatan atmosfer sehingga menimbulkan perbedaan tekanan udara secara horizontal.
2. Adanya perbedaan pemanasan dan pendinginan yang terjadi daerah sub tropis yang rendah dan tinggi. Ini merupakan sumber energy bagi angin untuk mempertahankan kecepatan terhadap rintangan yang ditimbulkan oleh gesekan dengan permukaan.
3. Adanya rotasi bumi. Dengan adanya rotasi bumi maka di belahan Utara khatulistiwa arus angin sesuai dengan jarum jam, sedangkan dibelahan Selatan khatulistiwa arus angin berlawanan dengan jarum jam; pada daerah di sebelah Lintang Selatan arus angin bergerak sesuai dengan jarum jam.

## **Pengukuran Angin**

Dalam pengukuran angin, ada beberapa parameter yang terdapat pada angin yaitu seberapa besar contoh angin/udara, kecepatan udara/angin, arah gerakan udara/angin, wind rose dan tenaga angin.

## **Tenaga Angin**

Angin mempunyai kecepatan, massa, dengan demikian angin mempunyai tenaga.

Energi kinetis =  $\frac{1}{2}mv^2$ . Besar tenaga angin secara menyeluruh  $10^{14}$  KW, energy

kinetis angin sebesar  $10^{17}$  KWH ( $1KWH = 3,60 \times 10^6$  joule).

## **2.5 GAS**

Gas merupakan salah satu komponen suatu zat alir, selain air atau zat cair.

### **Sifat Umum Gas**

1. Massa jenis sangat rendah
2. Fluiditas yang tinggi
3. Tidak keras/kaku
4. Selalu terisi dalam ruang apa saja

5. Perubahan kecil pada tekanan atau temperatur akan mengakibatkan terjadi perubahan besar dalam isi (volume)
6. Setiap molekul selalu bertumbukan
7. Mengadakan penekanan oleh karena momentum

### **Hukum yang Berkaitan Dengan Gas**

Ada beberapa hukum yang berkaitan dengan gas antara lain:

1. Hukum boyle
2. Hukum charles
3. Hukum kekekalan massa (Persamaan Kontinuitas)
4. Hukum kekekalan momentum ( Navier stokes)
5. Hukum kekekalan energi (Persamaan energi)
6. Hukum bernoulli (Bernoulli Theorema)
7. Hukum Buoyancy
8. Euler Momentum Theorema
9. Hukum Avrogado (Avrogado Law)

### **Klasifikasi Gas**

Banyak macam gass, namun secara sederhana dapat digolongkan dalam 2(dua) macam yaitu:

#### **1. Gas Merupakan Bagian Dari Udara**

Komponen gas yang ada di dalam udara yaitu  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $O_3$ , He, argon, neon, kripton,  $N_2O$ , xenon,  $NH_3$ , CO.

#### **2. Gas Bukan Bagian dari Udara**

a. Berasal dari alam

- Hasil pembusukan tumbuh-tumbuhan, hewan, nitrogen, dan sulfur.
- Hasil kebakaran hutan berupa karbon.
- Hasil letusan gunung berapi berupa gas sulfur
- Gas keluar dari perut bumi (C1-C5) berupa gas metan, gas dari batu-batuan, LNG (C1-C5), LPG.

b. Berasal dari perbuatan manusia

- Dari pabrik (tekstil, penyulingan minyak, semen, dan keramik).

- Dari PLTD
- Dari rumah tangga (dapur)
- Dari kendaraan bermotor
- Dari pesawat terbang

## **BAB III**

### **AKUSTIKA**

Akustika didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari hal-hal berkaitan dengan bunyi, indera pendengaran serta keadaan ruangan yang mempengaruhi bunyi.

Perlu diketahui bahwa bunyi serupa dengan suara. Dalam bahasa Inggris bunyi disebut *sound*, sedangkan suara disebut *voice*. Dari sudut bahasa, bunyi tidak sama dengan suara oleh karena bunyi merupakan getaran yang dihasilkan oleh benda mati sedangkan suara merupakan getaran (bunyi) yang keluar dari mulut atau yang dihasilkan oleh makhluk hidup.<sup>23</sup>

#### **3.1 BUNYI**

Bunyi merupakan salah satu gelombang dalam fisika, yaitu gelombang longitudinal yang dapat dirasakan oleh indera pendengaran (telinga). Bunyi juga dapat didefinisikan sebagai sesuatu yang dihasilkan oleh benda yang bergetar. Setiap getaran yang terjadi akan menggetarkan molekul atau partikel udara di sekitarnya, hal inilah yang menimbulkan bunyi.

##### ➤ **Terjadinya Bunyi**

Getaran suatu objek yang menggetarkan udara/medium sekitarnya; pada massa udara akan terjadi merapat dan meregang silih berganti, selanjutnya diterima oleh pendengar berupa bunyi.

##### ➤ **Sumber Bunyi**

Bunyi berasal dari berbagai corak objek dan keadaan. Agar mendapatkan gambaran jelas tentang sumber bunyi maka dibagi dalam 2 kategori:

1. Berasal dari Alam
  - a. Pohon tumbang, dahan atau ranting yang jatuh
  - b. Gunung meletus
  - c. Petir
  - d. Air hujan
  - e. Air terjun
2. Berasal dari Buatan Manusia

---

<sup>23</sup> Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta.  
Hal : 163

- a. Bunyi kendaraan melaju
- b. Bunyi alat musik
- c. Bunyi mesin ketik
- d. Tukang sedang menggergaji/berpalu

➤ **Sifat Umum Bunyi**

Bunyi mempunyai sifat fisik amat banyak kalau diringkas maka diperoleh:

1. **Sifat Intrinstik Bunyi**

Merupakan sifat utama yang dimiliki bunyi sebagai berikut:

- a. Gerak harmonik

Suatu gerak periodik berupa sinusoida; gerak ini sering disebut sebagai gerak harmonik sederhana.

- b. Merupakan suatu gelombang

- Klasifikasi gelombang bunyi berdasarkan tingkah laku gelombang.

Ada 2 macam gelombang:

1. **Gelombang Berjalan.** Proses terjadinya:

- ✓ Gelombang bunyi yang sinusoidal, berasal dari suatu sumber bunyi dibagian kiri bergerak ke arah kanan dengan suatu kecepatan; dengan kata lain gelombang bunyi sinusoidal bergerak dalam arah sumbu X positif.
- ✓ Gelombang bunyi yang sinusoidal, berasal dari suatu sumber bunyi dibagian kanan bergerak ke arah kiri dengan suatu kecepatan; dengan kata lain gelombang bunyi sinusoidal bergerak dalam arah sumbu X negative.

2. **Gelombang Berdiri.** Proses terjadinya:

Dua buah gelombang bunyi mempunyai frekusensi yang sama, amplitude yang sama, sedangkana arah gerakan berlawanan dan berjalan pada saat yang bersamaan. Gelombang berdiri dalam persamaan dituliskan merupakan penjumlahan dari dua buah gelombang. Pada gelombang berdiri ini tidak pernah terjadi lintasan jauh.



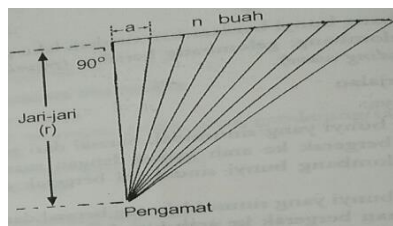
- Klasifikasi gelombang bunyi berdasarkan arah gerakan gelombang.

Ada 2 macam gelombang:

### 1. Gelombang Konvergensi

Ada  $n$  buah sumber bunyi, terletak pada satu garis dengan jarak  $a$  dan berdiri tegak lurus pada suatu bidang; pada jarak  $r$  terdapat pengamat (observer). Tampak pada arah gerakan gambar gelombang bunyi secara konvergensi (Gambar 3.1)

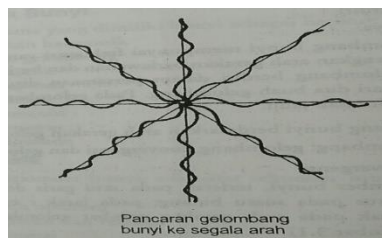
Tujuan lain dari pengamatan ini untuk mengamati tingkat kebisingan dan kehilangan energy pada waktu transmisi (*transmission loss*). Tingkat kebisingan sebanding dengan fungsi jarak dari sumber bunyi (lihat gambar 3.1)



Gambar 3.1. Tingkat kebisingan dan kehilangan energi pada waktu transmisi (*transmission loss*)

### 2. Gelombang Divergensi

Suatu sumber bunyi akan memancarkan gelombang ke segala arah (Gambar 3.2).

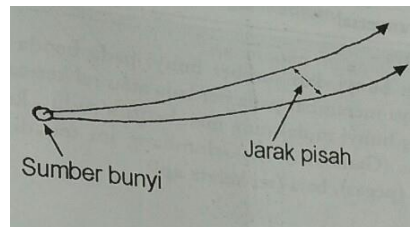


Gambar 3.2. Pancaran gelombang ke segala arah

Misalnya ada dua buah gelombang bunyi yang berdekatan dalam perambatan, selanjutnya akan

memisahkan diri sehingga akan terjadi gelombang konvergensi (Gambar 3.3).

Tujuannya: dapat dipakai untuk meramalkan kehilangan energi transmisi.



Gambar 3.3. Dua gelombang bunyi dalam rambatan sehingga memisahkan diri terjadi gelombang konvergensi

- Klasifikasi gelombang bunyi berdasarkan bentuk gelombang

Ada 2 macam gelombang:

1. **Gelombang Longitudinal.** Proses terjadinya:

Suatu sumber bunyi memberi tekanan bunyi positif (kompresi), kemudian diikuti tekanan bunyi negative (rarefaksi). Kalau diukur nilai tekanan bunyi maka akan diperoleh nilai nol (zero). Oleh sebab itu, bunyi tekanan bunyi yang diukur melainkan efek yang disebabkan kompresi serta efek yang ditimbulkan rarefaksi kemudian dijumlahkan efek tersebut. Gelombang longitudinal dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe. Terjadinya berbagai tipe gelombang tersebut oleh karena medium yang dilewati bunyi beraneka ragam.

Gelombang kompresi

- Gelombang ini hanya terdapat di udara/atmosfer
- Kalau gelombang ini mengenai fluida (zat cair) maka gelombang tersebut tersimpan sebagai energy kinetic dan potensial.
- Dalam perambatan akan mengalami perubahan bentuk

Gelombang shear (gunting)

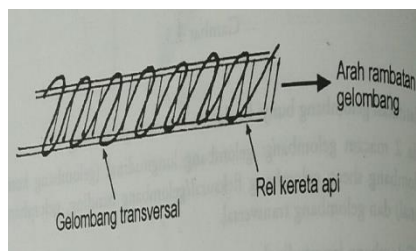
- Dalam perambatan akan mengalami perubahan bentuk
- Apabila gelombang ini mengenai materi padat maka akan menimbulkan gelombang fleksural (gelombang bending) dan gelombang torsional.

Gelombang fleksural dan torsional

- Dibangkitkan oleh gelombang shear
- Merupakan kombinasi dari kompresi-tension

2. **Gelombang Tranversal.** Proses terjadinya:

- Perambatan bunyi dari sumber bunyi pada benda padat seperti baja, per, misalnya merambat pada per baja atau rel kereta api.
- Gelombang bunyi mula-mula membentuk sudut, kemudian merambat secara lurus (Gambar 3.4). Gelombang ini terjadi pada benda padat berupa per (pegas), baja (rel kereta api).



Gambar 3.4. Gelombang bunyi mula-mula sehingga membentuk sudut dan merambat luas

c. Mempunyai frekuensi

Bunyi mempunyai frekuensi dalam satuan Hertz (Hz) (1 Hz = satu siklus/detik). Yang dimaksud dengan satu siklus ialah dari titik equilibrium ke suatu titik positif kemudian kembali ke titik equilibrium, selanjutnya dari titik equilibrium ke suatu titik negative dengan kembali ke titik equilibrium.

Pada bunyi ada 3 daerah frekuensi yaitu:

- Daerah frekuensi infra (0-16 Hz)
- Daerah frekuensi audio (16-20.000 Hz)
- Daerah frekuensi ultra (diatas 20.000 Hz)

d. Mempunyai kecepatan

Kecepatan bunyi  $\pm 340$  m/detik (medium udara). Pada medium yang berbeda kecepatan bunyi berbeda pula (Tabel 3.1). kecepatan bunyi juga berkaitan dengan temperature (lihat rumus):

$$C = C_0 \sqrt{1 + \theta / 273}$$

Makin tinggi temperature maka kecepatan bunyi akan meningkat pula. Pada medium isothermal kecepatan bunyi akan berubah bersama frekuensi. Hal ini dikenal sebagai disperse bunyi.

**Tabel 3.1 Kecepatan Bunyi pada Berbagai Medium**

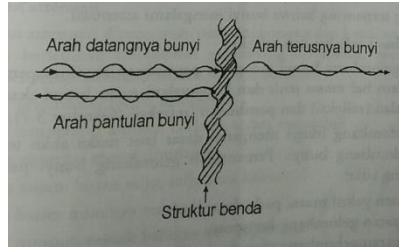
Materi	Kecepatan (m/detik)
Gypsum ketebalan 0,5-2 inchi	6800
Gelas	5200
Aluminium	5150
Baja	5050
Kayu cemara	3800
Beton	3400
Fiberglass	1800
Pb/Antimonial	1200

e. Mempunyai tekanan bunyi

Apabila gelombang bunyi melalui suatu medium, maka gelombang bunyi mengadakan suatu penekanan. Satuan tekanan bunyi adalah mikro bar ( $0,1 \text{ Newton/m}^2 = 1 \text{ dyne/cm}^2$ ) ( $1 \text{ mikro bar} = 10^{-6} \text{ atmosfer}$ ).

f. Kemampuan transmisi

Bunyi mampu melewati suatu struktur benda (Gambar 1.5). gelombang bunyi dari satu medium ke medium lainnya dikenal dengan nama transmisi.



Gambar 3.5. Arah datangnya bunyi, Arah pantulan bunyi, Arah terusnya bunyi mampu melewati struktur benda

g. Mempunyai intensitas

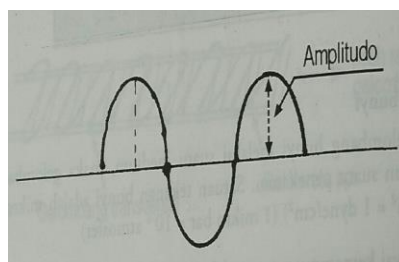
Intensitas merupakan mengalirnya energi bunyi per unit waktu melalui luas suatu medium (luas) dimana arah gelombang bunyi tegak lurus dengan medium. Satuan intensitas bunyi adalah Decibel (dB). Suatu bunyi dengan intensitas (I), maka dikatakan merupakan bilangan decibel diatas atau dibawah suatu standar referensi intensitas  $I_0$ , dapat ditulis dengan rumus:

$$10 \log_{10} I/I_0$$

Misalnya  $I = 2 I_0$  maka intensitas bunyi (I) = 3,01 dB

h. Mempunyai amplitudo bunyi

Amplitudo bunyi adalah pembesaran gelombang bunyi (Gambar 3.6)



Gambar 3.6. Pembesaran gelombang bunyi pada amplitudo bunyi

## 2. Sifat Ekstrinsik Bunyi

Merupakan sifat sekunder bunyi; sifat-sifat sekunder muncul oleh karena ada hal-hal tertentu.

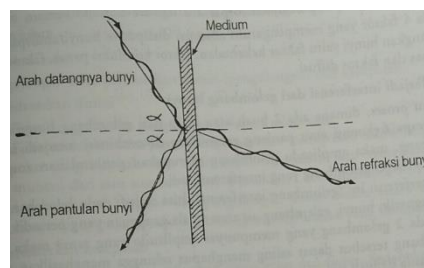
a. Dipengaruhi oleh medium

Apabila bunyi melalui suatu medium atau dari suatu medium (udara) ke medium lain akan mengalami suatu proses dimana energy bunyi berkurang oleh karena terjadinya konversi energi dari gelombang bunyi menjadi panas. Peristiwa penyerapan bunyi merupakan, suatu hal yang istimewa tetapi yang terpenting bahwa bunyi mengalami attenuasi.

b. Mengalami refleksi dan refraksi

Apabila gelombang bunyi mengenai permukaan medium pemisah (perbedaan dalam hal massa jenis dan kekenyalan) maka bunyi akan mengalami pemantulan (refleksi) dan pembiasan (refraksi) (Gambar 1.7). Kalau gelombang bunyi mengenai dasar laut maka akan terjadi pemantulan gelombang bunyi. Pemantulan gelombang bunyi pada dasar laut tergantung sifat:

- Sedimen yakni massa pada dasar laut
- Kecepatan gelombang kompresi
- Kecepatan gelombang shear
- Hilangnya absorpsi



Gambar 3.7. Ketika gelombang bunyi mengalami Refleksi dan Refraksi

c. Mengalami attenuasi

Apabila suatu gelombang bunyi melewati medium fisik maka intensitas bunyi akan menurun sebanding dengan jarak yang ditempuh dihitung

mulai terjadinya sumber bunyi tersebut. Peristiwa ini yang dikenal sebagai attenuasi. Refraksi, refleksi maupun sketer (hamburan) semuanya akan menambah attenuasi bunyi selama dalam proses perambatan (propagasi). Bunyi mengalami attenuasi, sedangkan medium menerima energi akustik sehingga menjadi panas, ini merupakan bentuk attenuasi yang dikenal sebagai penyerapan bunyi (medium penyerap energy bunyi).

- Kelebihan attenuasi

Dipengaruhi oleh lingkungan dan keadaan, disamping itu attenuasi berlebihan disebabkan gelombang divergensi. Secara sistematis/ringkas penyebab attenuasi adalah sebagai berikut:

- Akibat gelombang bunyi divergensi
- Akibat temperature ambient berbeda secara mencolok
- Adanya absorpsi energi di udara
- Adanya hujan, hujan salju, salju atau kabut
- Adanya barrier misalnya tembok
- Adanya rumput, semak belukar dan pepohonan
- Adanya angin dan temperature grandient (naik turunnya temperature), turbulensi atmosfer dan sifat-sifat tanah

d. Diabsorpsi oleh medium

Ada 4 faktor yang mempengaruhi absorpsi dissipative bunyi/absorpsi menghilangkan bunyi yaitu faktor kekentalan, faktor konduksi panas, faktor radiasi panas dan faktor difusi.

- Terjadi interferensi dari gelombang bunyi

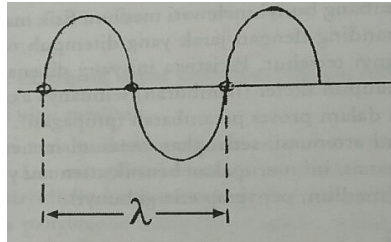
Suatu proses, dimana ada 2 buah atau lebih dari gelombang bunyi dengan beberapa frekuensi atau panjang gelombang dikombinasi menjadi satu gelombang, maka amplitude gelombang merupakan penjumlahan amplitude dari berbagai gelombang yang interferensi tadi.

Interferensi ini (gelombang interferensi) bisa terjadi pada gelombang elektromagnetik, bunyi, gelembung air atau segala gangguan yang periodik. Jika ada 2 gelombang yang mempunyai amplitude yang

sama maka kedua gelombang tersebut dapat saling menghapus sehingga menghasilkan amplitudo sama dengan nol.

- Satu gelombang bunyi

Satu gelombang bunyi ialah 3 buah simpul membentuk 1 gelombang bunyi (satu lamda) (Gambar 3.8).



Gambar 3.8. 3 buah simpul membentuk 1 gelombang bunyi

- e. Mengalami difraksi dan sketer

Seperti masalah cahaya, gelombang bunyi melengkung mengelilingi rintangan dikenal dengan nama difraksi. Oleh sebab itu bunyi dapat didengar disekitar sudut ruang. Peristiwa difraksi pada bunyi lebih nyata dari cahaya oleh karena panjang gelombang bunyi audio lebih besar/panjang daripada cahaya tampak. Nama umum bagi peristiwa difraksi bunyi adalah skater (hamburan bunyi).

- f. Echo/gema

Echo merupakan gelombang bunyi yang dipantulkan disebut pula gema yaitu pengembalian bunyi dengan pembesaran yang cukup dan penundaan waktu dengan memperlihatkan sebagai suatu gelombang bunyi yang langsung ditransmisikan.

- Klasifikasi echo

1. Berdasarkan durasi

- Echo tunggal: echo yang didengar hanya sekali saja.
- Echo multiple: echo jamak/kelipatan echo merupakan suatu rangkaian echo yang terpisah dan tidak dapat dibedakan satu sama lain serta muncul dari satu sumber bunyi. Munculnya echo multiple oleh karena sumber bunyi bergetar dan pengulangan dalam waktu relatif singkat,



tetapi dapat pula terjadi akibat struktur lingkungan yang kompleks.

## 2. Berdasarkan kecepatan

Echo dibagi dalam 2 golongan yaitu echo dan flutter. Sedangkan flutter echo adalah pemantulan gelombang bunyi terjadi secara berturut-turut dengan cepatnya (beriring-iringan).

- Pengurangan echo

Echo maupun flutter echo secara umum sangat mengganggu kualitas ruang akustik, misalnya ruang rekaman kaset, ruang penyiar radio/ruang studio radio, ruang penyiar televisi/ruang studio televisi. Agar dapat mengurangi atau meniadakan echo flutter echo maka yang perlu mendapat perhatian:

- Ukuran ruangan diseleksi yang tepat, misalnya  $4 \times 4 \times 4 \text{ m}^3$  atau  $4 \times 6 \times 4 \text{ m}^3$ .
- Bentuk ruangan.
- Distribusi material penyerap bunyi, misalnya dinding beton dilapisi papan/tripleks, dinding beton dilapisi spon, dinding beton dilapisi gypsum.

- Penggunaan sifat echo

Echo sangat mengganggu dalam disain ruangan, namun sifat echo ini dapat dipakai sebagai pengukuran, misalnya:

- Sebagai alat ukur jarak

Echo sounder disebut pula fathometer adalah suatu instrument kelautan yang dipakai untuk mengukur kedalaman laut melalui suatu echo akustik.

- Sonar

Peralatan kelautan yang dipakai untuk mengetahui ada tidaknya suatu objek di dasar laut.

- Sebagai alat diagnostik klinik

Echokardiografi adalah suatu prosedur diagnostic klinik mengenai keadaan jantung penderita dengan memakai

suatu transduser piezoelektrik dan dicatat pada alat oscilloscope.

### ➤ **Deteksi Bunyi**

Melakukan tindakan melacak, mencari adanya bunyi disebut mendeteksi bunyi. Alat yang dipakai untuk mendeteksi bunyi adalah telinga. Namun kemampuan telinga sangatlah terbatas dalam hal frekuensi, intensitas maupun dari kejauhan (sumber bunyi yang jauh). Oleh sebab itu perlu alat bantuan berupa mikrofon, tape recorder, osciloskop yang dilengkapi dengan amplifier/penguat.

#### **1. Alat Bantu untuk Mendeteksi Bunyi**

##### a. Mikrofon

Ada beberapa mikrofon yaitu:

- Mikrofon kondensor

Konstruksi: terdiri dari kisi protektif, diafragma, elektroda, insulator dan konduktor.

##### ✓ Cara kerja

Tekanan bunyi mengenai diafragma dan merubah kapasitor antara diafragma dan elektroda. Perubahan kapasitor menjadi sinyal listrik.

- Pada kapasitor terjadi berbagai voltase
- Frekuensi bunyi dimodifikasi oleh kapasitor
- Kapasitor menjadi jembatan AC

##### ✓ Sifat khusus

- Sangat peka terhadap akustik
- Mempunyai frekuensi respon yang baik sekali
- Bising (noise) yang rendah
- Kepekaannya yang sangat rendah terhadap vibrasi mekanik

- Mikrofon elektret

Konstruksi: terdiri dari lapisan metal, lapisan udara, *foil elektret (prepolarized solid dielectric)*, *back plate*, *electrical insulator*, *electrical contact* dan *metal case*.

✓ Cara kerja

- Mikrofon electrets merupakan *self polarizing condenser microphone*
- Tekanan bunyi menghasilkan tenaga pada foil diafragma, selanjutnya akan bergerak membuat *perforasi back plate* sehingga menghasilkan voltase.

✓ Sifat khusus

- Mikrofon ini kepekaan berkaitan dengan temperature ruangan. Pada temperature ruangan sangat stabil.
- Perubahan dielektrik tetap konstan pada bahan elektret pada temperature ruangan yang mempunyai dimensi foil yang stabil.
- Kepekaan berkisar – 60 dB
- Dapat mengeliminasi bias DC voltage
- Konstruksi sederhana tetapi kasar
- Mempunyai kapasitas yang besar

• Mikrofon piezoelectric

Konstruksi: terdiri dari diafragma, material piezoelectric (bisa Kristal quartz, lithium sulfat, tourmaline atau barium titanat dan Lead Zinkronat titanat), konduktor listrik dan insulator.

✓ Cara kerja

Mula-mula diafragma mendapat gaya dari bunyi. Gaya ini menyebabkan ketegangan pada kristal sehingga dari Kristal ini timbul perubahan listrik.

✓ Sifat khusus

- Mempunyai kapasitas yang tinggi
- Mempunyai range dinamika yang luas/lebar
- Polarisasi voltase yang jelek
- Kepekaan terhadap bunyi yang rendah
- Kepekaan terhadap vibrasi sangat tinggi

- Mikrofon dinamik

Konstruksi: terdiri dari diafragma, koil, udara gap, magnet permanen dan *mesh screen*.

- ✓ Cara kerja

Bunyi dengan cepat menyentuh diafragma melalui suatu penekan sehingga menggerakkan koil. Melalui medan magnet yang dihasilkan koil timbul arus listrik.

- ✓ Sifat khusus

- Mempunyai impedansi listrik yang rendah
- Mempunyai *internal electric noise* yang rendah
- Mempunyai ketentangan terhadap medan magnet sekitarnya (luar)
- Kepekaan terhadap vibrasi yang tinggi oleh karena adanya diafragma dan oil
- Respon terhadap frekuensi rendah sangat jelek

b. Tape recorder

Dipakai untuk merekam bunyi, biasanya pada tape sudah dilengkapi dengan mikrofon.

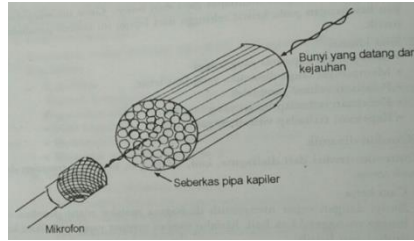
c. Osiloskop

Alat ini dipakai untuk melihat gambaran bunyi, gambaran lissajous. Alat osiloskop harus dilengkapi alat penguat bunyi (amplifier) dan mikrofon untuk menangkap bunyi. Dalam usaha mendeteksi bunyi perlu diperhatikan tentang kualitas bunyi, intensitas bunyi dan jarak sumber bunyi.

## 2. Usaha Peningkatan Pendeteksian Bunyi

Dalam keadaan tertentu beberapa bunyi sukar dideteksi sehingga perlu alat bantu yaitu seberkas pipa kapiler.

Caranya: didepan mikrofon diletakkan seberkas kapiler dengan suatu asumsi bahwa arah bunyi datang melewati pipa kapiler tersebut (Gambar 3.9).



Gambar 3.9. Usaha Peningkatan Pendeteksian Bunyi dengan pipa kapiler

➤ **Hal-hal yang Mempengaruhi Sifat Bunyi**

Ada beberapa sifat bunyi misalnya kecepatan (speed = besaran scalar, velocity = besaran vector), intensitas dipengaruhi oleh keadaan tertentu yaitu temperature, tekanan, kedalaman air, kegaraman air (salinitas ppm ‰), angin, medium (udara, porous/berpori, non porous, padat dan semi padat).

**1. Temperatur**

Temperature mempengaruhi kecepatan bunyi dapat dinyatakan dengan rumus:

$$C = 20,05\sqrt{T}$$

Keterangan: C = kecepatan dalam m/detik

T = temperature absolute

**2. Tekanan Udara**

Tekanan udara mempengaruhi kecepatan bunyi

$$C = \frac{\sqrt{1,4 \text{ tekanan gas}}}{\text{masa jenis gas}}$$

**3. Kedalaman Air, Kegaraman Air dan Tekanan Air**

Kedalaman air, kegaraman air dan tekanan air mempengaruhi kecepatan bunyi dan penyerapan (absorpsi).

Mengenai kecepatan:

$$C = 1449.2 + 4.6 T - 0.055 T^2 + 0.00029 T^3 + (1.34 - 0.0101)(S-35) + 0.016 Z$$

Keterangan: C = kecepatan (m/detik)

T = temperature (°C)

S = kegaraman (ppm:‰)

Z = kedalaman (m)

Hasil percobaan kecepatan bunyi pada  $8^{\circ}\text{C} = 1435 \text{ m/detik}$ . Alat yang dipakai untuk mengukur kecepatan bunyi didalam air adalah Velocimeter (Speedometer adalah konotasi untuk kecepatan kendaraan). Kecepatan bunyi pada air laut  $1448 \text{ m/detik}$ , 3% lebih tinggi daripada kecepatan bunyi pada air tawar.

$$C = 1449.2 - 4.6 T - 0.055T^2 + 0.00029T^3 + (1.34 - 0.0101T)(S - 35) + 1.58 \times 10^{-6} P_a$$

Keterangan:  $P_a$  = tekanan dibawah permukaan laut ( $\text{N/m}^2$ )

#### 4. Angin dan Temperatur Gradient

Temperature vertikal yang cukup besar dan gradient angin yang selalu berada pada level tanah menyebabkan pertukaran panas antara tanah dan atmosfer sehingga menyebabkan gesekan udara dengan tanah. Hal ini menimbulkan kecepatan bunyi bervariasi sesuai dengan ketinggian dan gelombang bunyi direfraksi cenderung ke atas ke bawah. Pada zona kabut tidak ada bunyi yang dapat penetrasi jauh kedalam, bunyi hanya mengalami difraksi yang berkaitan dengan gelombang panjang dan energi bunyi mengalami sketer masuk ke zona kabut dengan cara turbulensi.

#### 5. Medium

Medium adalah zat pengantar yang diperlukan dalam proses perambatan bunyi. Zat pengantar yang mutlak diperlukan adalah udara sedangkan lainnya tidak mutlak. Ada berbagai macam medium, yaitu:

##### a. Udara

Udara merupakan medium yang terpenting dan mutlak diperlukan oleh bunyi. Dari hasil percobaan lonceng ditempatkan di ruangan hampa hawa/udara, bunyi dentangan lonceng tidak dapat didengar diluar ruangan tersebut. Disamping itu pada udara terjadi gelombang longitudinal/gelombang kompresi.

##### b. Materi berpori

Porositas dari suatu materi berpori ( $Y$ ) merupakan perbandingan antara volume yang berlubang dari suatu materi ( $V_a$ ) dengan total volume dari benda itu juga ( $V_m$ ).

$$\text{Rumus empiris: } Y = \frac{V_a}{V_m}$$

Benda berpori ini dapat dibagi dalam 2 grup berdasarkan ketebalan yaitu sheet mater (lembaran materi) dan bulk materi.

Sheet materi adalah suatu materi dimana ketebalan dibandingkan dengan panjang gelombang bunyi yang lebih pendek. Sheet (lembaran) dari materi bisa berupa ruangan (cavity) yang terisi dengan bulk materi atau udara.

Bulk materi adalah materi yang terdiri dari fiber atau foam yang biasa dikenal dengan materi fibrous. Grup materi fibrous terdiri dari fiber, *blanket*/selimut (terikat dengan semen secara halus dan fiber bersama-sama membentuk materi yang lembut mudah meletup), *board*/papam (terikat dengan semen secara rigid/kaku dan padat bersama-sama dengan fiber membentuk materi yang sangat kaku).

- Materi padat/semi padat

Kalau ditinjau dari pori-pori/kepadatan molekul maka diperoleh materi padat berupa logam seperti aluminium, Pb dan baja; materi semi padat seperti batu bata (*brick*), beton (*concret*), plaster, pasir (*sand*) dan plywool.

- Sedimen yang terdapat didasar laut

Material berpori terdiri dari pasir halus, pasir kasar, lumpur dan tanah liat yang terdapat didasar laut mempengaruhi perambatan bunyi terutama dalam hal attenuasi bunyi, menambah kehilangan transmisi bunyi melalui barrier akustik, mereduksi gelombang standing/berdiri. Suatu bunyi dengan frekuensi tinggi melewati material berpori akan terjadi attenuasi lebih kecil daripada frekuensi rendah. Pada dasar laut terdapat sedimen. Kecepatan bunyi makin meningkat berkaitan dengan kedalaman laut. Apabila porositas dasar laut makin kecil mengakibatkan kecepatan bunyi makin tinggi. Peningkatan kecepatan bunyi didalam air oleh karena temperature meningkat.

Dengan demikian kecepatan bunyi didasar laut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C^2 = \left( E + \frac{4G}{3} \right) : \rho$$

Keterangan: C = kecepatan bunyi dari gelombang kompresi

E = modulasi bulk

G = rigiditas

$\rho$  = kepadatan/massa jenis air laut

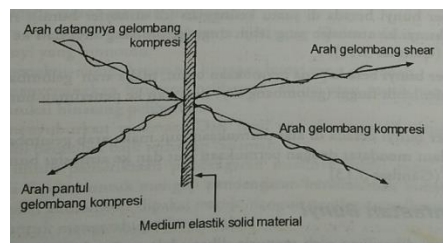
$$C_s = G/\rho$$

Keterangan: Cs = kecepatan bunyi dari gelombang shear

G = rigiditas

$\rho$  = kepadatan/massa jenis air laut

Perlu diketahui pula bahwa gelombang kompresional yang mengenai suatu material padat elastic maka sebagian gelombang akan dipantulkan (direfleksi), sebagian diteruskan sebagai gelombang kompresi dan sebagian dikonversi dan diteruskan menjadi gelombang shear (Gambar 3.10).



Gambar 3.10. ketika gelombang kompresional pada material maka sebagian akan memantul dan sebagian akan menjadi gelombang shear

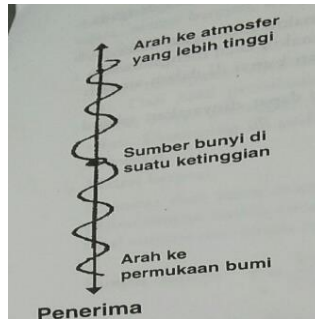
### ➤ Arah Perambatan Bunyi

Gelombang bunyi yang merambat dari sumber bunyi ke stasiun (tempat penerimaan) bunyi sering mendapat gangguan berupa turbulensi, temperature, gradient angin, viscous, absorpsi molekul, refleksi, noise dari berbagai sumber bunyi.

Ada beberapa arah rambatan bunyi tergantung sumber bunyi berada dimana:

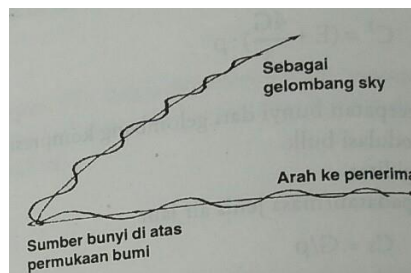


1. Sumber bunyi berada di suatu ketinggian (di atmosfer bumi). Arah gelombang bunyi ke atmosfer yang lebih tinggi (gelombang sky) dan ke permukaan bumi (Gambar 3.11).



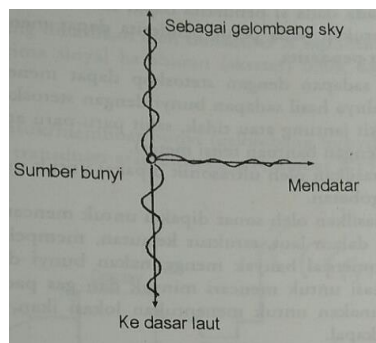
Gambar 3.11. Sumber bunyi berada di suatu ketinggian (di atmosfer bumi).

2. Sumber bunyi berada pada permukaan bumi, maka arah gelombang bunyi ke atmosfer lebih tinggi (gelombang sky) dan arah ke penerimaan bunyi (Gambar 3.12)



Gambar 3.12. Sumber bunyi berada pada permukaan bumi

3. Sumber bunyi berada diatas permukaan laut maka arah gelombang bunyi ke dasar laut mendatar dengan permukaan laut dan ke atmosfer bumi yang lebih tinggi (Gambar 3.13)



Gambar 3.13. Sumber bunyi berada diatas permukaan laut

➤ **Pemanfaatan Bunyi**

Bunyi yang dihasilkan oleh manusia dibagi dalam 2 golongan yaitu yang baik (berkualitas) dan yang buruk (tidak berkualitas).

**1. Bunyi yang Baik (Berkualitas)**

- a. Digunakan oleh prosedur film (layar perak), sinetron dan drama, misanya bunyi tiruan suara burung, bunyi tiruan bunyi gemuruh. Bunyi berirama seperti music dipakai pada pembuatab film, sinetron dan drama dan digunakan sebagai pengiring di tempat-tempat hiburan,
- b. Diapakai sebagai isyarat/kodde misalnya bunyi sirene, bunyi klakson mobil, bunyi gong atau bunyi lonceng.
- c. Dipakai sebagai sarana keagamaan misalnya bunyi beduk, bunyi organ, bnyi gamelan, bnyi genta gereha, bunyi genta kecil (sarana pendeta/pedanda).
- d. Dipakai pada sarana mainan anak-anak
- e. Untuk memanggil binatang
- f. Untuk menakut-nakuti binatang
- g. Untuk menyenangkan binatang peliharaan
- h. Untuk menyuburkan tanaman
- i. Dipakai untuk pemeriksaan pendegaran
- j. Dipakai untuk mengetahui sifat penyakit
  - Bunyi yang dihasilkan oleh ketukan jari tangan diatas tubuh penderita (bunyi hasil perkusi) dapat menentukan sifat penyakit misalnya hasil ketukan jari pada dada si penderita dapat menentukan batas-batas jantung.
  - Bunyi hasil sadapan dengan stetoskop dapat menentukan penyakit seorang misalnya dapat mengetahui tensi tinggi atau tidak (dengan bantuan tensi meter).
- k. Bunyi yang dihasilkan oleh ultrasonic dipakai untik mendiagnosis penyakit dan untuk pengobatan

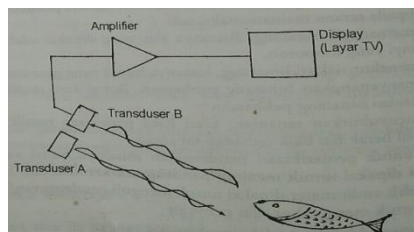
1. Bunyi yang dihasilkan oleh sonar dipakai untuk mencatat lokasi suatu objek berada didalam laut, struktur kelautan, mempelajari kehidupan biologis. Teknik sonar juga digunakan untuk menentukan lokasi ikan, navigasi untuk mengetahui posisi kapal.

### Sonar

Merupakan singkatan dari kata “Sound Navigation and Ranging”. Ada dua macam sonar yaitu :

- Sonar aktif

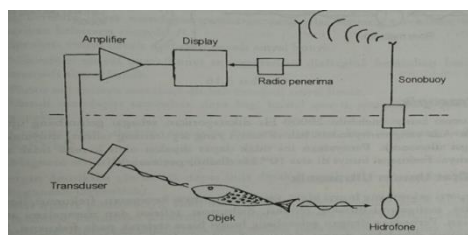
Sinyal bunyi yang dihasilkan oleh transduser A ditransmisi ke objek; transduser B menerima sinyal hamburan (sketter) balik dari objek (Gambar 3.14).



Gambar 3.14. Sonar aktif

- Sonar pasif

Objek membentuk/membuat bunyi (gelombang bunyi); sinyal dari objek ditangkap oleh transduser atau hidrofone (Gambar 3.15).



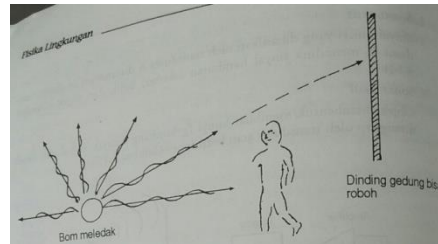
Gambar 3.15. Sonar Pasif

## 2. Bunyi yang Buruk

Bunyi yang buruk ialah bunyi yang tidak berkualitas; bunyi yang tidak bermanfaat dalam kehidupan misalnya bunyi yang dihasilkan bom, bunyi mercon/petasan, bunyi kendaraan bermotor. Bunyi-bunyian tersebut sangat mengganggu dalam kesehatan perorangan, keluarga maupun masyarakat.

### 3. Mekanisme Gangguan Kesehatan oleh Bunyi

Bunyi hasil ledakan bom menggetarkan udara, udara yang bergetar, merambat dan menggetarkan bangunan/tubuh manusia sehingga cairan “liquor cerebrosppinalis” bergetar menyebabkan gejala mual-mual, pusing, muntah, terkencing-kencing bahkan bisa lumpuh (Gambar 3.16)



Gambar 3.16. Mekanisme Gangguan Kesehatan oleh Bunyi

#### ➤ Ultrasonik

Frekuensi bunyi melebihi 20000 Hz dikategorikan sebagai gelombang ultrasonic. Ada yang menyatakan bahwa bunyi yang sepi/tenang dinyatakan sebagai ultrasonic. Pernyataan ini tidak dapat dipakai oleh karena tidak ada dasarnya. Frekuensi bunyi diatas  $10^{10}$  Hz disebut pretesonik.

#### 1. Sifat Umum Ultrasonik

- Seperti gelombang bunyi biasa, yaitu mempunyai kecepatan, frekuensi, intensitas, mengalami difraksi, refraksi, diabsorpsi, refleksi dan mengalami attenuasi. Ultrasonik dibedakan dengan supersonik yaitu terletak pada kecepatan; supersonik yaitu keadaan/hal yang melebihi kecepatan bunyi.
- Gelombang bunyi dihasilkan oleh kristal quartz piezoelectric atau magneto strictive.

#### 2. Cara Membangkitkan Ultrasonik

- Tergantung cara pemotongan kristal quartz piezoelectric
  - Pemotongan X kristal quartz piezoelectric menghasilkan gelombang longitudinal pada gas, cair dan padat.

2. Pemotongan Y dan AC kristal quartz menghasilkan gelombang shear atau transversal pada zat padat.

- Tegangan yang diberikan pada kristal tersebut

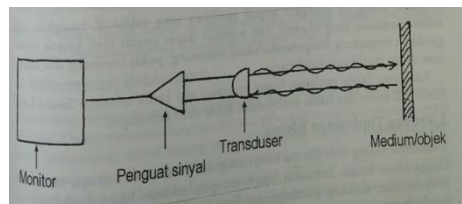
Kristal quartz setelah dipotong kemudian diberi tegangan sehingga menghasilkan gelombang ultrasonic dengan berbagai macam gelombang yang diinginkan.

- Cara kerja kristal quartz piezoelectric

Bekerja sebagai transduser yaitu peralatan atau elemen yang dapat mengkonversi sinyal input menjadi sinyal output dalam bentuk yang berbeda. Agar mendapat gambaran yang jelas tentang transduser maka diberikan beberapa contoh:

- Speaker: sinyal listrik diubah menjadi sinyal bunyi.
- Mikrofon: sinyal bunyi menggetarkan diafragma kemudian berubah menjadi sinyal listrik.
- Magneto striktif misalnya nikel, ferrite.

Kristal quartz piezoelectric akan menghasilkan gelombang ultrasonic mengirim kemediun, kemudian dipantulkan kembali diterima sinyal tersebut, kemudian diperbesar/diperkuat selanjutnya akan terlihat pada monitor (Gambar 3.17).



Gambar 3.17. Cara kerja kristal quartz piezoelectric

### 3. Penggunaan Gelombang Ultrasonik

Penggunaan pada bidang oceanography (kelautan) yaitu mennetukan letak objek, mendapatkan gambaran pada struktur kelautan, mempelajari kehidupan biologi pada kelautan dan untuk mengeksploitasi minyak dan gas pada dasar laut.

Penggunaan pada bidang kedokteran adalah untuk diagnostic/menentukan penyakit; gelombang ultrasonik yang digunakan berfrekuensi 1 MHz dan daya  $0,01 \text{ W/cm}^2$ .

Penggunaan pada bidang teknik terutama bidang penelitian yaitu untuk mengukur liquidida viskositas shear dan kekakuan shear, menentukan kecepatan perambatan gelombang bunyi, mennetukan ketebalan, menentukan filter mekanis, pembuatan peralatan untuk penentuan kedalaman laut didalam air yang semuanya itu menggunakan ultrasonik dengan amplitudo rendah.

### ➤ **Bising**

Bising adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki atau disenangi. Dalam penilaian bising ini mungkin terjadi penilaian yang subjektif dan juga objektif.

#### **1. Proses Timbulnya Bising**

Timbulnya bising oleh karena bunyi irregular, bunyi dari berbagai sumber sehingga kesan kacau, intensitas bunyi maupun tekanan bunyi yang besar melampaui nilai ambang pendengaran. Frekuensi bunyi untuk ambang bawah pendengaran adalah 1000 Hz, ambang atas pendengaran 3000 Hz. Intensitas bunyi berkisar antara 60 dB yang masih enak didengar.

#### **2. Lokasi Bising**

99% lokasi bising berada di kota, sedangkan satu 1% berada di pedesaan.

Lokasi kebisingan di perkotaan yaitu di tempat keramaian, lalu lintas yang hiruk pikuk, pabrik-pabrik dan pembangkit listrik tenaga diesel. Di pedesaan kebisingan terjadi pada mesin penyosohan beras yang sedang beroperasi, diesel pembangkit listrik yang beroperasi dan mesin pembasmi hama pertanian.

#### **3. Tingkat Kebisingan**

Tingkat kebisingan atau derajat kebisingan sangat berkaitan dengan bising, tingkat ekonomi dan tingkat sosial budaya.

#### **4. Sumber Bising**

Dibagi dalam 2 kategori yaitu sumber beregerak seperti kendaraan bermotor yang sedang bergerak, kereta api yang sedang melaju. Sumber bising yang tidak bergerak adalah perkantoran (bunyi mesin tik), diskotik, pabrik, dan lain sebagainya.

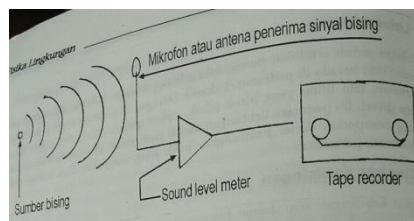
## 5. Areal Bising

Areal bising adalah daerah bising. Daerah bising diklasifikasikan atas 3 kategori:

- a. Areal lokal tertutup: bising pada perkantoran dan diskotik.
- b. Areal semi bebas. Bising di dalam ruang tertutup dan oleh karena sifat bunyi dapat mengalami transmisi melalui dinding sehingga di sekitar luar gedung terimbas bising, misalnya pembangkit listrik tenaga diesel, pabrik pengalengan.
- c. Areal bebas. Bising terjadi di daerah terbuka sehingga banyak orang (masyarakat) merasakan bising. Contoh di lapangan terbang

## 6. Determinasi Kebisingan

Determinasi kebisingan adalah menentukan derajat kebisingan atau tingkat kebisingan. Dalam melaksanakan proses determinasi kebisingan tidak boleh berlandaskan factor senang atau tidak senang terhadap bunyi melainkan mempergunakan alat dalam menentukan tingkat kebisingan tersebut. (Lihat Gambar 3.18)



Gambar 3.18. Determinasi Kebisingan

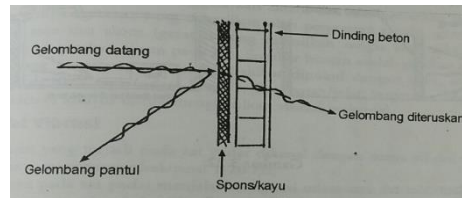
## 7. Dampak Kebisingan

Dampak kebisingan terhadap masyarakat: menimbulkan kejengkelan, rasa tidak senang, sangat mengganggu aktifitas, dan mengganggu proses komunikasi.

## 8. Mengatasi Kebisingan

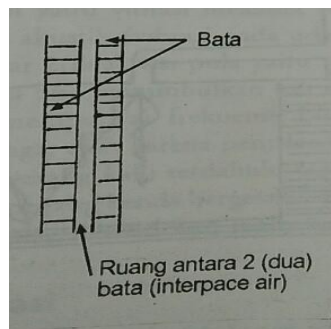
Untuk mengatasi kebisingan pada areal lokal tertutup dapat dilakukan:

- a. Dinding ruangan dilapisi material berpori (spons), semi berpori (kayu lapis). Gelombang bunyi yang mencapai dinding beton akan melemah oleh karena mengalami attenuasi. Misalnya ruang studio siaran berita (Gambar 3.19).



Gambar 3.19. Gelombang bunyi yang mencapai dinding beton akan melemah karena mengalami attenuasi

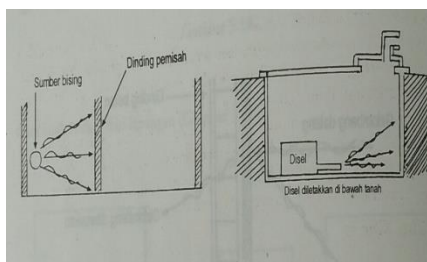
- b. Ruangan diperluas, misalnya ruangan ukuran 4x4x3,5 m menjadi 6x6x4 m.
- c. Membangun dinding ruangan dengan memakai bahan batu atau kayu, bukan batako/beton.
- d. Dinding ruangan terdiri dari 2 lapisan bata dengan disediakan udara *interspace* (Gambar 3.20)



Gambar 3.20. Dinding ruangan terdiri dari 2 lapisan bata dengan disediakan udara interspace

- e. Pada ruangan yang besar harus pasang dinding pemisah (septum) antara sumber bising dengan ruang lainnya. (Gambar 3.21)

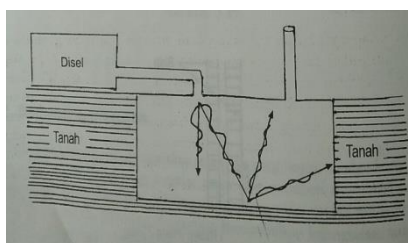




Gambar 3.21. Ruang yang besar dipasang dinding pemisah (septum)

f. Pada Areal Semi Tertutup

Diesel pembangkit tenaga listrik cukup keras menghasilkan bunyi. Untuk mengatasi bisingan yang terjadi maka knalpot dialirkan ke suatu ruangan sehingga terjadi pendempingan bising (Gambar 3.22).



Gambar 3.22. Diesel pembangkit tenaga listrik yang cukup keras menghasilkan bunyi

➤ **Vibrasi**

Vibrasi atau getaran dibangkitkan oleh gerakan suatu pendulum atau objek lain oleh sebab-sebab tertentu.

**1. Sumber Vibrasi**

Vibrasi mempunyai 2 sumber, yaitu sumber alam adalah pohon tumbang (pohon menggetarkan udara dan menggetarkan permukaan tanah), gempa (getaran yang dihasilkan oleh pergeseran tanah), gerakan atom molekul atau inti atom. Sumber buatan adalah gerakan pendulum (udara yang bergetar), getaran baja akibat dipukul dengan palu, vibrator (alat yang didesain khusus untuk menghasilkan vibrasi mekanik).

**2. Sifat Vibrasi**

- a. Getaran yang terjadi pada zat padat dikenal dengan nama vibrasi zat padat, biasanya mempunyai frekuensi 1-20 Hz.

- b. Getaran pada zat padat menjalar mengenai udara atau zat air, maka dikenal dengan nama vibrasi akustika. Energi vibrasi serupa dengan energy gelombang bunyi.

### **3. Efek Vibrasi**

Vibrasi mempunyai 2 visi yaitu vibrasi mekanik (vibrasi yang dihasilkan pada benda padat) dan vibrasi akustik (vibrasi pada udara) sehingga efek yang ditimbulkan vibrasi mempunyai 2 visi pula yaitu vibrasi akustika: vibrasi ini menjalar ke telinga sehingga bisa menimbulkan tuli permanen. Vibrasi mekanik mempunyai frekuensi 1-20 Hz sehingga tidak mengganggu apa-apa pada telinga, oleh karena penjarannya melalui zat padat maka vibrasi mekanik ini menyerang kaki terdahulu (apabila sedang berjalan).

### **4. Usaha Mengatasi Vibrasi**

Vibrasi bisa berefek baik dan bisa pula buruk. Apabila vibrasi mendatangkan efek buruk sewajarnya diusahakan untuk meredam (membendung). Usaha meredam vibrasi disebut mendemping vibrasi. Ada 2 (dua) cara untuk mengatasi vibrasi yaitu mendemping vibrasi dan mengisolasi vibrasi.

### **5. Mendemping Vibrasi**

Suatu struktur mengalami vibrasi berarti struktur tersebut mengandung energi kinetik dan energi potensial (strain). Energi kinetik ini berkaitan dengan massa, sedangkan energi potensial berkaitan dengan kekakuan/kekentalan. Struktur sering kehilangan energi apabila terjadi perubahan bentuk. Kehilangan energi atau lebih tepat disebut konversi energi (perubahan) teknik energi mekanik menjadi energi panas.

### **6. Isolasi Vibrasi**

Maksud dari isolasi vibrasi adalah mengurangi gaya transmisi vibrasi dari satu struktur ke struktur lain. Kata isolasi disini mempunyai arti memakai bahan fleksibel diantara dua struktur. Penggunaan isolasi vibrasi ada 3 tipe:

- a. Mencegah gaya transmisi vibrasi dari mesin ke pondasi/dasar.

- b. Mengurangi gerakan transmisi ke pondasi/ ke dasar mesin berikutnya.
- c. Mengurangi gaya transmisi vibrasi dari satu struktur/mesin ke struktur/mesin berikutnya.

## **7. Teknik Penggunaan Isolasi Vibrasi**

Bahan isolasi vibrasi ditempatkan pada:

- Dasar objek yang menghasilkan vibrasi.
- Puncak objek yang menghasilkan vibrasi.
- Pusat gravitasi objek.
- Keeempat sudut benda menghasilkan vibrasi.

## **8. Pemanfaatan Vibrasi**

Vibrasi bisa mempunyai efek negatif dan bisa pula efek positif, namun vibrasi yang mempunyai efek positif bagi tubuh yaitu mempergunakan vibrasi dapat menghilangkan pegal-pegal. Hal tersebut dapat terjadi oleh karena dengan vibrasi, syaraf dapat dirangsang atau didemping. Vibrasi yang dipakai dari alat vibrator.

### **3.2 SUARA**

Suara adalah udara yang keluar dari paru – paru lewat tenggorokan menggetarkan pita suara, selanjutnya sebagian udara lewat hidung dan sebagian udara lewat mulut. Perlu diketahui bahwa jeni-jenis suara yang dimiliki oleh manusia baik laki-laki maupun wanita, atau suara anak-anak maupun suara orang –orang dewasa ada perbedaannya, jenis-jenis suara yang dimiliki oleh manusia itu antara lain <sup>24</sup>

#### **Macam-Macam Suara**

Ada dua macam suara yaitu suara manusia dan suara binatang. Suara manusia disebut vokal.

#### **Warna Suara**

Disebut pula corak suara yaitu sifat khusus suara seseorang. Warna suara dapat digolongkan berdasarkan umur dan jenis kelamin. Berdasarkan umur maka

---

<sup>24</sup> Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta. Hal : 193

warna suara dibagi dalam tiga golongan yaitu suara kanak-kanak (sampai 11 tahun), suara peralihan (sekitar 12-13 tahun) dan suara dewasa (14 tahun ke atas).

Pembagian warna suara berdasarkan jenis kelamin berlaku bagi orang dewasa bukan bagi anak-anak. Pembagian untuk orang dewasa wanita adalah suara sopran (suara tinggi), suara mесо sopran (suara sedang) dan suara alto (suara rendah) dan orang dewasa laki-laki suara tenor (suara tinggi), suara bariton (suara sedang) dan suara bass (suara rendah).

### ***Nada Suara***

Tinggi rendahnya frekuensi suara disebut nada suara. Nada suara ini sangat berkaitan dengan warna suara. Tiap individu mempunyai nada suara sendiri-sendiri. Misalnya ada bernada C, nada D, nada E, nada F, nada G, nada A dan nada B. Nada C dengan frekuensi 256 Hz disebut nada C naik 1 oktaf.

### **Macam-Macam Gangguan Pembentukan Suara**

Suara berasal dari paru-paru, keluar lewat pita suara selanjutnya keluar lewat mulut dan hidung, sehingga apabila terjadi gangguan pembentukan suara maka perlu ditelusuri apakah ada gangguan pada paru-paru, pita suara, tenggorokan, gangguan pada hidung berupa polip, gangguan sekat pada hidung, gangguan langit-langit terbuka sebagian atau seluruhnya, gangguan lidah, gangguan bibir (sumbing, tebal), gangguan pada gigi dan gangguan pada kuping (tuli).

### ***Bentuk Gangguan Suara***

Suara yang keluar dari mulut seseorang bisa mengalami gangguan, gangguan yang dimaksud berupa tidak bersuara, berusra tetapi tidak jelas, suara pelat, suara sengau, suara parau atau gagap.

## **BAB IV**

### **TERMODINAMIKA**

Termodinamika terdiri dari dua suku kata, yaitu termal dan dinamika. Termal berarti berkenaan dengan panas, sedangkan dinamika adalah ilmu yang berkaitan dengan gerak / langkah. Oleh sebab itu, termodinamika merupakan ilmu yang mempelajari tentang tingkah laku panas, hakekat panas, penyebab panas, penggunaan panas dan lain sebagainya.

#### **4.1 TERMINOLOGI**

##### **Panas sebagai bentuk Energi**

Panas didefinisikan sebagai bentuk energi dalam keadaan transit. Adanya energi transit ini oleh karena perbedaan temperatur antara sumber energi datang dengan energi yang pergi. Perlu diketahui energi itu sendiri tidak dapat dikatakan panas apabila ia sendiri belum mulai mengalir atau pergi menghilang.

Untuk mengetahui berapa besar energi panas maka dipakai kalorimeter atau Bomb Calorimeter. Kalorimeter merupakan alat yang dipakai untuk mengukur kualitas panas dan kualitas menyangkut berbagai proses seperti reaksi kimia, perubahan status dan pembentukan larutan atau menentukan kapasitas panas dari suatu substansi.

##### **Panas Sebagai Derajat**

Disini terdapat unsur pembanding suatu objek dikatakan panas berarti temperatur objek tersebut dibandingkan dengan temperatur dari objek yang sama jenisnya. Agar dapat membandingkan temperatur objek yang dimaksud perlu mempergunakan alat ukur yaitu termometer. Ada berbagai jenis termometer dengan berbagai skala ukur.

Termometer yang dimaksud adalah termometer air raksa, termometer alkohol, termometer pentana, termometer termokoupelel, termometer optik, termometer gas yang bervolume tetap.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta. Hal : 197

## **4.2 HUBUNGAN TERMODINAMIKA DENGAN DISIPLIN ILMU LAINNYA**

Dijelaskan bahwa termodinamika membahas tentang sepakterjang panas. Sedangkan disiplin ilmu lainnya membahas tentang panas yang ditimbulkan oleh objek. Oleh karena itu hubungan termodinamika dengan disiplin ilmu lainnya sangat erat. Disiplin ilmu yang dimaksud adalah ilmu mekanika, ilmu akustika, ilmu cahaya, ilmu magnet, ilmu zat cair, ilmu listrik dan ilmu fisika nuklir.

## **4.3 TINGKAT PANAS**

Suatu objek atau lingkungan memiliki temperatur tetap misalnya 27°C. Temperatur objek tersebut meningkat melebihi dari biasa, pada saat ini objek tersebut dikatakan panas. Contoh tersebut terlihat bahwa kapan suatu objek dikatakan panas, belum ada batasan/limit tertentu.

Dalam bidang kedokteran, setelah melakukan penelitian dalam waktu lama diperoleh temperatur tubuh manusia seharian sebesar 36-37°C. Nilai seharian (36-37°C) dianggap dalam keadaan normal.

## **4.4 SUMBER PANAS**

Panas yang terdapat di permukaan berasal dari berbagai sumber panas, yaitu panas dari alam (sinar matahari, panas bumi/geothermal) dan panas dari buatan.

### **Panas dari Alam**

#### **a. Dari cahaya matahari**

Pada pusat matahari terjadi reaksi nuklir yaitu atom hidrogen dikonversi menjadi atom helium. Atom hidrogen diubah dan terbentuk suatu atom neutrion. Neutrion tidak dapat dideteksi.

Dari hasil reaksi nuklir tersebut terbentuk temperatur 27.000000 F. Pada permukaan matahari temperatur menurun menjadi 8500°F. Temperatur yang tinggi ini timbul pancaran cahaya yang dikenal dengan sinar matahari/cahaya matahari.

b. Panas Bumi

Panas bumi disebut geotermal, merupakan perbedaan temperatur antara masa batu permukaan bumi dengan air pada satu sisi dengan masa air dan udara pada sisi yang lain. Perbedaan temperatur ini memungkinkan energi termal dapat dipakai secara langsung atau diubah menjadi energi mekanik atau energi listrik.

**Panas Buatan Manusia**

a. Panas dari proses mekanik

Misalnya menggosok bambu diatas bambu yang lain akan timbul panas bahkan bambu tersebut akan terbakar.

b. Panas dari magnet

Misalnya ada suatu objek berada di tengah-tengah garis gaya magnet (medan magnet) dan membuat gerakan rotasi maka objek tersebut akan terasa panas.

c. Panas dari bunyi

Bunyi dengan frekuensi yang tinggi akan terabsorpsi oleh jaringan. Frekuensi bunyi yang masuk ke dalam jaringan akan berubah menjadi energi panas

d. Panas dari gelombang mikro

Gelombang mikro mempunyai frekuensi antara 900 MHz sampai dengan 2450 MHz. Frekuensi yang dipancarkan alat tersebut dengan jarak 3-5 meter apabila mengenai organ tubuh seseorang maka akan terasa panas.

e. Panas dari listrik

Aliran listrik melalui suhu elemen setrika maka elemen akan membara dan timbul panas

f. Panas dari radiasi nuklir

Suatu unsur berubah menjadi unsur lain akan timbul panas (energi)

g. Panas dari cahaya lampu

merupakan spektrum diskontinyu. Cahaya lampu mengandung spektrum merah yang mempunyai energi yang cukup besar untuk menimbulkan panas.

## 4.5 HUKUM TERMODINAMIKA

### Proses-proses dalam Termodinamika

Kehidupan kita sehari-hari tidak akan pernah lepas dari proses termodinamika, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Ada 4 proses dalam termodinamika, yaitu proses isobarik, isokhorik, isothermal, dan adiabatik. Proses-proses ini bergantung pada variabel-variabel makroskopis seperti volume, tekanan dan temperatur.

#### ➤ Hukum Ke-nol Termodinamika

ketika dua benda dengan temperatur berbeda dikontakkan, akan tercapai suatu keadaan akhir di mana temperatur kedua benda tersebut sama. Benda yang lebih panas akan mentransfer sebagian panasnya ke benda yang lebih dingin hingga temperatur keduanya sama. Jika dua benda mengalami kontak termal telah mencapai keadaan ini, dua benda tersebut berada dalam keadaan kesetimbangan termal.

#### ➤ Hukum Pertama Termodinamika

Menyatakan bahwa perubahan energi internal sistem sama dengan kerja yang dilakukan sistem ke lingkungan ditambah dengan aliran kalor yang masuk dari lingkungan ke sistem. Secara matematis dituliskan dengan :  $\Delta U_{AB} = U_B - U_A = -W_{A \rightarrow B} + Q_{A \rightarrow B}$

#### ➤ Hukum Ke-dua Termodinamika

Hukum kedua dicetus oleh Carnot. Hukum ini membahas masalah efisiensi suatu mesin yaitu suatu mesin bekerja efektif hanya 70% saja. Sedangkan 30% berupa panas terbuang. Ada 2 hal pokok dalam hukum II termodinamika. Pertama: tidak semua energi panas yang terdapat dalam suatu sistem dapat diubah menjadi kerja seluruhnya. Kedua: sistem termal dapat mengalami proses perubahan spontan hanya dalam keadaan tertentu. Perubahan spontan berupa aliran energi panas dapat terjadi pada benda yang memiliki suhu lebih tinggi ke benda yang memiliki suhu lebih rendah.



➤ **Hukum Ke-tiga Termodinamika**

Hukum ini membahas tentang kaitan antara gerakan molekul dengan penurunan temperatur benda tersebut. Suatu benda apabila suhu/temperatur diturunkan secara bertahap sampai temperatur absolut, maka gerakan molekul berangsur-angsur akan melemah sampai berhenti. Hukum ini dicetuskan oleh Nernst.

#### **4.6 EFEK YANG TIMBUL AKIBAT PENGARUH ENERGI PANAS**

##### **Terhadap zat padat**

Energi panas menyebabkan zat padat akan mengalami pemuaian dan penambahan panjang. Apabila energi panas makin meningkat maka pada titik temperatur tertentu zat padat tersebut akan mencair. Titik tersebut dikenal dengan nama “melting point”. Untuk substansi yang murni, proses mencair atau melebur terjadi pada temperatur tinggi dan dengan meningkatnya temperatur dengan penambahan energi panas, proses mencair akan terjadi komplit.

##### **Terhadap zat cair**

Zat cair yang dikenakan panas akan mengalami pemuaian volume, khusus untuk air daya larut oksigen akan berkurang. Apabila energi panas ditingkatkan pada titik tertentu maka zat cair akan berada pada posisi transisi yaitu zat cair mengalami perubahan zat cair menjadi gas.

Apabila energi panas ditambah seluruh zat cair akan mendidih dan berubah menjadi gas selama proses mendidih sampai menjadi gas temperatur tetap konstan. Pada substansi yang murni dengan tekanan tertentu proses mendidih atau evaporasi penguapan terjadi pada temperatur tunggal. Titik dididih dapat ditingkatkan dengan menambah tekanan.

##### **Terhadap gas**

Zat gas yang mendapat energi panas, maka akan mengalami pemuaian volume molekul-molekul gas akan saling bertabrakan. Disini perlu kita perhatikan terhadap rumus yang diberikan oleh boyle dan charles.

$$\frac{pV}{T} = \text{konstanta}(a)$$

$$\text{Hukum boyle: } = \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = (\text{H.Boyle-Gaylussac= H.charles})$$

### **Terhadap tumbuh-tumbuhan**

Energi panas yang mengenai tumbuh-tumbuhan, berasal dari cahaya matahari dari pembakaran sampah, dan udara panas. Energi panas dalam batas normal menyebabkan reaksi kimia yang terjadi pada daun-daunan.

### **Terhadap hewan atau makhluk hidup**

Hewan mendapat energi panas dari luar tubuh dan diperoleh dari dalam tubuh sendiri yang merupakan hasil metabolisme.

- Dari luar tubuh, dari udara panas, dalam batas-batas normal tidak mempengaruhi apa-apa. Tetapi apabila melewati batas normal akan terjadi pelebaran pembuluh darah, terjadi evaporsi berlebihan, kulit berkeringat terjadi perpirasi.
- Dari dalam tubuh diri sendiri. Energi panas disini merupakan hasil metabolisme karbohidrat, protein dan lemak. Ketiga zat ini dibakar menghasilkan kalori untuk keperluan sel tubuh.

## **4.7 KEBUTUHAN TUBUH AKAN KALORI**

Kalori atau energi panas yang diperlukan oleh tubuh tergantung berat badan (kg) seseorang, makin berat badan seseorang makin tinggi pula kalori yang diperlukan. **Menurut para pakar nutrisi, kebutuhan kalori seseorang dalam sehari hari adalah:**

$$\text{Berat badan ideal} = (\text{tinggi badan} - 110) + (\text{tinggi badan} - 10) 10\%$$

- **Kebutuhan akan karbohidrat**

Kebutuhan akan kalori karbohidrat dalam sehari sebesar:

$$\frac{\text{kebutuhan total kalori/hari}}{2}$$

Jumlah karbohidrat yang diperlukan dalam sehari

$$\frac{\text{kebutuhan kalori karbohidrat per hari}}{4} \quad (\text{dalam satuan gram})$$

Perlu diketahui yang dimaksud dengan karbohidrat disini adalah zat tepung misalnya beras, ubi, kentang dan lain lain.

- **Kebutuhan akan protein**

Kebutuhan akan kalori protein dalam sehari sebesar;

$$\frac{\text{kebutuhan per hari} : 4}{2}$$

Jumlah protein yang diperlukan dalam sehari:

$$\frac{(\text{total kebutuhan} \frac{\text{kalori}}{\text{hari}} : 4) : 4}{2} \quad (\text{dalam satuan gram})$$

Mengenai protein perlu dibedakan dalam 2 bentuk yaitu protein nabati dan protein hewani. Protein nabati adalah kacang-kacangan, sedangkan protein hewani adalah telur, daging, ikan, dan lain-lain.

- **Kebutuhan Akan Lemak**

Kebutuhan kalori akan lemak dalam sehari:

Kebutuhan total kalori/hari – (kebutuhan kalori akan karbohidrat) – (kebutuhan kalori akan protein) = kebutuhan kalori akan lemak

Jumlah lemak yang diperlukan dalam sehari-hari:

$$\frac{\text{kebutuhan kalori akan lemak}}{9} \quad (\text{dalam satuan gram})$$

Ex : seseorang dengan berat badan 50 kg dan tinggi badan 170 cm. maka tentukanlah berapa berat badan ideal orang tersebut?

- Berapa kalori yang diperlukan dalam sehari?
- Berapa karbohidrat yang diperlukan?
- Berapa protein yang diperlukan?
- Berapa lemak yang diperlukan?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{BBI} &= (T-110) + (T-10) 10\% \\ &= (170-110) + (170-10) 10\% \\ &= 60 + 6 \\ &= 66 \text{ kg} \end{aligned}$$

Total kalori yang diperlukan dalam sehari:

$$\begin{aligned} \text{BBI} \times 45 &= 66 \times 45 \\ &= 2970 \text{ kal/hari} \end{aligned}$$

Karbohidrat yang diperlukan:

a. Kalori karbohidrat yang diperlukan dalam sehari:

$$\frac{\text{total kal/hari}}{2} = \frac{2970}{2} = 1485 \text{ kal/hari}$$

b. Banyak karbohidrat yang diperlukan dalam sehari:

$$\frac{\text{kal karbohidrat/hari}}{4} = \frac{1485}{4} = 37 \text{ gramKH/hari}$$

Protein yang diperlukan:

a. Kalori protein yang diperlukan dalam sehari:

$$\begin{aligned} &\frac{1}{2} \text{ dari total kalori/hari} : 4 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2970 : 4 \\ &= 371 \text{ kal/hari} \end{aligned}$$

b. Protein yang diperlukan dalam sehari:

$$\frac{\text{kal protein/hari}}{4} = \frac{371}{4} = 93 \text{ gram/hari}$$

c. Lemak yang diperlukan dalam sehari:

$$\begin{aligned} &= \text{total kalori/hari} - \text{kalori karbohidrat/hari} - \text{kalori protein/hari} \\ &= 2970 \text{ kal/hari} - 1485 \text{ kal/hari} - 371 \text{ kal/hari} \\ &= 1114 \text{ kal/hari} \end{aligned}$$

Jumlah kalori dari lemak yang diperlukan dalam sehari sebesar 1114 kal/hari.

Lemak yang diperlukan dalam sehari:

$$1114 = 124 \text{ gram/hari}$$

#### 4.8 TRANSFER PANAS

Panas merupakan energi kinetik, transfer panas disebut pula transfer termal. Pada peralatan industri dikenal dengan nama *heat exchange*. Namun perlu diperhatikan bahwa *heat change* sangat berbeda dengan transfer panas. Pada transfer panas dimana panas ditransfer atau dipindahkan apabila adanya perbedaan

temperatur dan arah pemindahan ke arah temperatur yang rendah. Proses pemindahan panas ada 4 macam metode yaitu metode konduksi, metode konveksi, metode radiasi dan metode evaporasi.

### **Metode Konduksi**

Mengalirnya energi termal suatu substansi dari daerah yang temperaturnya tinggi ke temperatur rendah dengan jalan sentuhan. Pada metode ini terjadi oleh karena ada interaksi antara atom atau molekul.

Pada metode konduksi, terdapat suatu keadaan yang dikenal dengan nama “*konduksi steady state*” yaitu apabila temperatur dari seluruh lokasi substansi tetap pada waktu bersamaan dimana terjadi aliran panas melalui dinding secara uniform.

### **Metode konveksi**

Pemindahan energi termal melalui gerakan fisik dari suatu lokasi ke lokasi yang lain dari suatu substansi dimana energi termal tersebut disimpan. Pada proses konveksi, dimana energi panas di transfer atau dipindahkan melalui aliran fluida zat alir, pada saat yang bersamaan terjadi pula proses konduksi, namun proses konveksi yang diutamakan. Konveksi yang terjadi selama alami yaitu udara panas dengan berat jenis ringan bergerak ke atas dari permukaan panas. Sedangkan udara dingin mempunyai berat jenis lebih besar dari udara panas bergerak turun menduduki tempat udara panas tadi.

Transfer panas melalui konveksi ini dapat terjadi pula apabila pesawat terbang dengan kecepatan tinggi melewati permukaan bumi. Efek panas dari hasil konveksi energi kinetik dari fluida zat cair yang mencapai objek dan masuk ke dalam sebagai energi internal. Pada saat ini temperatur gas meningkat, disamping itu menyebabkan menghilangnya energi kinetik pada lapisan batas.

### **Metode radiasi**

Energi panas radiasi/dipancarkan oleh zat padat, car dan gas hasil dari temperatur mereka sendiri. Pancaran energi berupa:

- Gelombang elektromagnetik atau seluruh spektrum elektromagnetik
- Spektrum gelombang radio, inframerah, cahaya tampak, ultraviolet.
- Bagian dari X-ray (sinar X) dan  $\gamma$  - ray(sinar  $\gamma$ )

- Benda panas dari bumi, biasanya energi pancaran berupa inframerah.

### **Metode evaporasi**

Evaporasi merupakan proses dimana suatu substansi dalam keadaan cair berubah menjadi keadaan uap. Ada sebagian sarjana menganggap evaporasi merupakan bagian dari transfer panas, ada sebagian sarjana malahan menganggap evaporasi merupakan bukan bagian dari transfer panas. Alasan yang dikemukakan evaporasi merupakan bagian dari transfer panas yaitu pada evaporasi ini, panas yang dikemukakan evaporasi bukan merupakan bagian dari transfer panas karena pada proses evaporasi perlu pemberian panas kepada zat cair agar timbul evaporasi(penguapan).

#### a. Proses terjadinya evaporasi

Molekul zat cair dalam keadaan diam dimana terdapat tarik menarik dan tolak menolak dalam keadaan setimbang. Pada molekul zat cair terdapat energi kinetik dan energi potensial dalam keadaan setimbang pula. Namun, energi kinetik merupakan fungsi terhadap temperatur.

#### b. Macam macam evaporasi

Evaporasi dapat dibagi dalam dua golongan yaitu evaporasi alam dan evaporasi buatan. Evaporasi alam ada beberapa macam dan mempunyai nama tersendiri seperti.

1. Penguapan pada kulit disebut evaporasi perspirasi
2. Penguapan dari permukaan air disebut evaporasi
3. Penguapan lewat daun daunan disebut transpirasi
4. Penguapan dari tanaman di atas permukaan tanah disebut evapotranspirasi

Evaporasi alam ini dipengaruhi oleh:

1. Radiasi dari cahaya matahari
2. Adanya kebakaran
3. Udara lingkungan panas
4. Ada tiupan angin
5. Tekanan udara di atmosfer

c. Alat ukur atau pengukur evaporasi

Alat ukur evaporasi ada tiga golongan, pembagian ini berdasarkan bidang penguapan.

1. Atmosfer: alat untuk mengukur daya penguapan atmosfer. Ada tipe atmosfer bellani dan atmosfer piche.
2. Evaporimeter: alat untuk mengukur penguapan pada permukaan air. Ada tipe evaporimeter reference standard, evaporimeter soviet CGI 300 pan, evaporimeter soviet 20 m<sup>2</sup> dan evaporimeter burcau of plant industry.
3. Evapotranspirometer. Mengukur evapotranspirasi.

d. Evaporasi buatan

Evaporasi yang dibuat manusia dengan keperluan. Alat yang di pakai adalah evaporator. Evaporator merupakan alat yang dipakai untuk menguapkan sebagian atau seluruh pelarut dari larutan.

#### **4.9 ALAT UKUR TEMPERATUR**

Untuk mengetahui panas dingin suatu benda dapat dilakukan dengan cara membandingkan suatu benda dengan benda sejenis lain. Alat ukur mengukur temperature dikenal thermometer.

##### **Skala Pada Termometer**

Ketika mengukur temperatur dengan menggunakan termometer, terdapat beberapa skala yang digunakan, di antaranya skala Celsius, skala Reamur, skala Fahrenheit, dan skala Kelvin. Keempat skala tersebut memiliki perbedaan dalam pengukuran suhunya.

##### **Konversi Satuan Temperatur**

Dengan mengetahui pembagian menurut Celcius, Kelvin, Fahrenheit, Rankine, dan Reamur maka dibuat rumus konversi pada tingkat derajat temperature suhu.

$$t^{\circ}\text{C} = 9/5t + 32^{\circ}\text{F} = 4/5t^{\circ}\text{R} = (t+273) \text{K}$$

$$t^{\circ}\text{K} = 9/5(t-273) + 32^{\circ}\text{F} = 4/5(t-273)^{\circ}\text{R} = (t-273)^{\circ}\text{C}$$

$$t^{\circ}\text{F} = (-32)4/9^{\circ}\text{R} = (t-32)5/9^{\circ}\text{C} = 5/9(t-32) + 273 \text{ K}$$

$$t^{\circ}\text{R} = 9/4t + 32^{\circ}\text{F} = 5/4t^{\circ}\text{C} = 5/4t + 273 \text{ K}$$

**ex:** suatu tempat dengan suhu lingkungan  $30^{\circ}\text{C}$ , konversi ke dalam skala Kelvin, skala Fahrenheit, dan skala Reamur.

$$t^{\circ}\text{C} = 9/5 + 32^{\circ}\text{F} = 4/5t^{\circ}\text{R} = (t+273)\text{K}$$

$$30^{\circ}\text{C} = 9/5 (30 + 32^{\circ}\text{F}) = 86^{\circ}\text{F}$$

$$30^{\circ}\text{C} = 4/5 \cdot 30^{\circ}\text{R} = 24^{\circ}\text{R}$$

$$30^{\circ}\text{C} = 30 + 273 \text{ K} = 303 \text{ K}$$

### **Macam-macam Termometer**

Berdasarkan prinsip fisika maka termometer dapat digolongkan ke dalam 4 macam yaitu:

1. Berdasarkan prinsip pemuaian : termometer air raksa, termometer alkohol, termometer pentanan dan toluol, dan lain-lain
2. Berdasarkan arus listrik : termometer tahanan, termometer termokopel
3. Berdasarkan perubahan tekanan : termometer gas bervolume tetap, termometer zat cair di dalam tabung Bourdon
4. Berdasarkan perbandingan antara nyala lampu dengan pancaran dari permukaan yang bersuhu tinggi : termometer pyrometer optic, pyrometer radiasi termal.

### **4.10 HAL – HAL YANG PERLU DIKETAHUI TENTANG PANAS**

Hal – hal yang perlu diketahui tentang panas yaitu kapasitas panas, panas spesifik, panas pembakaran, panas oksidasi, panas karena infeksi, panas hasil metabolisme, pertukaran panas, kemampuan meneruskan panas (konduktivitas termal).

#### **➤ Kapasitas Panas**

Kuantitas panas yang diperlukan untuk meningkatkan suatu unit massa yang homogen dalam suatu unit temperatur, asalkan selama proses



tidak ada fase atau perubahan kimia yang terjadi, hal tersebut disebut kapasitas panas.

➤ **Panas Spesifik**

Panas spesifik (atau kapasitas panas spesifik) suatu zat adalah kuantitas panas yang dibutuhkan dalam mengubah temperature dari satu satuan massa zat sebesar satu derajat celcius atau ekuivalen dengan satuan kelvin. Jika kuanitas panas  $\Delta Q$  dibutuhkan untuk menghasilkan perubahan temperature  $\Delta T$  bagi satu massa zat  $m$ , maka panas spesifikasinya adalah:

$$c = \frac{\Delta Q}{m\Delta T} \quad \text{atau} \quad \Delta Q = cm\Delta T$$

➤ **Panas Pembakaran**

Yaitu membakar/ memanaskan segala macam substansi baik berupa gas, cair atau padat akan timbul panas atau cahaya. Pada proses pembakaran ada 3 kemungkinan yaitu memerlukan oksigen, tidak perlu oksigen, atau terjadi dekomposisi.

➤ **Panas Karena Oksidasi**

Merupakan bagian dari poses pembakaran. Dalam proses oksidasi ini akan timbul panas, cahaya atau listrik. Besar panas yang dihasilkan tergantung zat yang mengalami oksidasi. Panas oksidasi dinyatakan dalam kal/gram.

➤ **Panas Karena Infeksi /Peradangan**

Merupakan kerja bakteri pada tubuh manusia. Lokasi peradangan bisa pada permukaan tubuh, atau dalam tubuh. Pada proses peradangan akan timbul panas secara lokal atau keseluruhan tubuh, panas yang timbul diukur dengan thermometer untuk mengetahui tingkat/derajat panas.

➤ **Panas Hasil Metabolisme**

Adalah serangkaian hasil reaksi fisik dan kimia yang terjadi di dalam tubuh manusia. Metabolism dibagi dalam 2 kategori : anabolisme dan kata bolisme. Sulit sekali untuk memisahkan suatu reaksi apakah

termasuk anabolisme atau katabolisme, oleh sebab itu reaksi fisik atau kimia dalam tubuh hanya dikenal dengan nama metabolisme.

➤ **Pertukaran panas/ Heat Exchange**

Suatu proses terjadi pemindahan panas melalui zat alir (fluida) yang mengalir dari suatu tempat ke tempat lain (melalui pompa) dengan akibat benda/ tempat yang dilewati menjadi dingin oleh karena panasnya ikut serta dalam aliran zat cair. Suatu proses pemberian panas, suatu benda yang dingin, bisa menjadi panas dengan cara memanggang ( pemanasan di atas perapian), contoh oven, pemanas air, dan lain-lain.

➤ **Kemampuan Meneruskan Panas (Thermal Conductivity)**

Konduktivitas termal atau kemampuan meneruskan panas merupakan suatu pengukuran akan kemampuan suatu material untuk menghantarkan (merambat panas). Ke seluruh material dalam waktu singkat . Misalnya ada material setelah mendapat pada ujungnya panas tersebut merambat ke seluruh material pada waktu singkat. Sebaliknya ada material setelah mendapat panas pada ujungnya oleh sebab itu material yang ada di bagian dalam.

1. Konduksi termal yang tinggi/sangat cepat misalnya Al dan Cu
2. Konduksi termal yang cepat misalnya besi
3. Konduksi termal yang lambat misalnya asbes/beton
4. Konduksi termal yang sangat lambat misalnya kayu ebonit.

## **BAB V**

### **CAHAYA DAN SINAR**

#### **5.1 CAHAYA**

Cahaya dan sinar, kedua kata ini sepintas mempunyai makna yang sama. Namun bila dikaji lebih mendalam, cahaya dan sinar sangatlah berlainan. Cahaya adalah suatu bentuk pancaran energy yang mana mempunyai kapasitas/kemampuan untuk merangsang sensasi penglihatan. Cahaya dalam berbagai hal memperlihatkan karakternya sebagai gelombang, tetapi dalam gerak cahaya itu merupakan garis lurus dan dalam hal tertentu cahaya disebut pula sebagai sinar. Namun kata sinar ini biasanya dipakai untuk menunjukkan bentuk energy gelombang elektronik, misalnya sinar X, sinar gamma dan sinar kosmis.<sup>26</sup>

#### **Sejarah Teori Cahaya**

Cahaya dapat ditransformasikan kedalam bentuk energy lain misalnya panas. Energi panas ini dapat ditransfer dari satu tempat ketempat lain melalui suatu gerakan partikel (energy kinetik) atau melalui rambatan vibrasi yang dikenal sebagai suatu gelombang. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa cahaya berupa gelombang atau partikel.

Issac Newton menyatakan bahwa cahaya adalah suatu partikel dan merambat dalam satu garis lurus. Pendapat Newton ini kemudian dikenal sebagai teori korpuskuler.

Pada permulaan abad XIX. Young dan Fresnel menunjukkan bahwa cahaya pada hakekatnya berupa gelombang transversal. Beliau menyatakan dalam perambatan cahaya diperlukan mediun berupa eter, namun kenyataan eter tersebut tidak ada (exist). Dengan demikian teori gelombang ini, dapat menjelaskan peristiwa interferensi dan polarisasi.

Pada tahun 1864, James C. Maxwell memprediksi secara matematik bahwa cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat terletak antara

---

<sup>26</sup> Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta. Hal : 224

380 nm dan 760 nm, setiap panjang gelombang berkaitan dengan berbagai warna dari cahaya. Beliau dapat membuktikan peristiwa polarisasi cahaya.

Tahun 1900, Max Plank mengobservasi interaksi cahaya dan zat, beliau kemudian mengembangkan teori kuantum oleh karena beberapa hal tidak dapat dijelaskan dengan teori gelombang. Teori kuantum member prinsip dasar bahwa pertukaran energi antara radiasi elektromagnetik dan zat selalu mempunyai ciri-ciri energy sendiri yang disebut kuantum (quanta) dan setiap kuantum cahaya mempunyai beberapa partikel yang dikenal sebagai foton.

### **Sifat dan Tingkah laku Cahaya**

Sengaja dibedakan antara sifat cahaya esensial dan berbagai fenomena cahaya sebagai akibat cahaya mengadakan interaksi dengan berbagai material. Sifat cahaya esensial meliputi perambatan cahaya, warna cahaya, panjang gelombang cahaya, frekuensi cahaya, kecepatan cahaya, interferensi cahaya, polarisasi cahaya, energi dan momentum cahaya serta hal-hal lain seperti fluks cahaya, intensitas cahaya, efikasi pencahayaan, kuat penerang, terang cahaya dan attenuasi cahaya.

Sedangkan tingkah laku cahaya atau fenomena cahaya adalah akibat adanya interaksi cahaya terhadap berbagai zat dengan demikian timbul perilaku cahaya berupa emisi cahaya, absorpsi dan transmisi cahaya, sketer, refleksi, refraksi, dispersi, difraksi, refleksi internal totalis. Sifat cahaya esensial dan tingkah laku cahaya dapat diuraikan sebagai berikut :

#### **1. Sifat Esensial Cahaya**

##### **a. Perambatan Cahaya**

Cahaya merambat dari suatu tempat ketempat lain, cahaya dari sumber memancar keluar kesegala arah misalnya matahari, cahaya lilin. Cahaya lampu senter disini cahaya bergerak dari suatu arah, berkas cahaya bergerak kira-kira dalam satu garis lurus.

##### **b. Warna cahaya, frekuensi dan panjang gelombang**

Tahun 1666 Issac Newton melakukan percobaan dimana berkas cahaya putih matahari melewati suatu prisma gelas, cahaya tersebut direfraksikan (dipatahkan) dan didispersi (dipindahkan) menjadi

beberapa komponen warna yaitu violet/ungu, biru, hijau, kuning, oranye, dan merah. Kemudian mengadakan konstruksi kembali menjadi cahaya putih dengan cara pita warna tadi melewati suatu prisma pembalik. Kesimpulan yang diperoleh yaitu cahaya putih matahari merupakan campuran warna cahaya.

Satu macam cahaya berwarna disebut monokromatis, dua macam cahaya berwarna disebut dikromatis dan tiga macam cahaya berwarna disebut trikromatis. Khusus warna merah, hijau, biru disebut warna primer. Berdasarkan teori elektromagnetis dari cahaya diperoleh hubungan warna cahaya, panjang gelombang dan frekuensi (Tabel 5.1)

**Tabel 5.1 Hubungan Warna Cahaya, Panjang Gelombang dan Frekuensi**

Warna Cahaya	Panjang Gelombang (nanometer)	Frekuensi (Hertz)
<b>Violet</b>	<b>400-450</b>	<b><math>7,5 - 6,6 \times 10^{14}</math></b>
<b>Biru</b>	<b>450-500</b>	<b><math>6,6 - 6,0 \times 10^{14}</math></b>
<b>Hijau</b>	<b>500-570</b>	<b><math>6,0 - 5,27 \times 10^{14}</math></b>
<b>Kuning</b>	<b>570-590</b>	<b><math>5,27 - 5,08 \times 10^{14}</math></b>
<b>Oranye</b>	<b>590-610</b>	<b><math>5,08 - 4,92 \times 10^{14}</math></b>
<b>Merah</b>	<b>610-700</b>	<b><math>4,92 - 4,28 \times 10^{14}</math></b>

**c. Kecepatan cahaya**

Para ahli fisika telah melakukan penelitian kecepatan cahaya, yaitu melalui metode astronomi dan pengukuran laboratorium. peristiwa gerhana satelit Yupiter dan abrasi cahaya menggunakan metode astronomi. Pada abad ke-19 pengukuran kecepatan cahaya beralih ke laboratorium menggunakan metode roda gigi, rotasi cermin, Kerr cell dan metode berdasarkan panjang gelombang.

**d. Interferensi cahaya**

Apabila ada gelombang cahaya saling menindih dalam sebuah ruang pada waktu yang sama maka akan terjadi interferensi. Ada interferensi konstruktif dan interferensi destruktif.

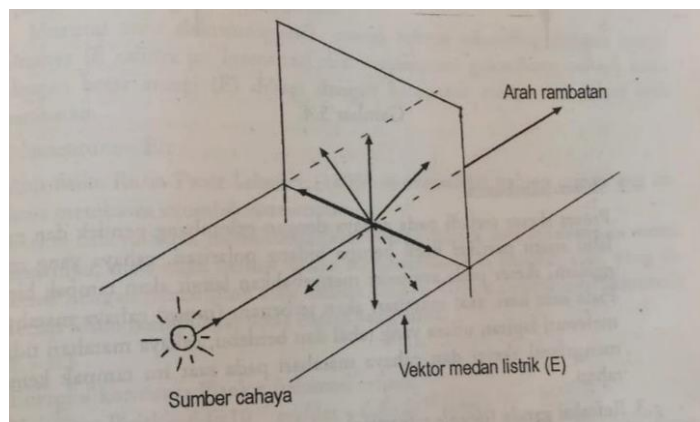
Apabila dua gelombang cahaya membuat interferensi, total interferensi cahaya tidak selalu merupakan penjumlahan masing-masing intensitas cahaya. Bahkan bisa terjadi total intensitas cahaya lebih besar dari hasil penjumlahan masing-masing intensitas gelombang cahaya atau

kebalikan malah lebih kecil dari masing-masing intensitas gelombang cahaya.

Total intensitas cahaya lebih besar dari hasil penjumlahan intensitas gelombang cahaya disebut interferensi konstruktif. Sedangkan hasil penjumlahan lebih kecil dari intensitas semula disebut interferensi destruktif. Peristiwa interferensi ini mudah dimengerti apabila memahami teori elektromagnetik dari cahaya. Perlu diingat bahwa intensitas cahaya tidak pernah kurang dari nol, dan medan listrik bisa berada dalam keadaan positif atau negatif.

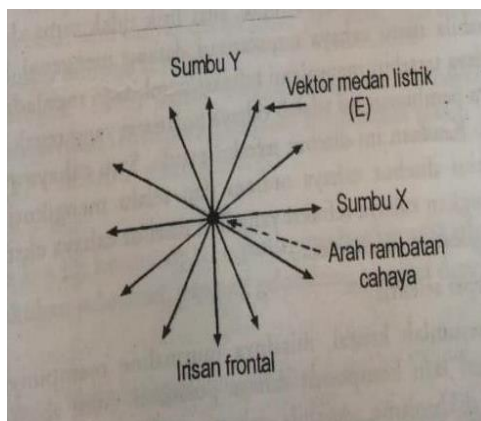
**e. Polarisasi cahaya**

Tidak semua cahaya yang monokromatik yang merambat dalam arah yang sama dengan panjang gelombang yang sama adalah identik. Kalau dikaitkan dengan medan listrik, maka arah medan listrik berdiri tegak lurus terhadap arah perambatan. Suatu gelombang cahaya terdapat vektor medan listrik ke segala arah dan berdiri tegak lurus pada arah perambatannya (Gambar 5.1)



Gambar 5.1 Arah rambat sumber cahaya

Gelombang cahaya yang dilukiskan diatas itu merupakan cahaya yang belum terpolarisasi. Apabila komponen vektor E diproyeksikan pada sumbu x dan y maka diperoleh cahaya tetap daalam keadaan belum terpolarisasi (Gambar 5.2).



Gambar 5.2 Proyeksi sumbu y terhadap arah rambat cahaya

**f. Energi dan momentum cahaya**

Menurut teori elektromagnetik, energi cahaya sebandng dengan intensitasnya dan momentum gelombang cahay dengan sama besar energi dibagi dengan kecepatan cahay dalam arah rambatan.

$$\text{Momentm} = E/c$$

Ahli fisika Pyoterlebedef 1899, memprediksi bahwa gelombang cahaya membawa sejumlah momentum berkas cahaya tidak mendistribusikan energi cahaya dan momentum secara kontiniue melainkan berkas cahaya mendistribusikan partikel yang dikenal dnegan poton atau kuantu cahaya. Untuk cahaya monokromatik setiap poton mempunyai energi yang sama.

$$E = h.f.$$

Energi = konstanta plank x frekuensi cahaya

$$\text{Konstanta Plank} = 6,61 \times 10^{-27} \text{ erg/det} = 6,6 \times 10^{-34} \text{ j/det}$$

Berdasarkan hokum momentum maka :

$$\text{Momentum (P)} = \text{massa (m)} \times \text{kecepatan (c)}$$

$$\text{Energi foton (E)} = m \cdot c^2$$

$$\text{Energi cahaya } E = h \cdot f$$

**g. Hal – hal lain yang berhubungan dengan sifat cahaya**

Hal – hal lain yang berkaitan dengan sifat cahaya yaitu perambatan cahaya, warna cahaya, proses gelombang cahaya, frekuensi,kecepatan cahaya, interfrensi, polaritas, energi dan momentum cahaya.

## 2. Fenomena Cahaya

Fenomena cahaya yaitu suatu perilaku atau gejala cahaya akibat adanya interaksi cahaya terhadap berbagai materi atau zat. Gejala cahaya berupa :

### a. Emisi cahaya

Proses utama yang melibatkan dalam emisi cahaya adalah transisi/peralihan dari suatu sistem atomik dari satu level ke level yang lain. Pada proses ini satu foton diemisikan yang mana energinya terletak antara dua buah atom dan mempunyai frekuensi tertentu sesuai dengan frekuensinya. Agar terdapat sejumlah cahaya yang diemisikan, diperlukan sejumlah atom yang mengalami transisi dari energi yang tinggi ke energi yang tingkatnya rendah.

### b. Absorpsi cahaya dan transmisi cahaya

Suatu berkas cahaya melewati zat, sebagian energi cahaya akan hilang melalui eksitasi atom zat tersebut, bahkan berubah akan menjadi panas. Proses ini dikenal dengan nama proses absorpsi.

Pada kasus pemantulan metalik (metallic reflection) dimana cahaya yang mengalami transmisi mengandung warna komplementer dan direfleksikan berupa cahaya. Besar intensitas cahaya yang material dapat dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

P = energi cahaya dalam watt

r = jarak atau sumber cahaya ke material/zat diukur dalam meter

I = intensitas cahaya dalam satuan  $\text{W/m}^2$

### c. Skattering cahaya

Suatu proses pengurangan sejumlah cahaya yang melewati substansi disebabkan adanya proses scattering hamburan cahaya. Pada proses scattering ini tidak sama dengan peristiwa absorpsi, dimana cahaya itu bukan berkurang melainkan cahaya mengalami pembalikan arah. Proses scattering terjadi pada gas atau suspensi dari partikel kecil serupa asap. Peristiwa scattering ini tergantung panjang gelombang cahaya dan memegang peranan dalam penentuan warna biru dari langit. Cahaya matahari mengalami scattering



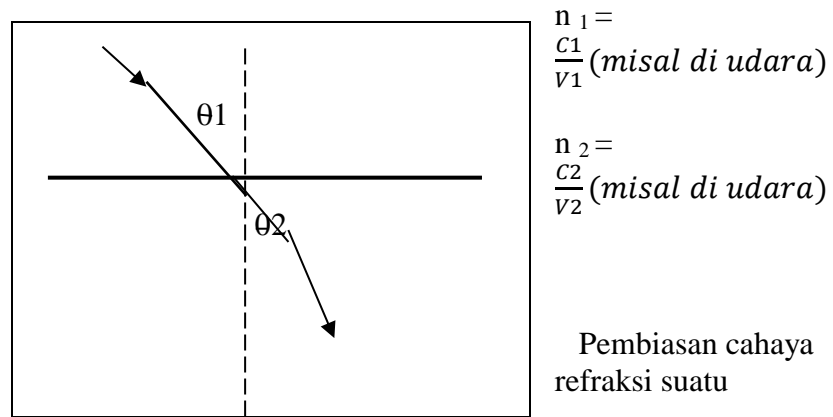
sewaktu melewati atmosfer oleh karena adanya molekul yang terdapat di dalam udara.

**d. Refleksi cahaya (pantulan cahaya)**

Seberkas cahaya, datang melalui medium tersebut cahaya mengenai suatu permukaan benda, berkas cahaya tersebut akan mengalami pantulan ke arah medium tembus cahaya. Sifat pantulan itu tergantung permukaan benda dan dari mana cahaya itu datang.

**e. Refraksi (pembiasan) cahaya**

Apabila cahaya melewati suatu medium, misalnya dari udara ke medium yang lain misalnya gelas maka kecepatan cahaya mengalami perubahan. Fenomena ini dikenal dengan nama refraksi (pembiasan) (gambar 5.3).

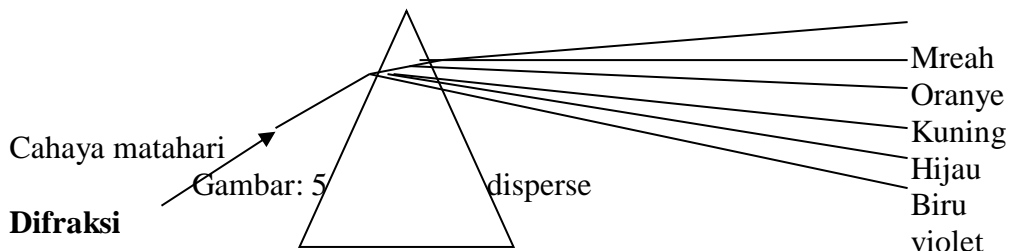


Gambar 5.3 indeks medium :

$$n = \frac{\text{kecepatan cahaya dalam vakum}}{\text{kecepatan cahaya dalam medium}} = \frac{c}{v}$$

**f. Dispersi**

Apabila cahaya mengenai/melewati suatu prisma cahaya tersebut akan mengalami refraksi dan terpisah menjadi beberapa komponen warna. Keadaan/peristiwa ini dikenal dengan nama dispersi (gambar 5.4)



**g. Difraksi**

Difraksi merupakan penyebaran berkas cahaya setelah melewati tepi dari suatu hambatan dengan adanya peristiwa difraksi, sehingga tidak mungkin membuat berkas cahaya benar – benar paralel misalnya berkas

cahaya melewati sebuah cahaya yang melewati sebuah tabung kecil, berkas cahaya yang melewati sebuah tabung kecil tersebut akan mengalami divergensi . Apabila ada sebuah cela dilewati cahaya, pada layar akan tampak bayangan cela tersebut. Proses difraksi sangat baik bagi gelombang panjang seperti gelombang radio, gelombang bunyi dari pada cahaya tampak.

## 5.2 SINAR

Sinar dalam [optika](#) adalah berkas sempit [cahaya](#) yang diidealkan. Sinar digunakan untuk memodelkan pemancaran cahaya melalui sebuah sistem optik, dengan membagi medan cahaya ke dalam sinar diskret (terpisah) yang kemudian dapat disebarkan melalui sistem menggunakan teknik [pelacakan sinar](#). Perbedaan makna kata sinar dan cahaya dijelaskan sebagai berikut :

a. Sinar x

Disebut pula sinar katoda yaitu sinar yang di hasilkan oleh rontgen.

b. Cahaya x

Cahaya yang dihasilkan oleh usatu sumber cahaya misalnya lilin, lampu, kayu yang terbakar, dan lain sebagainya.

### Macam – macam sinar

#### 1. Sinar Kosmik

Sinar kosmik merupakan electron dan inti atom sebesar atom hydrogen yang menimpa bumi yang dating dari ruang angkasa dari bebbagai arah yang mempunyai kecepatan mendekati kecepatan cahaya. Ada dua macam sinar kosmik yaitu sinar kosmik utama dan sinar kosmik atmosfer.

Sinar kosmik utama adalah sinar kosmik yang berasal jauh di luar atmosfer bumi. Sinar kosmik atmosfer adalah partikel yang dihasilkan dalam atmosfer bumi sebagai akibat dari tabrakan antara sinar kosmik utama dan molekul di atmosfer dalam tabrakan ini terbentuk dua sinar gamma yaitu pasangan positron dan electron.

#### 2. Sinar Matahari

Sinar ini dipancarkan dari matahari berupa gelombang elektromagnetik. Energy yang diterima di bumi sebanyak setengah dari 1 million dari total energy matahari .

### **3. Sinar Ultraviolet**

Sinar ultra violet merupakan gelombang elektromagnetik mempunyai panjang gelombang antara 40-400 nm, daerah ultraviolet terletak antara cahaya tampak ( batas violet ) dengan panjang gelombang sinar X.

a. Ada dua sumber sinar ultra violet yaitu dari cahaya matahari dan buatan manusia

- Sinar matahari

Sinar matahari mengandung sinar ultraviolet, namun dalam perjalanan menuju bumi sinar banyak diserap oleh atmosfer bumi ( atom oksigen dan ozon )

- Manusia membuat sinar ultraviolet demi kebutuhan. Sinar ultraviolet buatan manusia dibangkitkan oleh lampu uap merkuri ( mercury vapour lamp ), lampu fluoresensi ( fluorecency lamp ), lampu fotokemis ( photocemis lamp ), dan lampu matahari ( sun lamp ).

b. Klasifikasi sinar ultraviolet

Klasifikasi sinar ltraviolet mempunyai arti penting karena efek yang ditimbulkannya. Berdasarkan efek yang ditimbulkannya maka sinar ultraviolet dibagi menjadi 3 yaitu :

- Ultraviolet ekstrem : panjang gelombang 200-40 nm
- Ultraviolet far : panjang gelombang 300-200 nm
- Ultraviolet near : panjang gelombang 400-300 nm

### **4. Sinar Katoda**

Proses terjadinya sinar katoda yaitu filamen tabung dipanaskan dengan tegangan listrik 1,5-3 volt. Elektron akan bergerak, katoda akan semakin negatif. Gerakan elektron mengarah ke anoda, melewati grid I, grid II dan grid III, selanjutnya ke anoda. Adanya gerakan elektron ini akan menghasilkan sinar.Sinar katoda ini bergerak dari elektron gun, bergerak mencapai layar TV yang dilapisi zat fosfor.

Kegunaan tabung katoda

- a. Pada osciloskop
- b. Pada radio tabung
- c. Pada TV yaitu tabung layar TV
- d. Pada komputer (layar komputer)
- e. Pada radar

#### **5. Sinar Inframerah**

Sinar inframerah merupakan gelombang elektromagnetik, mempunyai panjang gelombang berkisar 1 mikron sampai 1 milimeter. Sinar inframerah mula-mula ditemukan oleh William Hershal pada tahun 1800. A. Slonim menyatakan bahwa tubuh manusia/objek mengemisi spektrum inframerah. Emisi inframerah ini merupakan karakter dari temperatur tubuh manusia atau objek

#### **6. Sinar X**

Disebut pula sinar rontgen, merupakan gelombang elektromagnetik yang di pancarkan secara periodik, mempunyai variabel medan listrik dan medan magnet dimana kedua medan tersebut saling tegak lurus satu sama lain dan menjalar secara langsung.

Sinar X merupakan bagian dari sinar tampak dan dari segala tipe gelombang elektromagnetik. Secara umum sinar X adalah hasil dari energi transmisi elektron dari hasil penembakan suatu material yang mempunyai berat atom yang tinggi melalui elektron yang mempunyai tingkat energi yang sangat tinggi Sinar X ditemukan oleh W.R Rontgen (1895).

#### **7. Sinar Alfa (alpha)**

Sinar alfa merupakan inti helium yang dilepaskan dengan kecepatan tinggi dari inti atom yang merupakan hasil produksi zat radioaktif atau sebagai hasil dari reaksi inti .Tidak semua zat radioaktif memancarkan sinar alfa , adapun zat radioaktif yang memancarkan adalah ;

- a. Sinar alfa
- b. Sinar alfa dan sinar beta
- c. Sinar beta saja

## **8. Sinar Beta**

Sinar beta disebut pula partikel beta; dipancarkan oleh inti zat radioaktif. Ada 3(tiga) macam sinar beta yaitu positron, negatron dan elektron capture (penangkap elektron) Sinar beta mempunyai kemampuan menembus material padat sedalam 0,4 inci (1 cm); masuknya sinar beta ke dalam material padat akan timbul panas .Hal ini karena terjadi disipasi energi kinetis.

Energi kinetik sinar beta berkisar dari nol meningkat 3-5 MeV. Energi sinar beta akan hilang apabila terjadi eksitasi dan ionisasi atom serta terjadi sketer .Sinar beta akan berhenti apabila terjadi penggabungan positron dan negatron.Dua elektron dalam bentuk energi merupakan dua foton yang mempunyai energi sebesar 0.511 MeV Sebelum terjadi peristiwa anihilasi pasangan positron dan negatron membentuk sistem ikatan yang disebut pasitronium.

## **9. Sinar Gamma**

Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari inti atom yang telah mengalami disintegrasi mencapai tingkat eksitasi yang rendah , sinar gamma merupakan ula gelombang elektromagnetik suatu foton dengan panjang gelombang yang sangat pendek . Sinar gamma mempunyai medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus dengan frekuensi tertentu dan mempunyai energi radiasi tertentu pula.

## BAB VI LISTRIK DAN MAGNET

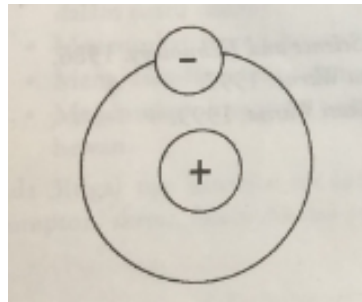
### 6.1 LISTRIK

Dalam pembahasan kelistrikan perlu kita bedakan dalam 2(dua) topik utama yaitu listrik statis (elektrostatika) dan listrik dinamis.

#### **Listrik Statis**

Mempelajari perubahan Listrik dalam keadaan istirahat, dimana terjadi perubahan listrik positif dan negatif secara terpisah satu sama lain dengan penjelasan sebagai berikut:

Dengan memakai teori atom dapat dijelaskan peristiwa diatas suatu zat terdiri dari atom dimana tersusun inti serta elektron dan elektron mengelilingi inti dengan lintasan tertentu (Gambar 6.1).



Gambar 6.1 Elektron mengelilingi inti dengan lintasan

Elektron bermuatan listrik negatif, sedangkan inti bermuatan positif. Besar muatan listrik ditentukan oleh jumlah elektron yang mengelilingi.<sup>27</sup>

#### **Proses terjadinya listrik statis**

Apabila dua bendayang berlainan jenis saling bersinggungan maka beberapa elektron bebas dari benda yang mempunyai potensial permukaan yang lebih tinggi akan berpindah ke benda yang mempunyai potensial permukaan yang lebih rendah dengan demikian kedua benda tadi terdapat muatan listrik sama kuat tetapi berlainan, yang satu bermuatan positif dan yang lain bermuatan negatif.

---

<sup>27</sup> Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta. Hal : 302

**Tabel 6.1 Daftar Bahan Yang Menghasilkan Listrik**

No	Nama Bahan
1	Kulit Kucing Berbulu
2	Kain Panas
3	Gading
4	Kristal Gunung
5	Gelas
6	Katun
7	Linen
8	Sutera
9	Harpus
10	Lak
11	Logam
12	Blerang

Apabila kulit kacang berbulu (no, 1) bersinggungan/digesekkan dengan sutera (no, 8), maka kulit kucing berbulu bermuatan listrik positif sedangkan sutera bermuatan listrik negatif. Apabila sutera (no, 8) digosokkan dengan logam (no, 11) maka sutera akan bermuatan listrik positif sedangkan logam bermuatan listrik negatif.

### **Listrik Dinamis**

Listrik dinamis disini adalah listrik DC (DirectCurrent = arus searah) dan listrik AC (Alternating Current = arus bolak balik).

#### **1. Listrik DC**

Listrik DC adalah Listrik yang dihasilkan dari baterai, akumulator, solar sel (sel matahari ), termokopel, fuel sel, nuklir sel baterai.

##### **a. Baterai**

Suatu alat, yang mana beralih berbentuk dari energi kimia menjadi energy listrik. Secara umum ada dua tipe baterai, yaitu baterai primer dan baterai sekunder akumulator.

##### **b. Solar Sel (sel matahari)**

Merupakan sumber listrik DC, dimana pada zat padat ada bagian yang teroksider dan tidak teroksider, melalui suatu proses panas misalnya

cahaya matahari, zat padat tersebut berubah menjadi energy listrik. Melalui suatu rangkaian seri akan diperoleh voltase yang cukup tinggi.

c. Termokopel

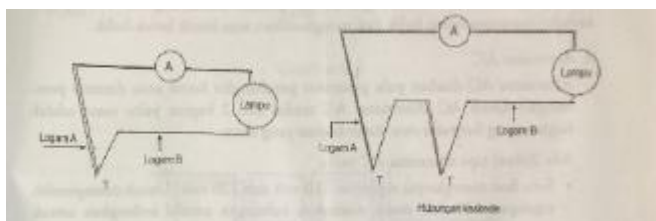
Suatu rangkaian terdiri dua macam logam yang mempunyai nilai berbeda dalam elektronegatif (Tabel 6.2)

**Tabel 6.2 Nilai Rata Rata Elektronegatif dari suatu data Termokimia**

emen	lai	emen	lai
Cs	0,79	Zn	1,65
K	0,82	Cr	1,66
Rb	0,82	Ln	1,78
Ba	0,89	Ga	1,81
Na	0,93	Fe	1,83
Sr	0,95	Co	1,88
U	0,98	Cu	1,90
N	1,91	Si	1,90
Sn	1,96	As	2,18
Ge	2,01	P	2,10
Bi	2,02	H	2,20
B	2,04	Pb	2,33
TL	2,04	C	2,55
Sb	2,05	Se	2,55
Ca	1,00	S	2,58
Mg	1,31	L	2,66
Sc	1,36	Br	2,96
Ti	1,54	N	3,04
Mn	1,55	Cl	3,16
Be	1,57	O	3,44
Al	1,61	F	3,98
V	1,63		

Berdasarkan perbedaan temperature akan timbul gaya gerak listrik (GGL) / arus listrik (Gambar 6.2) Kalau dilakukan hubungan kaskade maka akan diperoleh aliran listrik yang cukup besar maupun tegangan. Elektronegativitas diartikan oleh A.L. Allred dan E.G. Rochow sebagai gaya Tarik sebuah inti terhadap sebuah electron dari suatu ikatan atom.





Gambar 6.2 Perbedaan temperature gerak listrik (GGL) / arus listrik

## 2. Listrik AC

Listrik AC adalah listrik yang dihasilkan oleh alternator atau dinamo atau generator listrik. Ada dua macam generator listrik yaitu generator listrik AC dan generator listrik DC.

Generator berarti mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui suatu proses induksi elektromagnetik. Dari induksi elektromagnetik akan timbul induksi tegangan bolak-balik dan menghasilkan arus listrik bolak-balik.

### a. Alternator AC

Alternator AC adalah generator pembangkit listrik atau dinamo pembangkit listrik AC. Alternator AC terdiri dari dua bagian yaitu, rotor adalah bagian yang berputar dan stator bagian yang diam.

Ada dua tipe alternator AC yaitu:

- Satu fase mempunyai tegangan 110 V dan 220 V. Untuk memperoleh tegangan 110 V maka dilakukan hubungan paralel sedangkan untuk memperoleh tegangan 220 V dilakukan hubungan seri.
- Tiga fase mempunyai tegangan 220 V dan 380 V.

### b. Hal-hal yang berkaitan dengan alternator AC

Masalah yang berkaitan dengan alternator AC adalah :

#### 1. Rotasi alternator

Putaran rotor dari alternator 900, 1450 sampai dengan 3000 rpm

Dengan rincian sebagai berikut lihat Gambar 1.3

- 900 rpm : terdapat stator 6 pole.
- 1450 rpm : terdapat stator 4 pole
- 3000 rpm : terdapat stator 2 pole

#### 2. Frekuensi alternator

Frekuensi alternator adalah frekuensi listrik yang dihasilkan alternator atau dinamo. Pada umumnya frekuensi listrik yang dihasilkan alternator berkisar 44 sampai 60 Hz, rata-rata frekuensi berkisar 50 Hz.

### 3. Tegangan yang dihasilkan

Tegangan listrik yang dihasilkan alternator, tergantung jenis alternator itu sendiri. Ada tegangan 110 V, ada tegangan 220 V dan ada pula tegangan 330 V. Tegangan listrik 110 sampai 380 V tergolong dalam tegangan rendah, tegangan ini dipakai untuk umum. Tegangan 6000 sampai dengan 20.000 V untuk transmisi umum sedangkan tegangan dengan 150.000 V digunakan untuk jaringan jarak jauh. Tujuannya untuk penghematan kabel listrik.

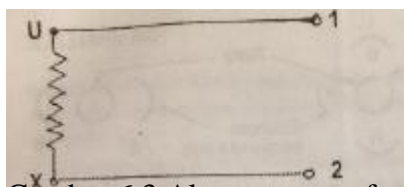
### 4. Arus yang dihasilkan

Besarnya arus yang dihasilkan tergantung jenis alternator dan besar kecilnya kawat yang terpasang pada rotor. Arus listrik yang dihasilkan alternator sama atau lebih besar 1 ampere disebut arus keluar. Sedangkan arus listrik yang dihasilkan generator kurang dari 1 ampere dikenal dengan nama arus lemah.

### 5. Jenis Alternator

Ada tiga jenis alternator :

1. Alternator 1 fase (Gambar 6.3)
2. Alternator 2 fase (Gambar 6.4)
3. Alternator 3 fase (Gambar 6.5)



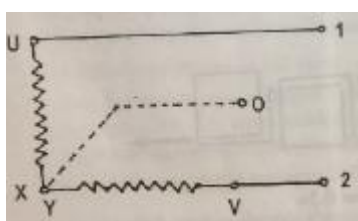
Gambar 6.3 Alternator satu fase

Keterangan :

XU = Tegangan fase

UI = Hantaran fase

X2 == Hantaran nol fase

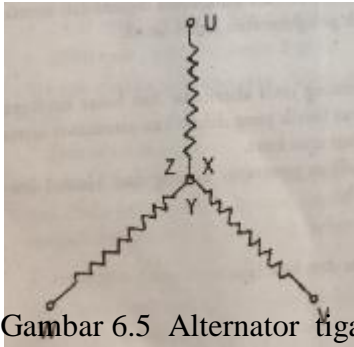


Keterangan :

XV = tegangan fase 1

YV = tegangan fase 2

Gambar 6.4 Alternator dua fase



U1 = hantaran fase 1

V2 = hantaran fase 2

XY.O = hantaran nol fase atau disingkat dengan nol fase

0-1 = disebut pula tegangan fase 1

0-2 = disebut pula tegangan fase 2

Keterangan :

XU = tegangan fase 1

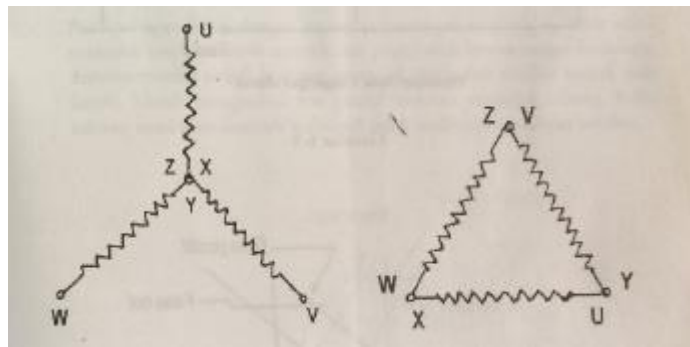
YV = tegangan fase 2

ZW = tegangan fase 3

Gambar 6.5 Alternator tiga fase

Pada gambar 3 fase terdapat tiga buah kumparan. Tiap – tiap kumparan dapat dihubungkan atau dikopel dengan memakai 2 sistem yaitu:

- ketiga ujung kumparan dihubungkan menjadi satu (XV,YV,ZW) yaitu ujung X,Y dan Z dihubungkan menjadi satu sehingga tampak hubungan bintang (gambar 6.6).
- ujung akhir kumparan fase 1 (XU) yaitu U dihubungkan dengan ujung mula-mula (Y) dari kumparan fase II, ujung akhir dari kumparan fase II (V) dihubungkan dengan ujung mula-mula dari kumparan fase II (Z) dan ujung akhir kumparan fase II (W) dihubungkan dengan ujung awal kumparan fase I (X). Dengan demikian, diperoleh hubungan segitiga yang dikenal dengan hubungan data (gambar 6.7).



Gambar 6.6 hubungan bintang    Gambar 6.7 Hubungan segitiga

### **3. Electromotor**

Alat ini memberi gambaran fisik dari luar tampak serupa dengan alternator namun sebenarnya fungsinya sangatlah berbeda dengan alternator atau generator listrik. Electromotor merupakan alat yang dapat berputar apabila diberi aliran listrik.

Prinsip kerja :

Dengan adanya aliran listrik, kumparan yang ada itu akan membangkitkan induksi magnet sehingga rotor pada electromotor akan berputar.

Macam electromotor :

Berdasarkan fase, maka electromotor ada dua tipe yaitu electromotor satu fase 110/220v, electromotor 3 fase 220/380v, 440v dan 660v. electromotor yang besar melebihi 10HP menggunakan sistem start deta dengan tujuan memudahkan perputaran rotor.

### **4. Sumber penggerak generator listrik**

Ada berbagai sumber penggerak generator listrik, misalnya bahan bakar minyak, air, udara, uap atau gas, nuklir namun yang terpenting dalam hal sumber penggerak generator listrik adalah efisiensi dan tidak habis-habisnya dalam pemakaian.

Sumber penggerak generator atau alternator listrik antara lain:

a) Minyak

Diperlukan untuk menggerakkan mesin diesel dan selanjutnya mesin diesel menggerakkan generator listrik untuk memperoleh listrik. Penggunaan minyak untuk membangkitkan tenaga listrik dikenal dengan nama pembangkit listrik tenaga diesel. Tenaga listrik yang dihasilkan mencapai beberapa puluh mega watt sampai beberapa ratus mega watt.

b) Air

Air yang mengalir secara datar atau air terjun dapat dipakai untuk menggerakkan turbin dan selanjutnya menggerakkan alternator. Teknik pembangkit listrik ini dikenal dengan nama pembangkit listrik tenaga air.

c) Uap

Kereta api pada jaman XIX digerakkan oleh uap air. Berdasarkan fakta tersebut maka diusahakan membuat turbin, agar uap air menggerakkan turbin dan proses selanjutnya turbin menggerakkan alternator sehingga menghasilkan listrik.

d) Panas bumi atau gas

Gas panas bumi dikenal dengan nama geotermal merupakan gas yang keluar dari perut bumi yang merupakan hasil eksplorasi manusia. Gas panas bumi ini disalurkan ke berbagai tempat antara lain dipakai untuk menggerakkan turbin dan selanjutnya untuk menggerakkan alternator AC. Proses ini dikenal dengan nama pemangkit listrik tenaga gas atau pembangkit listrik tenaga panas bumi atau pembangkit listrik tenaga geothermal.

e) Nuklir

Penggunaan nuklir dalam hal menggerak generator listrik sangatlah efisien, namun sangat berbahaya apabila terjadi kebocoran pada reactor nuklir misalnya, reactor nuklir Chernobyl pernah terjadi kebocoran.

Pada reactor nuklir terjadi reaksi fusi, sehingga menghasilkan tenaga untuk menggerakkan generator listrik. Pembangkit listrik yang menggunakan tenaga nuklir disebut pembangkit listrik tenaga nuklir yang dapat menghasilkan listrik 1200 mega watt.

Pada reactor nuklir terjadi reaksi fusi dimana neutron yang dipakai untuk memfusi bahan bakar nuklir sehingga menghasilkan energi panas, radiasi serta penambahan neutron. Energi panas itu dipakai untuk menghasilkan uap dan gas panas untuk menggerakkan generator turbin. Dengan demikian terbentuklah listrik bertenaga nuklir.

Pembangkit listrik yang menggunakan tenaga nuklir disebut pembangkit listrik tenaga nuklir yang dapat menghasilkan listrik sebesar 1200MW per unit.

f) Angin

Pemakaian angin untuk mendorong kincir angin dan selanjutnya menggunakan dinamo telah dikerjakan oleh negara barat terutama negeri belanda dan Australia pun tidak ketinggalan.

Penggunaan angin sebagai pendorong kincir angin dan menghasilkan listrik dikenal dengan nama pembangkit listrik tenaga angin. Namun hasil yang diperoleh dari kincir angin ini berkisar sekitar 50 sampai dengan 150 KVA untuk dikonsumsi.

g) Cahaya matahari

Cahaya surya yang dipakai sebagai energi untuk membangkitkan tenaga listrik disebut pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Hal ini sudah dibahas pada bab termodinamika, yaitu solar sel.

## 6.2 MAGNET

Magnet adalah suatu jenis material yang mempunyai sifat menarik material yang sejenis melalui suatu gaya yang dimilikinya. Gaya tersebut dikenal dengan nama magnetisme.

### Teori kemagnetan

Kemagnetan suatu logam besi, memang sudah ada sejak awal. Weber memberi suatu hipotesis yaitu bahwa molekul-molekul besi itu sudah bersifat magnet dengan kutub utara (U) dan selatan (S). Molekul-molekul besi itu disebut magnekul-magnekul tersusun secara tidak teratur, hal ini menyebabkan kutub utara suatu magnekul dibebaskan atau dinetralkan oleh kutub selatan magnekul tetangganya, dengan demikian kemagnetan besi tidak tampak.

Pada keadaan tertentu dimana magnekul besi tersusun teratur dalam arah tertentu, sehingga batas suatu ujung besi terdapat magnekul bebas dan salah satu ujung lainnya terdapat magnekul yang bebas pula, dengan demikian kedua ujung besi tersebut terdapat magnekul yang bebas pula, dengan demikian kedua ujung besi tersebut terdapat kutub utara dan kutub selatan.

### Tipe magnet

Ada 3(tiga) tipe magnet yaitu:

1. Magnet alam

Substansi dari awal sudah mempunyai sifat magnet.

2. Magnet buatan

Substansi yang bersifat magnet oleh karena buatan manusia (magnet artifisial), dapat berupa magnet permanen (magnet menetap) atau berupa magnet semi permanen (magnet semi menetap).

### 3. Magnet elektro (electromagnet)

Benda bersifat magnet akibat adanya arus listrik yang melewati kawat tembaga yang melilit inti besi (solenoid). Sifat magnet adalah sementara (selama ada aliran listrik)

### **Bentuk Bangunan Magnet**

Ada bermacam –macam ,tergantung peralatan yang membutuhkan magnet tersebut. Bentuk yang lazim adalah bentuk tapak kuda/ladam, persegi panjang, jamur, bulat gepeng seperti kancing dan silinder.

### **Penggolongan Material Berdasarkan Tingkah Laku Magnet**

Ada 4(empat) grup substansi magnetik dimana sifat material saling tumpang tindih. Adapun substansi magnetic yang dimaksud yaitu material diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetik dan antiferromagnetik.

#### **a. Substansi Diamagnetik**

Peka terhadap magnetik negatif dapat dimagnetisasi dalam arah yang berlawanan dengan menggunakan medan magnet atau anti paralel terhadap medan magnet. ciri khusus : apabila suatu materi/subjek didekatkan dengan gelombang elektromagnetik maka material tersebut akan menolak garis gaya.

Diamagnetik mempunyai nilai kepekaan magnetik adalah negatif dan meabilitas relatif kurang dari satu .apabila suatu material diamagnetik diletakkan pada suatu medan magnet, fluks densiti akan berkurang pada titik yang berada di dalam material diamagnetik.

Contoh diamagnetik adalah air, jaringan hidup, gelas, kayu, plastik, substansi batuan , bismuth, tembaga, perak, emas, gas yang lembam, super konduktor. Super konduktor merupakan material diamagnetik yang kuat oleh karena cenderung melepaskan medan magnet dari dalam dirinya.

#### **b. Substansi Paramagnetik**

- Peka terhadap magnet positif dapat dimagnetisasi secara paralel dan biasanya sebanding dengan medan magnet.

- Mempunyai permeabilitas sedikit lebih besar dari satu.
- Atom atau molekul mempunyai gerakan anguler sehingga terdapat magnet yang kecil U sedikit magnet.
- Ciri khas logam yang berada didalam medan magnet ( gambar ) memperhatikan sifat mudah ditembus garis gaya. Logam jenis ini mempunyai tahanan lebih kecil dari udara terhadap garis gaya magnetis.
- Pada temperature yang sangat rendah substansi mudah dimagnesisasi daripada temperature yang tinggi(disebut tempertur Curie), temperature Curie yaitu 100°C diatas temperature ruang.
- Contoh bahan paramagnetic adalah nikel, besi, crome.

**c. Substansi Feromagnetik**

- a. Suatu substansi yang sangat peka terhadap magnet mempunyai permeabilitas magnetis lebih dari satu material demikian disebut perromagnetik.
- b. Sifat perromagnetik
  - Dibedakan dengan substansi lainnya oleh karena mempunyai sifat magnet yang kuat. Adanya magnet tidak melalui rangsangan medan magnet luar.
  - Pada temperature kritis (temperature curie) material tersebut akan kehilangan kekuatan magnet (kekuatan daya atom dan gaya magnet).
  - Substansi yang mempunyai garis gaya magnetis yang meningkat atau berkurang apabila ditempatkan pada magnet.
  - Contoh substansi ferromagnetis adalah kobalt, nikel, gadolinium, dan dysprosium.

**Tabel 6.3 Hubungan kemagnetan dan temperatur curie**

Bahan	Temperatur curie (C)
Gadolinium	16
Besi	770
Nikel	358
Kobalt	1131



#### **d. Substansi Antiferromagnetik**

Substansi antiferromagnetik adalah suatu zat dengan momentum atom yang dalam suatu kisaran temperatur tertentu, cenderung untuk berderet sedemikian rupa sehingga dapat terjadi kemagnetan penuh walaupun tidak ada medan magnet.

#### **Kutup magnet**

Setiap ujung magnet disebut kutub magnet. Apabila jarum kompas magnet yang dapat bergerak bebas diamati maka kedua ujungnya akan menempati kedudukan tertentu yaitu utara-selatan. Ujung jarum magnet yang berada disebelah utara disebut kutub utara magnet (U) dan yang disebelah selatan disebut kutub selatan (S) magnet.

Garis yang menghubungkan kedua ujung magnet disebut garis poros magnet. Jarak antara dua kutub dari suatu magnet sekitar  $\frac{5}{6}$  dari panjang magnet. Kutub magnet yang sama disebut kutub senama (misalnya U dengan U, S dengan S) saling tolak menolak, sedangkan yang tidak senama (misalnya U dengan S) saling tarik menarik.

#### **Magnetisasi**

Magnetisasi yaitu suatu proses dimana besi atau logam yang belum bermagnet dijadikan bermagnet. Proses magnetisasi melalui:

- Penempelan besi pada besi atau baja yang sudah bermagnet
- Menggosokkan besi pada besi atau baja yang sudah bermagnet
- Mengaliri listrik melalui suatu kumparan berinti besi, magnet yang timbul pada besi tersebut dikenal dengan nama elektronmagnet.

Dalam proses magnetisasi dengan cara menempel atau menggosokkan, molekul-molekul besi yang belum bermagnet akan diarahkan oleh besi bermagnet/baja bermagnet. Mudah tidaknya dalam pengarahan molekul besi tergantung kepada jenis besi tersebut.

Untuk jenis besi lunak:

- Pengarahan molekul sangat mudah untuk menjadi magnet.
- Setelah pengarahan dihentikan mudah kehilangan magnetnya.
- Terkadang sifat magnet masih ketinggalan walaupun sangat lemah, sifat magnet yang lemah ini disebut magnet remanent (magnet ketinggalan)

Untuk jenis besi keras/baja:

1. Perkerjaan mengarahkan molekul untuk menjadi magnet sangat sulit.
2. Sifat magnet yang diperolehnya dapat bertahan dalam tempo yang cukup lam bahkan bertahun-tahun,sifat magnet demikian disebutmagnet permanen(magnet tetap).

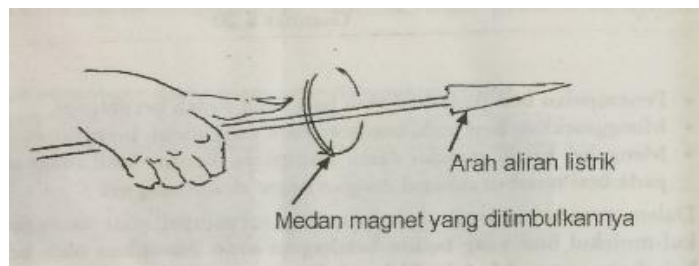
### **Elektromagnetik**

Telah disinggung pada bab terdahulu bahwa adanya aliran listrik melewati kumparan berintikan besi lunak maka pada besi lunak akan timbul magnet. Sebelum menyimak masalah lebih lanjut alangkah baiknya mengenal beberapa masalah:

#### **1. Aliran Listrik Melalui Suatu Penghantar**

Apabila suatu penghantar listrik ( kawat tembaga anatu kabel tembaga)dialiri listrik (fase positif) (dihubungkan dengan fase positif) disekitar penghantar timbul medan magnet. Disini berlaku hukum tangan kanan (gambar 6.8)

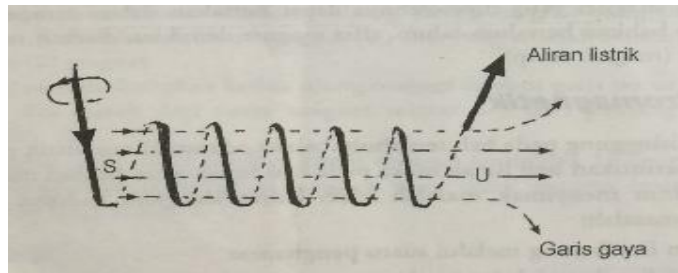
- Arah arus sesuai dengan ibu jari
- Garis gaya yang membentuk medan magnet sesuai dengan jari-jari yang mengelilingi penghantar tadi.



Gambar 6.8 Berlaku hukum tangan kanan

#### **2. Aliran Listrik Melalui Kumparan**

- Sesuai dengan hukum tangan kanan
- Ibu jari menunjukkan kutub utara
- Keempat jari-jari menunjukkan aliran listrik
- Di sekitar kawat tampak medan magnet

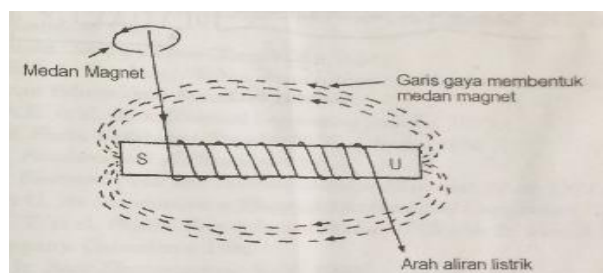


Gambar 6.9 Aliran listrik melalui kumparan

### 3. Aliran Listrik Melalui Kumparan Berinti Besi Lunak

#### Kegunaan magnet

Kegunaan magnet sangat luas dalam hal ini perlu dibedakan magnet alam dan buatan. magnet alam digunakan pada kompas, kasur bermagnet, gelas magnet. sedangkan magnet buatan dipakai pada electromotor, *head tape recorder*, *head video tape*, pada kereta api cepat yang dikenal dengan super konduktor, magnet skenen (mendeteksi penyakit) pengobatan dengan memakai magnet dikenal dengan nama magnet terapi (terapi dengan magnet)



Gambar

6.10

Aliran listrik melalui kumparan berinti besi  
lunak kegunaan magnet

#### Suatu Analisa Tentang Magnet Terapi

Pada tubuh manusia ada tegangan listrik dalam orde kecil (mV). adanya listrik oleh karena adanya pompa jantung dan dengan adanya listrik sehingga timbul medan magnet

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Penerbit Andi : Yogyakarta.
- Asmadi, Khayan dan Heru S.B., 2011, *Teknologi Pengolahan Air Minum*, Edisi Pertama, Gosyen Publishing, Yogyakarta
- C. D. Cooper's F. C. Alley's., 2002, *Air Pollution Control*, 3rd Edition, Hardcover.
- Cotton dan Wilkinson. 2007. *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta : UI-Press.
- Fety K. & Yogi S., 2011, *Teknik Praktis Mengolah*, Laskar Aksara, Bekasi-Jawa Barat
- Flack, Van. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam )* Edisi kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Gabriel. J.F, (2001), *Fisika Lingkungan*, Edisi Pertama, Penerbit Hipokrates, Jakarta
- Garneta RB dan Barti SM, 2010, *Korelasi Kualitas Air Dan Insidensi Penyakit Diare Berdasarkan Keberadaan Bakteri Coliform Di Sungai Cikapundung*, Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB
- Graham Rickard, (2001), *Energi Angin dan Air*, CV Dian Artha, Semarang
- Harry O. Buckman, Nyle C. Brady., 1982, *Ilmu Tanah*, PT. Bhratara Karya Aksara, Jakarta
- Monteith, J., 2007, *Principles of Enviromental Physics*, Univ. of Nottingham
- Noor, Djauhari. 2014. *Pengantar Geologi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Oxtoby, David W. 2001. *Prinsip-Prinsip Kimia Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Robin Kerrod., 1983, *Batuan dan Mineral*, Widyadara, Jakarta
- Sears & Zemanski ,*Fisika untuk Universitas*, Penerbit Airlangga
- Smith C, 2011, *Enviromental Physics*.
- Suparno, 2012, *Kajian Kristis Terhadap Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Sedimentasi*, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA UNY, Yogyakarta.
- Sutrisno,C.T., 2006, *Teknologi Penyediaan Air bersih*, Cetakan Keenam., Jakarta: Rhineka Cipta.

Welty, James R. 2004. *Dasar-Dasar Fenomena Transport Edisi Keempat*.  
Jakarta: Erlangga.