

**MODUL PEMBELAJARAN**

**KODE : MK RAD.01/05 ( 40 Jam )**

# **PSIKOMETRIK DAN CHART**

**BIDANG KEAHLIAN : KETENAGALISTRIKAN  
PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK PENDINGIN DAN TATA UDARA**



**PROYEK PENGEMBANGAN PENDIDIKAN BERORIENTASI KETERAMPILAN HIDUP  
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
2003**

## KATA PENGANTAR

Bahan ajar ini disusun dalam bentuk modul/paket pembelajaran yang berisi uraian materi untuk mendukung penguasaan kompetensi tertentu yang ditulis secara sequensial, sistematis dan sesuai dengan prinsip pembelajaran dengan pendekatan kompetensi (*Competency Based Training*). Untuk itu modul ini sangat sesuai dan mudah untuk dipelajari secara mandiri dan individual. Oleh karena itu walaupun modul ini dipersiapkan untuk peserta diklat/siswa SMK dapat digunakan juga untuk diklat lain yang sejenis.

Dalam penggunaannya, bahan ajar ini tetap mengharapkan asas keluwesan dan keterlaksanaannya, yang menyesuaikan dengan karakteristik peserta, kondisi fasilitas dan tujuan kurikulum/program diklat, guna merealisasikan penyelenggaraan pembelajaran di SMK. Penyusunan Bahan Ajar Modul bertujuan untuk menyediakan bahan ajar berupa modul produktif sesuai tuntutan penguasaan kompetensi tamatan SMK sesuai program keahlian dan tamatan SMK.

Demikian, mudah-mudahan modul ini dapat bermanfaat dalam mendukung pengembangan pendidikan kejuruan, khususnya dalam pembekalan kompetensi kejuruan peserta diklat.

Jakarta, 01 Desember 2003  
Direktur Dikmenjur,

Dr. Ir. Gator Priowirjanto  
NIP 130675814

# DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
REKOMENDASI .....	ii
DAFTAR ISI .....	iv
PETA KEDUDUKAN MODUL .....	v
GLOSARRY/PERISTILAHAN	
I PENDAHULUAN	1
A. Deskripsi .....	1
B. Prasyarat .....	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul .....	2
D. Tujuan Akhir.....	3
E. STANDAR KOMPETENSI.....	4
F. Cek Kemampuan .....	6
II PEMBELAJARAN	7
A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT.....	7
B. KEGIATAN BELAJAR. ....	8
Kegiatan Belajar 1	8
A. Tujuan Kegiatan .....	8
B. Uraian Materi .....	8
C. Rangkuman 1 .....	18
D. Tugas 1 .....	20
E. Formatif 1 .....	21
F. Jawaban Test Formatif 1 .....	25
Kegiatan Belajar 2	26
A. Tujuan Kegiatan .....	26
B. Uraian Materi .....	26
C. Rangkuman 2 .....	48
D. Tugas 2 .....	50

E.	Test Formatif 2 .....	52
F.	Jawaban Test Formatif 2 .....	55
G.	Lembar Kerja Praktek.....	56
III	EVALUASI .....	58
IV	PENUTUP .....	65
	DAFTAR PUSTAKA .....	66
	STORYBOARD .....	68

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL .....	iv
PERISTILAHAN .....	viii
I PENDAHULUAN .....	1
A. Deskripsi .....	1
B. Prasyarat .....	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul .....	2
D. Tujuan Akhir.....	3
E. Standar Kompetensi.....	4
F. Cek Kemampuan .....	5
II PEMBELAJARAN .....	6
A. RENCANA BELAJAR SISWA .....	6
B. KEGIATAN BELAJAR. ....	7
<b>KEGIATAN BELAJAR 1</b> .....	7
A. Tujuan Kegiatan .....	7
B. Uraian Materi .....	7
C. Rangkuman .....	25
D. Tes Formatif .....	29
E. Jawaban Tes Formatif .....	32
<b>KEGIATAN BELAJAR 2</b> .....	33
A. Tujuan Kegiatan .....	33
B. Uraian Materi .....	33
C. Rangkuman .....	40
D. Tes Formatif .....	43
E. Jawaban Tes Formatif .....	45
F. Lembar Kerja .....	46

III	EVALUASI .....	47
	KUNCI JAWABAN .....	52
IV	PENUTUP .....	53
	DAFTAR PUSTAKA .....	54
	LAMPIRAN	

## PERISTILAHAN

1. Psikrometrik: Disiplin ilmu yang mempelajari sifat dan karakteristik udara
2. Proses Tata Udara: proses mengkondisi udara ruang untuk keperluan kenyamanan hunian dan untuk penyimpanan makanan.
3. Kandungan uap air: salah satu unsur gas yang dimiliki udara atmosfer.
4. %RH: Perbandingan jumlah kandungan uap air di udara dengan jumlah uap air maksimal.
5. Suhu Titik Embun Batas Suhu permukaan di mana uap air mulai mengembun pada permukaannya.
6. Suhu Bola Kering Terjemahan dari Dry Bulb Temperature
7. Suhu Bola Basah Terjemahan dari Wet Bulb Temperature
8. Panas sensibel Jumlah energi panas yang diperlukan untuk merubah suhu
9. Panas Laten Jumlah energi panas yang diperlukan untuk merubah wujud
10. PSI Satuan tekanan imperial, pound per square inchies
11. kPa Satuan Tekanan, kilo Pascal
12. Tabung Bourbon instrumentasi fisik untuk mengukur tekanan
13. Chart Psikrometrik Chart yang memuat parameter dan sifat udara atmosfer
14. rpm Rotasi per menit

# **I. PENDAHULUAN**

## **DESKRIPSI MODUL**

Dalam upaya mengkondisi udara ruang untuk keperluan pengawetan makanan dan kenyamanan hunian maka hal terpenting yang harus dipahami dan dikuasai oleh para desainer, operator dan teknisi yang bergerak di bidang refrigerasi dan tata udara adalah sifat dan karakteristik udara atmosfer. Modul berjudul Psikrometri dan Chart Psikrometrik ini membahas tentang sifat dan karakteristik udara atmosfer dan bagaimana menggunakan chart psikrometrik untuk keperluan pengujian kondisi ruang penyimpanan makanan. Modul ini merupakan penjabaran dari standar kompetensi K.RAD.01 yaitu Menguji unjuk kerja/operasi system refrigerasi, merupakan modul nomor 5 dari 14 modul yang tersedia.

Total alokasi untuk menyelesaikan modul ini adalah 24 jam.

Tujuan modul ini adalah memberi anda data-data yang memadai dan rincian tentang karakteristik udara atmosfer, bersamaan dengan itu akan dijelaskan pula tentang chart psikrometrik dan penggunaannya. Kemudian akan diberikan pula beberapa contoh pengujian kondisi atmosfer ruangan.

## **PRASYARAT**

Kemampuan awal yang dipersyaratkan untuk mempelajari modul ini adalah telah menyelesaikan modul M.K.RAD.01, M.K.RAD.02, M.K.RAD.03, M.K.RAD.04.

## **PETUNJUK MENGGUNAKAN MODUL**

Penyajian Modul ini dibagi ke dalam empat bab, yaitu

Bab pertama berisi Pendahuluan, yang memuat deskripsi singkat tentang materi dan tujuan modul, petunjuk menggunakan modul, tujuan akhir dan kompetensi yang ingin dicapai, serta pengecekan kemampuan anda. Bab dua berisi Pembelajaran yang harus dilakukan oleh pengguna modul, meliputi tujuan kegiatan pembelajaran, uraian materi dan rangkuman serta tugas-tugas yang harus dikerjakan, kemudian tes formatif dan kunci jawabannya serta lembaran kerja.

Petunjuk bagi siswa:

Untuk dapat dinyatakan lulus, anda harus:

- (a) Menjawab semua pertanyaan dengan benar
- (b) Menyelesaikan semua lembaran kerja yang tersedia dengan benar
- (c) Melakukan tugas praktek secara tepat.
- (d) Mendefinisikan semua terminologi (istilah) yang digunakan dengan benar

Aktivitas yang harus dilakukan siswa adalah:

1. Membaca dan mempelajari bahan referensi
2. Menyelesaikan semua tugas yang diberikan
3. Meminta Guru/pelatih/instructor untuk memeriksa respon saudara
4. Menyelesaikan semua Tes formatif
5. Menyelesaikan evaluasi
6. Sampaikan hasil kegiatan saudara ke guru/pelatih untuk diperiksa dan mendapatkan feed back.

Perlengkapan yang harus disiapkan Guru/pelatih adalah :

1. Chart Psikrometrik
2. Slink Psikrometer

## **TUJUAN AKHIR**

Setelah menyelesaikan modul ini, anda harus mampu :

- (i) Memahami psikrometrik dan chart psikrometrik
- (ii) Membaca dan menggunakan chart psikrometrik untuk keperluan desain, pemeliharaan, dan pengujian kondisi ruang pendinginan

## STANDAR KOMPETENSI

Kode Kompetensi :	K. RAD.01
Kompetensi :	Menguji unjuk kerja/operasi sistem refrigerasi
Kriteria Unjuk Kerja : dipahami	<p>Prinsip dan terminology operasi Sistem Refrigerasi</p> <p>Semua informasi yang relevan ditemukan dan diinterpretasi dengan benar terlebih dahulu pada awal pekerjaan</p> <p>Pengujian sistem refrigerasi dilakukan dengan aman sesuai standar prosedur operasi, kode yang relevan dan peraturan yang berlaku.</p> <p>Suhu dan Tekanan ditentukan dengan tepat dan dicatat</p>
Ruang Lingkup :	<p>Unit ini berkaitan dengan pengujian sistem refrigerasi. Pekerjaan ini dilakukan secara mandiri atau dalam suatu team dalam lingkungan kerja yang menggunakan standar keamanan, mutu dan prosedur bengkel. Mencakup Peralatan Pendinginan dan Tata Udara baik komersial, industrial dan transportasi.</p> <p>Semua pekerjaan dilakukan mengikuti instruksi dan ketentuan serta peraturan yang berlaku. Refrigeran yang digunakan mencakup : HCFC, HFC, HC dan Amonia.</p>
Pengetahuan :	Menjelaskan prosedur pengujian sistem refrigerasi dan peralatan uji yang digunakan serta Menganalisa data pengukuran suhu dan tekanan operasi sistem refrigerasi
Keterampilan :	Menggunakan peralatan uji dan peralatan ukur untuk menentukan performa sistem refrigerasi.
Sikap :	Menggunakan acuan standar yang berlaku dalam melakukan setiap kegiatan pengujian sistem dan komponen refrigerasi industrial.
Kode Modul	M.K.RAD.01 / 05

## CEK KEMAMPUAN

Gunakan tabel berikut ini untuk mengukur apakah anda telah memahami masalah kondisi pengawetan makanan yang diperlukan sebagai pengetahuan pendukung untuk dapat memperoleh kompetensi utama dalam pemeliharaan sistem refrigerasi komersial.

KOMPETENSI / SUB KOMP.	KUK	YA	TIDAK	KET
Menguji unjuk kerja/operasi sistem refrigerasi	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Semua informasi yang relevan ditemukan dan diinterpretasi dengan benar terlebih dahulu pada awal pekerjaan</li><li>2. Prinsip dan terminology operasi Sistem Refrigerasi dipahami</li><li>3. Pengujian sistem refrigerasi dilakukan dengan aman sesuai standar prosedur operasi, kode yang relevan dan peraturan yang berlaku</li><li>4. Suhu dan tekanan ditentukan dengan tepat dan dicatat</li></ol>			

## II. PEMBELAJARAN

### a. RENCANA BELAJAR SISWA

Penyajian Modul ini dibagi ke dalam dua Kegiatan Belajar. Setiap kegiatan belajar dilengkapi dengan Lembaran Kerja yang berupa pertanyaan-pertanyaan (review questions) yang harus dijawab setelah selesai membaca masukan (text) yang relevan dan tes formatif

Pembelajaran pada modul ini diorganisasi sebagai berikut

Kegiatan Belajar	Aktivitas Siswa	Pencapaian	Tanggal
1. Memahami Psikrometrik	Lembaran Informasi Lembaran Kerja Tes Formatif		
2. Membaca dan menggunakan Chart Psikrometrik	Lembaran Informasi Lembaran Kerja Lembaran Tugas Tes Formatif		
Evaluasi			

## **b. KEGIATAN BELAJAR**

Dalam rangka mempermudah pengguna modul menguasai kompetensi sesuai tujuan akhir modul ini, maka disajikan serangkaian pengalaman belajar yang diorganisasikan dalam dua kegiatan belajar, yaitu : Masalah psikrometrik dan cara membaca dan menggunakan Chart psikrometrik.

### **1. Kegiatan Belajar 1**

#### **a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 1**

Setelah menyelesaikan unit ini anda harus mampu memahami psikrometrik untuk keperluan pengujian unjuk kerja/operasi refrigerasi komersial dan industrial.

#### **b. Uraian Materi 1**

##### **1. Proses Tata Udara**

Tata Udara atau Air Conditioning telah memasuki hampir seluruh fase kehidupan modern. Mulai dari keperluan pengawetan dan pemrosesan makanan, keperluan transportasi, keperluan komersial lain seperti perkantoran, supermarket, hotel, restaurant dan gedung pertunjukan sampai untuk keperluan proses produksi di industri misalnya industri kertas , tekstil dan komputer. Tak dapat dibayangkan bagaimana bila dalam kehidupan modern seperti saat ini tanpa adanya peran dan dukungan air conditioning. Air Conditioning telah menjadi suatu industri terpenting di dunia.

Tata Udara (air conditioning) dapat didefinisikan sebagai pengontrolan secara simultan semua faktor yang dapat berpengaruh terhadap kondisi

fisik dan kimiawi udara dalam struktur tertentu. Faktor-faktor tersebut meliputi : suhu udara, tingkat kelembabab udara, pergerakan udara, distribusi udara dan polutan udara. Di mana sebagian besar dari faktor tersebut di atas dapat berpengaruh terhadap kesehatan tubuh dan kenyamanan.

Udara yang telah dikondisi secara tepat dapat hanya merupakan salah satu atau kombinasi dari berbagai pengaturan faktor-faktor di atas. Sebagai contoh : hanya proses pendinginan atau proses pemanasan saja, atau hanya proses sirkulasi udara saja dengan menggunakan fan atau hanya proses penambahan/pengurangan kelembaban udara, atau proses pemurnian (penyaringan) udara agar bebas dari polutan udara atau bahkan kombinasi dari berbagai proses tata udara seperti yang diuraikan di atas.

Menurut fungsinya, tata udara dapat digolongkan menjadi 2 kelas, yaitu:

- (1) Sistem Tata Udara untuk keperluan kenyamanan hunian. Sistem ini bertujuan untuk menciptakan kondisi udara ruang yang kondusif bagi kesehatan, kenyamanan dan efisiensi. Misalnya air conditioning untuk keperluan rumah tinggal, perkantoran, supermarket, perkantoran, hotel, restaurant, rumah sakit dan gedung pertunjukan.
- (2) Sistem Tata Udara untuk keperluan proses produksi di indudtri. Sistem ini bertujuan untuk menciptakan kondisi ruang yang kondusif bagi suatu prose manufaktur di industri. Misalnya air conditioning untuk proses pengawetan makanan, proses pembuatan komponen mikro electronic dan untuk proses pembuatan kertas, benang atau serat sintetis.

## **1.1 Kandungan Uap Air Udara**

Proses Tata Udara pada prinsipnya upaya untuk mengkondisikan cuaca di dalam suatu ruang atau bangunan sesuai keperluan tertentu. Dalam hal ini udara digunakan sebagai mediatornya. Sebelum kita dapat mengkondisi cuaca suatu ruang atau bangunan maka yang pertama-tama harus dikondisi adalah udara yang ada di dalam ruang atau bangunan tersebut. Seperti telah dikemukakan bahwa proses tata udara tidak hanya sekedar memanaskan (heating) dan mendinginkan (cooling) suatu ruang atau bangunan hingga mencapai titik suhu tertentu melainkan mencakup menambah atau mengurangi kandungan uap air di udara termasuk sirkulasi dan penyaringan udara.

Dari semua sifat-sifat udara yang mempunyai efek langsung terhadap proses air conditioning maka kandungan uap air di udara atau kelembaban udara merupakan sifat yang paling penting untuk dipertimbangkan. Uap air selalu ada di dalam setiap udara atmosfer dan jumlahnya dapat berpengaruh langsung terhadap kenyamanan. Suatu studi yang membahas tentang karakteristik campuran udara kering dan uap air disebut : Psikrometrik.

Kandungan uap air di udara bervariasi di setiap lokasi atau daerah. Di Daerah yang memiliki empat musim biasanya memiliki udara yang sangat kering artinya jumlah kandungan uap airnya sangat rendah. Di daerah tropis seperti Indonesia, kandungan uap air di udara sangat tinggi sehingga udaranya lembab dan dapat mengurangi kenyamanan. Dalam prakteknya, maka pengaturan jumlah kandungan uap air ini merupakan faktor yang memiliki kesulitan lebih tinggi dibandingkan dengan pengaturan suhu.

### **Struktur Udara Atmosfir**

Udara atmosfer pada hakekatnya merupakan campuran dua jenis gas dengan konsentrasi : 22 persen oksigen dan 74 persen nitrogen. Sisanya merupakan campuran berbagai gas antara lain, karbon dioksida dan

karbon monoksida, ozon, neon dan gas lain yang tidak mempunyai sifat khusus.

Ozon ( $O_3$ ) merupakan gas yang tercipta akibat adanya proses kimiawi pelepasan muatan listrik oleh awan atau akibat terjadinya petir termasuk juga pelepasan muatan yang ada di seputar peralatan listrik.

Neon adalah gas berwarna yang sering digunakan pada setting lampu reklame.

Carbon monoksida dapat muncul ke atmosfer bila terjadi pembakaran karbon yang tidak sempurna, misalnya dari tungku atau dapur api dan motor bakar. kandungan gas ini di udara sebesar 1% saja sudah dapat berakibat fatal bagi kehidupan manusia.

Oksigen ( $O_2$ ) merupakan gas yang paling penting untuk menjaga kehidupan manusia sedang nitrogen merupakan inert gas yang berfungsi sebagai diluting oksigen.

### **Campuran Uap air dan Udara**

Seperti namanya uap air adalah bentuk gas dari air pada suhu di bawah titik uap air, yang nilainya tergantung pada tekanan atmosfer. pada suhu dan tekanan barometer tertentu dapat berwujud gas atau liquid. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya formasi awan dan kabut. Kandungan uap air di udara dapat mencapai 3 % dari total volume udara dan cuaca panas yang lembah. Uap air dapat menguap pada tekanan yang sangat rendah. Misalnya, pada tekanan 29 inchi mercury di bawah nol maka uap air akan menguap pada suhu 27 derajat celcius.

Jumlah kandungan uap di udara berpengaruh terhadap kelembaban udara. Kelembaban udara di suatu tempat dapat bertambah tinggi bila konsentrasi uap air di tempat tersebut ditambah. Dan sebaliknya bila konsentrasi uap airnya

dikurangi maka tingkat kelembabannya akan turun. Pengurangan dan penambahan kandungan uap air di udara ruang merupakan salah satu kegiatan pengkondisian udara untuk kenyamanan. Karena tingkat konsentrasi uap air yang terkandung di udara ruang dapat berpengaruh terhadap kenyamanan penghuninya.

Untuk mengukur jumlah kandungan uap air di udara digunakan satuan grains. Di mana grain uap air adalah berat kandungan uap air di udara per kaki kubik. Jadi grain adalah satuan berat uap air, di mana 7000 grain = 1 pound.

## **1.2 Kelembaban Relatif**

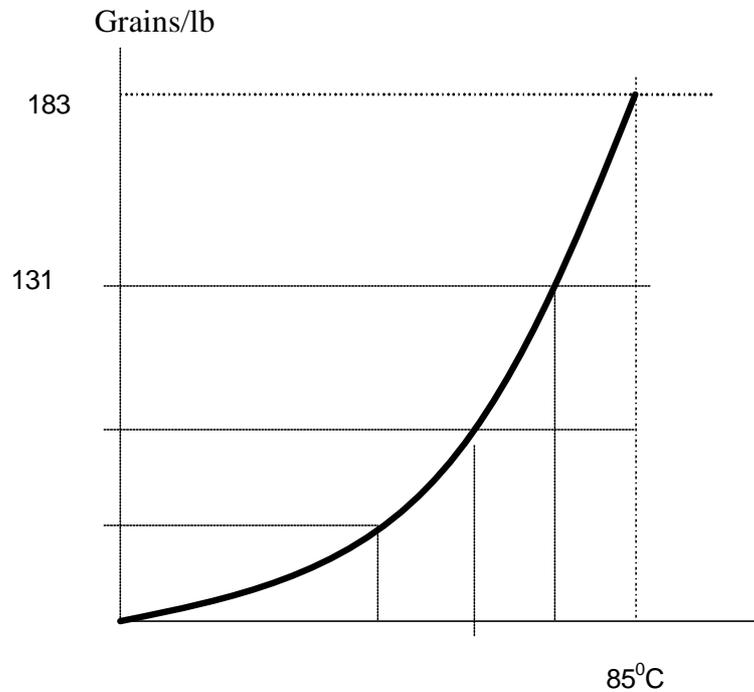
Untuk keperluan praktis, maka ukuran jumlah kandungan uap air di udara tidak dinyatakan dalam harga mutlak tetapi digunakan satuan relatif yaitu yang disebut sebagai : kelembaban relatif.

Kelembaban relatif atau relative humidity dapat didefinisikan sebagai perbandingan besarnya jumlah uap air maksimal yang dapat terjadi pada suatu titik suhu tertentu. Jadi kelembaban udara di suatu ruang dapat dapat ditentukan dengan cara membagi jumlah kandungan uap air yang ada pada ruang tersebut dengan jumlah uap air maksimal yang dapat dicapai pada suhu tersebut dalam keadaan jenuh. Biasanya besarnya kelembaban relatif diukur dalam persen.

Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 1.1. yang memperlihatkan kurva saturasi udara atmosfer. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kandungan uap air berbanding lurus dengan suhu udara. Semakin tinggi suhu udara semakin tinggi besar pula kandungan uap airnya. Sebagai contoh, pada suhu 85 derajat Fahrenheit kandungan uap air maksimal mencapai 183 grains per pound udara.

Ruang yang mempunyai kandungan uap air mencapai harga maksimal seperti tersebut di atas dikatakan mempunyai kelembaban relatif sebesar : 100 % RH. Tetapi bila ruangan tersebut yang bersuhu 85 derajat Fahrenheit dan kemudian kandungan uap airnya dikurangi hingga mencapai 131 grains per pound, maka

kelembaban relatifnya turun menjadi : 60 % RH. Harga ini diperoleh dengan membagi nilai kandungan uap air aktual dengan kandungan uap air maksimal dikalikan dengan 100%.



Gambar 1.1 Kurva Saturasi Udara

### 1.3 Suhu Titik Embun

Pada titik suhu tertentu maka uap air yang terkandung di udara ruang akan merubah wujud menjadi liquid atau mengembun. salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan pengkondisian ruangan adalah : suhu titik embun.

Suhu titik embun adalah suhu udara pada tekanan atmosfer di mana uap air di udara mulai mengembun merubah wujud menjadi titik-titik embun. Penerapan dari fenomena ini dapat ditemukan di almari es. Dengan dipasangnya mullion heater yaitu pemanas yang diletakkan di sepanjang

pintu almari es maka dinding almari es tidak menjadi basah akibat mengembunnya uap air yang terkandung di udara sekitarnya.

#### **1.4 Suhu Bola Kering**

Thermometer yang lazim digunakan untuk mengukur suhu adalah thermometer bola kering. Bila sensor panas (bulb) Thermometer yang digunakan untuk mengukur suhu dijaga dalam kondisi kering maka thermometernya disebut sebagai thermometer bola kering.

Hasil pengukuran suhu dengan alat ini disebut sebagai : Suhu Bola Kering. Dalam keadaan biasa , bila ukuran suhu tersebut tidak diberi penjelasan khusus maka dianggap sebagai ukuran bola kering. Sebagai contoh :  $20^{\circ}\text{C}$  bola kering atau cukup dengan :  $20^{\circ}\text{C}$ .

#### **1.5 Suhu Bola Basah**

Bila sensor panas (bulb) thermometer yang digunakan sengaja dikondisikan menjadi basah, yaitu sengaja ditutup oleh kain yang higroskopis maka ukuran suhu yang diperoleh disebut sebagai ukuran suhu bola basah. Dalam kondisi biasa maka adanya cairan yang melingkupi sensor panas ini maka penunjukan skala suhu bola basah akan lebih rendah dengan penunjukan suhu bola kering. Tetapi bila kandungan uap air di udara mencapai titik maksimalnya (titik jenuh) maka penunjukkan kedua jenis thermometer tersebut menjadi sama.

Dalam keadaan jenuh maka cairan yang ada disekeliling bulb thermometer tidak dapat menguap lagi sehingga penunjukkan thermometer basah menjadi sama dengan thermometer bola kering. Tetapi bila kondisi udara ruang belum mencapai saturasi maka penunjukkan thermometer bola basah selalu lebih rendah dari bola kering, akibat adanya efek penguapan cairan yang terjadi pada thermometer bola basah.

## **2. Proses Transfer Panas**

Dilihat dari prosesnya maka tata udara merupakan proses tranfer panas. Proses transfer panas ini berlangsung melalui suatu medium yaitu udara. Misalnya untuk menurunkan suhu udara suatu ruang maka udara yang bersuhu lebih dingin disalurkan ke dalam ruang tersebut. Udara dingin diperoleh dengan menyalurkan udara yang bersuhu lebih panas melauai coil pendingin atau chilled water.

Dalam hal ini energi panas yang ada di udara yang bersuhu lebih tinggi tersebut dipindahkan ke air dingin di dalam chiller melalui kontak langsung dengan permukaan coil pendingin yang dingin. Akibatnya udara yang telah melewati coil pendingin menjadi dingin, sebaliknya air yang ada di dalam coil pendingin menjadi lebih hangat.

Untuk memperoleh penjelasan yang konseptual berkaitan dengan penanganan atau pengkondisian udara ruang, maka diperlukan pemahaman tentang karakteristik thermal dan karakteristik fisik udara.

Karena proses tata udara berkaitan erat dengan proses pemindahan panas, maka perlu memahami fenomena-fenomena fisik dan thermis berikut ini :

- (a) Panas adalah suatu bentuk energi yang aktif, seperti energi listrik.
- (b) Panas dapat dipindahkan melalui 3 cara, yaitu : Konduksi, konveksi dan radiasi.
- (c) Konduksi adalah pemindahan panas melalui benda padat, di mana enegi panasnya dipindahkan dari satu molukul ke molukul lain dari benda tersebut. Contoh, pemindahan panas melalui sepotong besi.

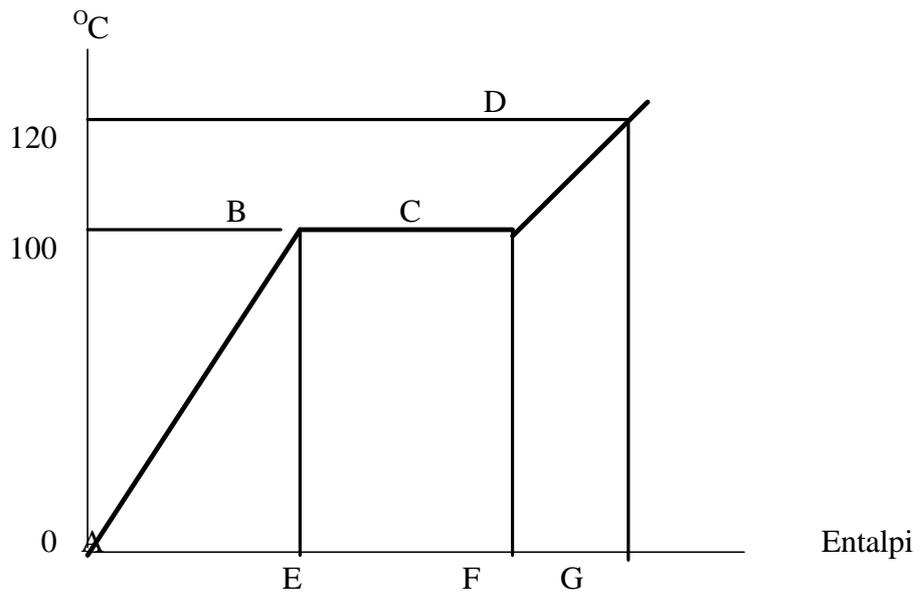
- (d) Konveksi adalah pemindahan panas melalui benda cair dan gas. Di mana molukul-molukul benda membawa energi panas dari satu titik ke titik lainnya. Contoh, pemindahan panas di dalam air.
- (e) Radiasi adalah pemindahan panas melalui gerakan gelombang cahaya dan gelombang elektromagnetik melalui medium transparan tanpa berpengaruh terhadap pemanasan mediumnya. Contoh Sinar matahari.
- (f) Panas Sensibel, adalah jumlah energi panas (dalam satuan BTU) yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan suhu benda. Jadi untuk menaikkan atau menurunkan suhu suatu benda dibutuhkan sejumlah energi panas.
- (g) Panas Spesifik, yaitu energi panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda sebesar satu derajat fahrenheit untuk setiap pound berat benda. Tabel 1 memperlihatkan tabel panas spesifik beberapa benda berikut panas latennya.
  - (h) Panas laten, yaitu jumlah energi panas yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan wujud benda. Misalnya, bila air diubah wujudnya menjadi gas atau uap, maka diperlukan sejumlah panas yang disebut sebagai panas laten. Dalam hal ini dibedakan panas laten penguapan dan panas laten pengembunan. Selama proses perubahan wujud tersebut maka suhu benda tidak berubah.

Tabel 1 Panas Spesific dan Panas Laten

Nama Benda	Panas Spesific	Panas Laten
1. Air	4,19 (evaporasi)	335 (kondensasi)
2. Air		2257 (evaporasi)
3. Daging sapi	3,14 (segar)	
4. Daging sapi	1,67 (beku)	228
5. Brokoli	3,77 (segar)	

6. Brokoli	2,01 (beku)	314
7. Melon	3,81 (segar)	
8. Melon	1,92 (beku)	267

Untuk lebih mendalami permasalahan tersebut, diberikan diagram suhu/enthalpi dari air yang dipanaskan hingga berubah menjadi gas.



Gambar 1.2 Diagram Suhu/Enthalpi air

**PENJELASAN :**

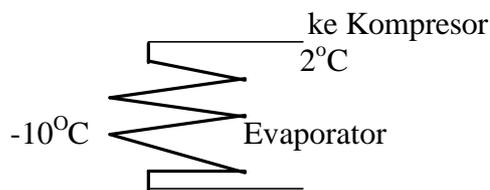
Garis A-B memperlihatkan proses pemanasan air hingga mencapai titik didih air pada tekanan atmosfer. Dalam proses ini panas yang diambil hanya untuk merubah suhu sehingga disebut : panas sensibel. (A-E)

Garis B-C memperlihatkan proses pemanasan untuk merubah wujud air menjadi gas. Oleh karena itu energi panas yang diambil disebut : panas laten. (E-F).

Selama proses perubahan wujud energi panas yang diserap semata-mata hanya untuk perubahan wujud, sehingga suhu air tidak berubah. Pada kondisi ini disebut saturasi gas/liquid.

Garis C-D memperlihatkan proses pemanasan untuk menaikkan suhu uap lanjut, oleh karena itu kondisi uapnya disebut uap panas lanjut atau superheat gas. Energi panas yang diserap merupakan panas sensibel.

- (i) Superheat, adalah istilah yang lazim digunakan pada pengaturan katub ekspansi thermostatik. Secara fisik superheat adalah panas sensibel yang diserap oleh liquid refrigeran untuk menaikkan suhunya tanpa perubahan tekanan yang berarti pada saat ia berubah wujud menjadi gas. Bila suhu evaporasi sebesar 10 derajat dibawah nol dan suhu gas refrigeran hasil evaporasi sebesar 2 derajat di atas nol berarti refrigerannya mempunyai superheat sebesar 12 derajat.



- (j) Hubungan Tekanan dan Suhu Gas, merupakan fenomena yang sangat menarik seperti yang dinyatakan dalam Hukum Charles. Bahwa Tekanan dan suhu gas mempunyai hubungan positif artinya bila suhu gas naik maka tekanannya juga naik demikian pula sebaliknya.

Tetapi pada suhu 455 derajat fahrenheit di bawah nol, hubungan itu tidak berlaku lagi. Oleh karena itu suhu sebesar -455°F, disebut sebagai titik nol absolut untuk skala Fahrenheit. Hal ini dilakukan agar tidak bertentangan dengan hukum konservasi energi yang menyatakan bahwa suatu materi tidak dapat dibuat atau dilenyapkan. Bila ditransfer ke skala Celcius maka titik nol absolut menjadi -273°C.

Konversi skala Fahrenheit ke skala Celcius, dilakukan dengan formula :

$$t_C = 5/9 (t_F - 32)$$

Konversi skala Celcius ke fahrenheit :

$$t_F = 9/5 \times t_C + 32$$

Fenomena lain yang berhubungan dengan karakteristik gas adalah hubungan antara volume dan tekanan gas yang dinyatakan dalam Hukum Boyle. Bahwasanya pada suhu konstan, maka volume gas pada berat tertentu berbanding terbalik dengan tekanannya. Semakin tinggi tekanan gas maka semakin rendah volumenya, demikian pula sebaliknya. Secara matematis dituliskan sebagai berikut :

$$P \times V = p \times v$$

Di mana : P adalah tekanan pada volume V

p adalah tekanan pada volume v

Bila diterapkan pada refrigeran maka Hukum Boyle tidak selamanya benar. Sebab gas refrigeran sangat mudah mengembun dan berubah menjadi liquid.

Dapat dibuktikan, bila suhu refrigeran pada berat tertentu dibuat konstan dan tekanannya dinaikkan, maka pada suatu titik tertentu gas refrigeran tersebut berubah menjadi liquid. Selanjutnya titik suhu di mana gas refrigeran berubah menjadi liquid disebut suhu titik embun.

Dari kedua fenomena tersebut, dapat disimpulkan bahwa ada hubungan khusus antara tekanan, suhu dan volume gas. Kemudian Charles dan Boyle menggabungkannya dalam Hukum Boyle dan Charles, yaitu :

$$\frac{P \times V}{T} = \frac{p \times v}{t}$$

Di mana :

P dan p dinyatakan dalam tekanan absolut dengan skala PSI

V dan v dinyatakan dalam kakikubic

T dan t dinyatakan dalam suhu absolut

Bila tekanan, suhu atau volume gas berubah, maka akan terjadi kondisi baru sesuai persamaan di atas. Tetapi bila suhu gas dinaikkan hingga mencapai titik tertentu di mana tekanannya juga mengikutinya, maka akan tercapai kondisi bahwa gas tersebut tidak mungkin berubah menjadi liquid. Titik tersebut disebut sebagai suhu dan tekanan kritis

## 2.1 Pengukuran Suhu

Adanya suhu yang berbeda-beda pada suatu benda atau materi menunjukkan adanya intensitas energi panas pada benda tersebut tetapi tidak dapat menunjukkan berapa besar energi panas yang dikandungnya. Hal ini dapat dibuktikan pada heater yang menggunakan gas. Nyala pilot flame pada gas heater dapat mempunyai suhu yang sama dengan main burner flamenya.

Tetapi kenyataannya, main burnernya memberikan panas yang lebih besar daripada pilot flamenya. dari fenomena tersebut dapat dikatakan bahwa suhu merupakan besaran yang relatif. Maksudnya suatu titik suhu tertentu

dapat dirasakan sebagai panas oleh seseorang tetapi dapat pula dirasakan dingin oleh yang lainnya.

Instrumen yang dapat digunakan untuk mengukur suhu disebut : Thermometer. Instrumen ini memanfaatkan efek panas yang dideteksi oleh air raksa (mercury). Selanjutnya ekspansi atau kontraksi mercury ini dikalibrasi pada skala suhu tertentu.

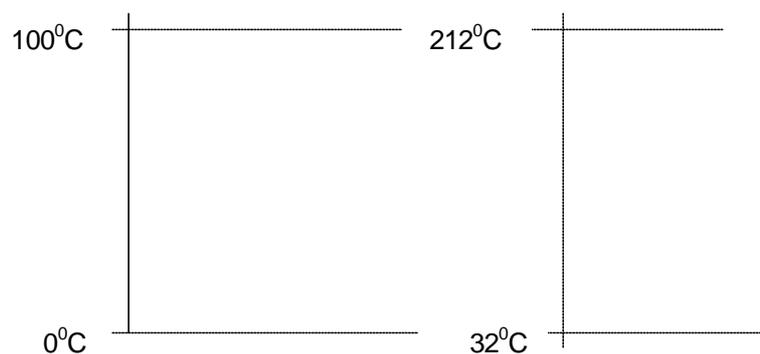
Skala suhu yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

Di Inggris digunakan skala Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ )

Di Perancis digunakan skala Centigrade atau Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ )

Di Jerman digunakan skala Reamur

Tetapi yang banyak digunakan secara nasional adalah skala Fahrenheit dan skala Celcius. Gambar 1.2 memperlihatkan perbandingan kedua skala tersebut.



Gambar 1.2 Perbandingan Skala Fahrenheit dan Skala Celcius

## **2.2 Pengukuran Tekanan**

Tekanan adalah gaya yang menekan di atas permukaan benda atau materi padat, cair dan gas per satuan luas. Atmosfir kita dipenuhi oleh udara. Udara sebagai benda yang berbentuk gas mempunyai berat. Oleh karena itu udara mempunyai tekanan yang dapat kita rasakan. Instrumen sederhana untuk mengukur besarnya tekanan udara atmosfer adalah : Barometer. Barometer berbentuk tabung gelas berskala sepanjang 30 inchi yang diisi mercury. Kemudian dicelupkan secara terbalik ke dalam mangkok yang berisi mercury. Pada kondisi tersebut terjadi kolom mercury di dalam tabung setinggi 29,96 inchi atau 76 cm. Selanjutnya kolom mercury sebesar 29,96 inchi ini dijadikan standar tekanan atmosfer atau tekanan barometer.

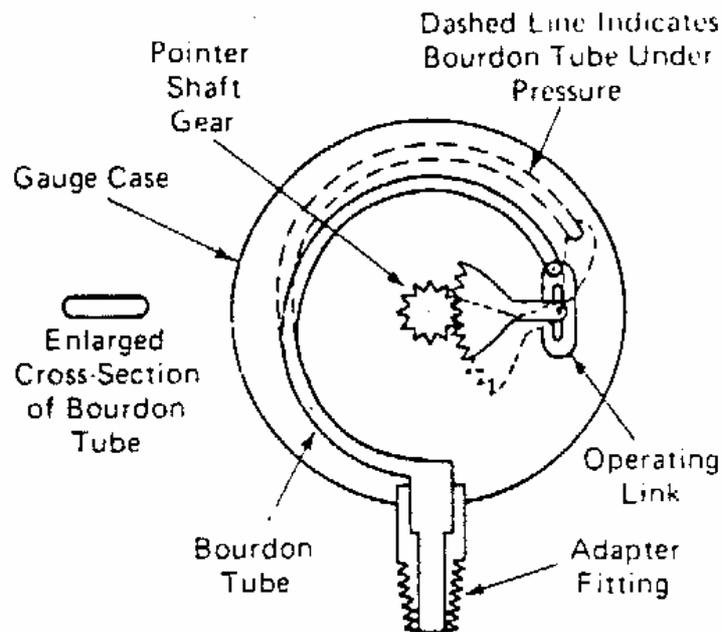
$$1 \text{ Bar} = 1 \text{ Atm} = 76\text{cm mercury} = 100 \text{ kpa} = 15 \text{ PSI}$$

Kpa : Kilo Pascal sedang

PSI : Pound per Square Inchies.

Untuk keperluan praktis maka dapat digunakan ukuran tekanan berdasarkan penunjukkan meter tekanan (gauge) atau berdasarkan ukuran tekanan absolutnya.

Sesuai dengan perjanjian internasional maka Tekanan atmosfer rata-rata di atas permukaan laut adalah 100 kPa atau sebesar 15 PSI. Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan liquid atau gas yang ada di dalam suatu tabung atau bejana adalah : Pressure Gauge. Prinsip bekerjanya meter tersebut diperlihatkan di dalam gambar 1.4 yang menggunakan tabung Bourdon.



### Bourdon Tube Principle

Gambar 1.4 Prinsip Tabung bourdon.

Perubahan tekanan yang dideteksi oleh tabung Bourdon akan menyebabkan tabungnya bergerak. Kemudian gerakan tabung tersebut ditransmisikan untuk menggerakkan jarum meter. Biasanya skala meter tekanan ini dikalibrasi dalam beberapa ukuran antara lain : PSI, kPa, Bar ad  $\text{Kg/cm}^2$ .

Tekanan gauge merupakan ukuran relatif. Misalnya meter gauge menunjukkan skala : 0 PSI. Ini bukan berarti di dalam bejana yang diukurnya vakum atau tidak ada gas. Secara absolut di dalam bejana yang diukurnya masih ada gas tetapi tekanannya sama dengan tekanan atmosfer atau 1 Bar. Tekanan tersebut disebut sebagai tekanan absolut.

Dari fenomena tersebut maka dapat ditentukan hubungan antara tekanan gauge dan tekanan absolut, yaitu :

$$\text{Tekanan (absolut)} = \text{Tekanan (atmosfir)} + \text{Tekanan (gauge)}$$

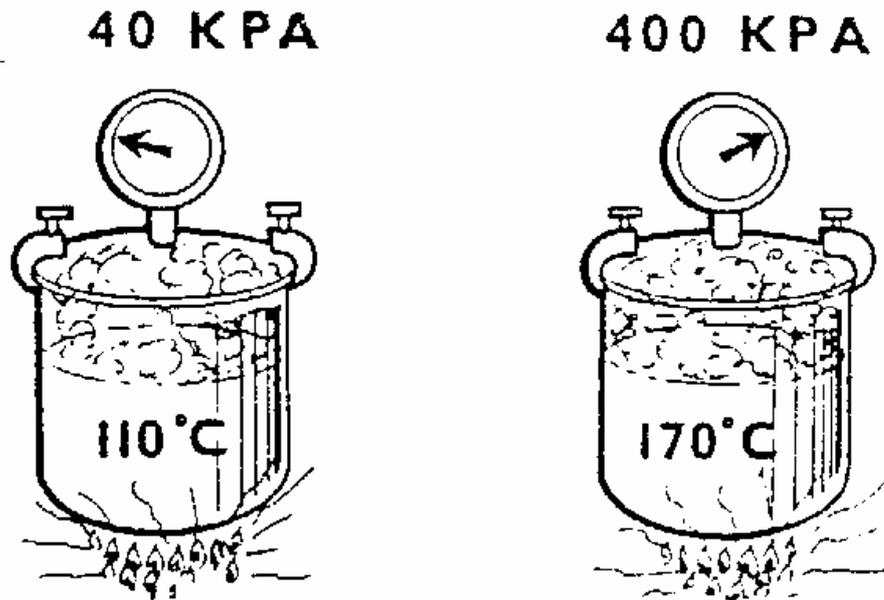
**Latihan :**

Tentukan Perbandingan tekanan absolut dan tekanan gauge berikut ini :

Takanan Gauge	Tekanan Absolut
200 kPa	.....
100 kPa	.....
0 kPa	.....
25 PSI	.....
15 PSI	.,.....

**3 Pengaruh Tekanan terhadap Perubahan Wujud Benda**

Pada ketinggian standar di atas permukaan laut, yaitu pada tekanan 100 kPa, maka air akan mendidih pada suhu 100 derajat Celsius. Tetapi bila tekanan air turun di bawah 100 kPa maka, misalnya pada ketinggian 3000 meter di atas permukaan laut, maka air akan mendidih pada suhu 89 derajat Celsius. Sebaliknya bila tekanan air di atas 100 kPa, misalnya memasak air di dalam pressure cooker yang tekanannya mencapai 400 kPa maka titik didih air meningkat menjadi 170 derajat Celsius.



Gambar 1.5 Pengaruh tekanan terhadap perubahan wujud

**c. Rangkuman 1**

1. Sistem Tata Udara dapat dikalsifikasikan ke dalam dua kelompok, yaitu: untuk keperluan kenyamanan hunian, dan untuk pengawetan makanan atau proses produksi.
2. Proses tata udara pada prinsipnya mengontrol atmosfer ruang sehingga disesuaikan dengan kebutuhan.
3. Kandungan uap di udara dapat menacapai 3% dari total volume udara dan cuaca panas yang lembab.

4. Uap air dapat menguap pada suhu kamar bila tekanan udara dalam kamar tersebut mencapai 29 inchi Hg.
5. Untuk mengukur jumlah kandungan air air digunakan satuan gram/kg atau grain/lb. Di mana 7000 grain = 1 pound (lb).
6. Kelembaban relative (%RH) adalah perbandingan besarnya jumlah uap air dan jumlah uap air maksimal yang dapat terjadi pada suatu titik tertentu. Bila uap air udara mencapai titik jenuhnya maka dikatakan mempunyai 100% RH
7. Suhu titik embun adalah suhu tertinggi pada suatu bidang yang menyebabkan uap air mengembun.
8. Pengkondisian udara pada hakekatnya merupakan proses pemindahan energi panas. Pemindahan panas ini melalui medium udara.
9. Panas dapat berpindah melalui konduksi, konveksi dan radiasi.
10. Tekanan absolute adalah tekanan gauge + tekanan atmosfer.
11. Tekanan dapat berpengaruh terhadap perubahan wujud benda.

**d. Tugas**

1. Apakah Psikrometrik itu, Jelaskan ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....  
.....

2. Sebutkan faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap pengkondisian udara ruang ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Jelaskan apa perbedaan antara suhu bola kering dan suhu bola basah?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Jelaskan hubungan antara suhu ruang dan kandungan uap air?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Apa yang dimaksud dengan suhu titik embun?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

6. Jelaskan perbedaan kelembaban udara absolut dan kelembaban udara relatif?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

7. Bagaimana cara mengukur kelembaban udara ruang?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

8. Mengapa tubuh kita tidak nyaman pada kondisi udara ruang yang mempunyai kelembaban tinggi?

.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....

9. Bagaimana reaksi tubuh bila berada pada ruang yang mempunyai kelembaban udara dangat rendah?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

10. Apakah tabung bourbon itu?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**e. Test Formatif**

Berilah Tanda Silang pada pilihan jawaban yang paling Benar.

1. Psikrometrik adalah ilmu yang mempelajari tentang
  - a. karakteristik uap air
  - b. karakteristik udara
  - c. karakteristik refrigeran
  - d. semuanya benar

2. Yang termasuk proses dalam tata udara adalah
  - a. Heating
  - b. Cooling
  - c. Dehumidifying
  - d. Semuanya benar
3. Dehumidifier adalah proses
  - a. proses penurunan suhu udara
  - b. proses penambahan suhu udara
  - c. proses pengurangan moisture content
  - d. proses penambahan uap air
4. Hubungan antara suhu ruang dan tingkat kelembabannya.
  - a. semakin tinggi suhu semakin rendah kelembabannya
  - b. semakin rendah suhu semakin tinggi kelembabannya
  - c. semakin tinggi suhu semakin tinggi kelembabannya
  - d. semakin rendah kelembaban semakin tinggi suhu udaranya
5. Suhu dimana uap air mulai mengembun disebut
  - a. suhu bola bash
  - b. suhu bola kering
  - c. suhu titik uap
  - d. suhu titik embun
6. Kelembaban udara absolut adalah
  - a. jumlah kandungan uap air di udara ruang yang diukur dalam gram per kilogram berat udara.
  - b. %RH
  - c. DPT
  - d. Semua benar
7. Alat pengukur kelembaban udara adalah
  - a. higrometer

- b. thermometer
  - c. humidistat
  - d. humidimeter
8. Kondisi nyaman untuk tubuh manusia adalah
- a. antara 20 –25 °C dan 60% RH
  - b. antara 20 –25 °C dan 80% RH
  - c. antara 20 –25 °C dan 40% RH
  - d. semua benar
9. Pengaruh kelembaban yang terlalu tinggi terhadap manusia adalah
- a. terasa lebih segar dan nyaman
  - b. terasa lebih sehat
  - c. terasa lebih gerah dan berkeringat
  - d. terasa lebih panas tetapi susah berkeringat
10. Kenapa kita merasa haus bila berada di dalam ruang yang kelembabannya rendah
- a. mengalami dehidrasi
  - b. mengalami trauma
  - c. mengalami kedinginan
  - d. semua benar
11. Suhu titik uap akan turun bila berada pada daerah
- a. Dataran rendah
  - b. Dataran tinggi
  - c. Permukaan laut
  - d. a dan b benar
12. Berapa tekanan absolut R12, bila tekanan yang ditunjukkan oleh gauge manifold adalah 180 psi
- a. 180 psi
  - b. 165 psi
  - c. 195 psi
  - d. 175 psi
13. Pernyataan yang paling benar adalah

- a. pada suhu konstan, volume pada berat tertentu berbanding terbalik dengan tekannya.
  - b. pada suhu konstan, volume pada berat tertentu berbanding lurus dengan tekannya.
  - c. pada suhu konstan, volume udara berbanding terbalik dengan tekannya.
  - d. pada suhu konstan, volume pada berat tertentu tidak berubah.
14. Semakin tinggi tekanan gas maka
- a. semakin tinggi volumenya
  - b. semakin rendah volumenya
  - c. semakin tinggi berat masanya
  - d. a dan c benar
15. Energi panas yang diperlukan untuk merubah wujud benda disebut
- a. panas penguapan
  - b. panas sensible
  - c. panas latent
  - d. panas kondensasi

**e. Kunci Jawaban**

- 1. b
- 2. d
- 3. c
- 4. b
- 5. d
- 6. a

- 7. c
- 8. a
- 9. c
- 10. a
- 11. b
- 12. c
- 13. a
- 14. b
- 15. c

## **2. Kegiatan Belajar 2**

### **a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 2**

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, diharapkan peserta mampu membaca Chart psikrometrik dan menggunakannya untuk keperluan pengujian operasi dan unjuk kerja sistem refrigerasi dan tata udara.

### **b. Uraian Materi 2**

## **1. Chart Psikrometrik**

Chart psikrometrik merupakan hasil karya jenius peninggalan kakek moyang kita yang berhubungan dengan karakteristik udara. Dengan adanya chart ini maka perencanaan tata udara menjadi lebih sederhana, karena tidak perlu menggunakan hitungan matematis yang rumit. Chart psikrometrik merupakan tampilan secara grafikal sifat termodinamik udara antara lain suhu, kelembaban, enthalpi, kandungan uap air dan volume spesifik. Dalam chart ini dapat langsung diketahui hubungan antara berbagai parameter udara secara cepat dan persisi, baik yang berkaitan dengan sifat fisik udara maupun sifat termiknya.

### **1.1 Definisi Istilah dan Plotting pada Chart**

Berikut ini dijelaskan tujuh parameter udara terpenting yang digunakan untuk keperluan perancangan air conditioning. Chart yang digunakan sebagai acuan adalah chart psikrometrik yang disusun oleh Carrier dengan mengacu pada kondisi atmosfer normal.

#### **Dry-bulb Temperature (DB)**

DB adalah suhu udara ruang yang diperoleh melalui pengukuran dengan Sling Psikrometer pada thermometer dengan bulb kering. Suhu DB diplotkan sebagai garis vertikal yang berawal dari garis sumbu mendatar yang terletak di bagian bawah chart. Suhu DB ini merupakan ukuran panas sensibel. Perubahan suhu DB menunjukkan adanya perubahan panas sensibel.

#### **Wet-bulb Temperature (WB)**

WB adalah suhu udara ruang yang diperoleh melalui pengukuran dengan Sling Psikrometer pada thermometer dengan bulb basah. Suhu WB diplotkan sebagai garis miring ke bawah yang berawal dari garis saturasi yang terletak di bagian samping kanan chart. Suhu WB ini merupakan ukuran panas total (enthalpi). Perubahan suhu WB menunjukkan adanya perubahan panas total.

Dew-point temperature (DP)

Suhu DP adalah suhu di mana udara mulai menunjukkan aksi pengembunan ketika didinginkan. Suhu DP ditandai sebagai titik sepanjang garis saturasi. Pada saat udara ruang mengalami saturasi (jenuh) maka besarnya suhu DB sama dengan suhu WB demikian pula suhu DP. Suhu DP merupakan ukuran dari panas laten yang diberikan oleh sistem. Adanya perubahan suhu DP menunjukkan adanya perubahan panas laten atau adanya perubahan kandungan uap air di udara.

Specific Humidity (W)

Specific humidity adalah jumlah kandungan uap air di udara yang diukur dalam satuan grains per pound udara. ( 7000 grains = 1 pound) dan diplotkan pada garis sumbu vertikal yang ada di bagian samping kanan chart.

Relative Humidity (% RH)

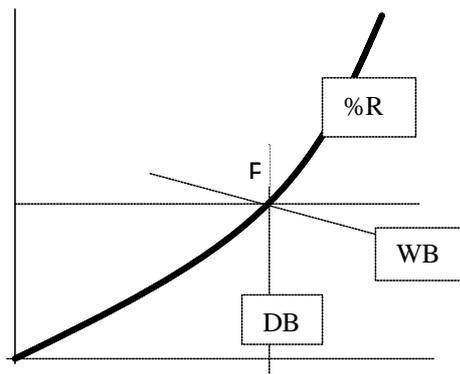
% RH merupakan perbandingan jumlah actual dan jumlah maksimal (saturasi) dari uap air yang ada pada suatu ruang atau lokasi tertentu. 100% RH berarti saturasi dan diplotkan menurut garis saturasi. Untuk ukuran yang lebih kecil diplotkan sesuai arah garis saturasi.

Enthalpi (H)

Enthalpi adalah jumlah panas total dari campuran udara dan uap air di atas titik nol. Dinyatakan dalam satuan BTU per pound udara. Harga enthalpi dapat diperoleh sepanjang skala di atas garis saturasi

## **1.2 Cara membaca Chart**

Gambar 2.1 memperlihatkan suatu kondisi udara (titik P) yang parameternya diplotkan pada chart psikrometrik yang disederhanakan untuk mempermudah. Bila hanya dua parameter yang diketahui maka kedua parameter tersebut diplotkan pada chart sehingga ketemu titik potongnya (misalnya titik P). kemudian dari titik potong tersebut dapat ditentukan parameter lainnya.



Gambar 2.1 Plotting Psikrometrik Chart

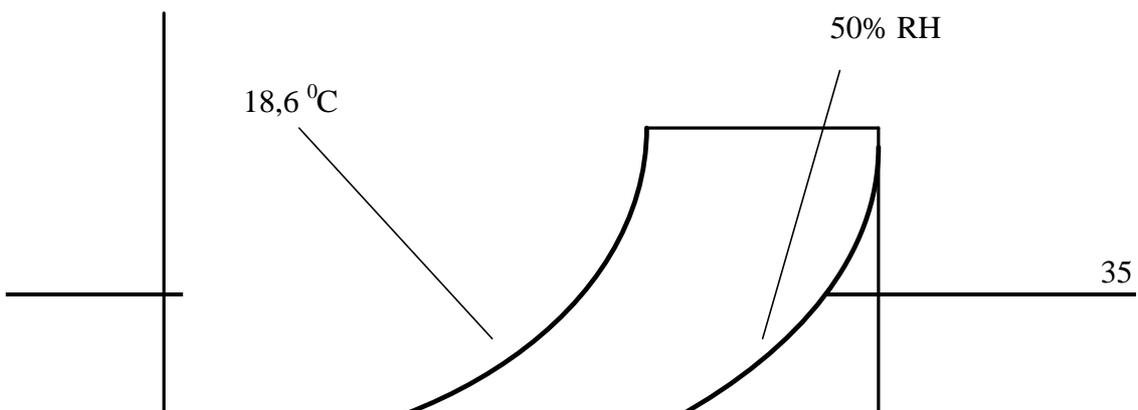
Contoh Penggunaan :

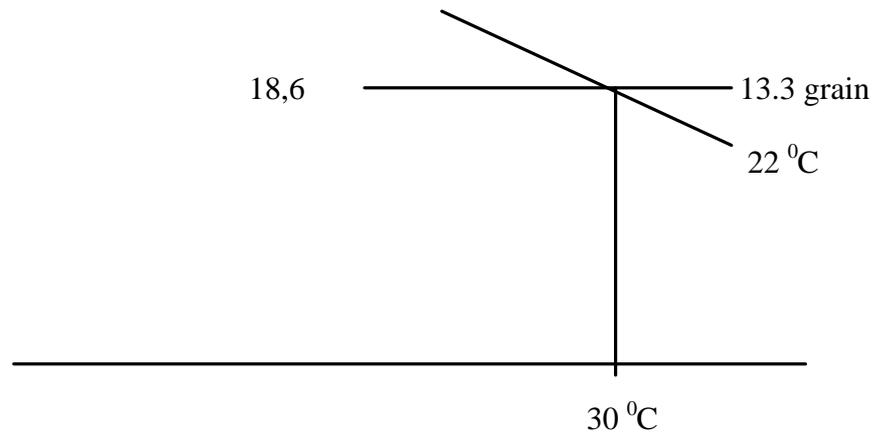
Suatu ruangan mempunyai data sebagai berikut :

- Suhu Bola kering :  $30^{\circ}\text{C}$
- Suhu Bola basah :  $22^{\circ}\text{C}$

Tentukan : suhu titik embun, % RH dan kandungan uap airnya ?

Petunjuk : Untuk mempermudah mencari solusi dari kasus di atas maka diperlukan keterampilan membaca chart psikrometrik. Dalam kesempatan ini, untuk mempermudah pembacaan maka digunakan chart yang sudah disederhanakan.





Gambar 2.2 Sketsa Plotting pada Chart Psikrometrik

Prosedur :

Plot kan nilai kedua suhu tersebut pada chart psikrometrik. Di mana Skala suhu bola kering terletak di garis mendatar bawah dan suhu bola basah miring diagonal. Kemudian proyeksikan kedua nilai tersebut di atas hingga saling berpotongan.

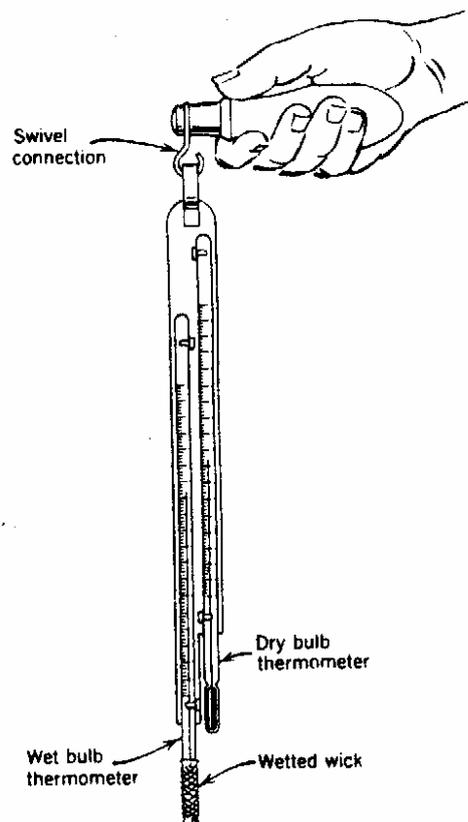
Titik perpotongan dari kedua proyeksi nilai suhu tersebut merupakan titik penentuan untuk mencari parameter yang ditanyakan.

- Suhu titik embun didapat dengan menarik garis dari titik perpotongan ke kiri sampai memotong garis jenuh, diperoleh nilai : 18,6 °C.
- Kelembaban Relatif didapat dengan membaca skala %RH , yaitu kurva lengkung ke atas , diperoleh nilai : 50% RH.
- Kandungan uap air didapat dengan menarik garis dari titik perpotongan ke kanan, diperoleh nilai : 13,3 gram

### 1.3. Piranti Ukur

Untuk mendapatkan data-data penting dari ruang pendinginan khususnya untuk menentukan kelembababan relaif (%RH) telah banyak tersedia piranti ukur dari mulai yang sederhana yaitu : Slink Psikrometer hingga piranti yang sangat kompleks dan mahal, yaitu elektronik sensor.

Slink psikrometer merupakan bentuk sederhana suatu *hand held* hygrometer. Piranti ini terdiri dari dua thermometer konvensional, di mana salah satu dari thermometer tersebut selalu dijaga dalam keadaan basah pada saat digunakan dengan menyelubungi sensing bulb-nya dengan kain higroskopis (weted wick)



Gambar 2.3 Slink Psikrometer

Thermometer kering (polos tanpa wetted wick) mengukur atau membaca suhu udara, seperti halnya pada thermometer konvensional, dalam hal ini, dikatakan thermometernya menunjukkan pembacaan “ Suhu Bola Kering” atau Dry Bulb Temperature, disingkat dengan istilah DB.

Dry Bulb Temperature adalah suatu pengukuran terhadap panas sensible atau intensitas panas dari suhu udara ruang.

Thermometer bola basah (dengan wetted wick atau selongsong kain yang basah) mengukur suhu udara dalam kondisi suhu saturasi, karena sensing bulb-nya mendapat pendinginan oleh adanya aksi penguapan dari sedikit air yang terdapat di dalam selongsong kain basah ke udara.

Banyaknya air yang menguap selama diadakan proses pengukuran tergantung pada banyaknya kandungan uap air yang terdapat di dalam ruangan yang bersangkutan. Hasil pembacaan thermometer bola basah ini disebut: Suhu Bola Basah (Wet Bulb Temperature atau disingkat dengan WB).

Dengan memperoleh dua data sample yang disebut dengan DB temperature dan WB temperature, maka tingkat kandungan uap air jenuh atau yang sering disebut sebagai kelembaban udara relatif dapat dengan mudah ditentukan dengan bantuan skala khusus yang dibuat oleh pabrikan sling psikrometer atau dengan memplotkan dua data suhu tersebut pada chart psikrometrik.

Beda pembacaan antara Suhu Bola Kering dan Suhu Bola Basah sering disebut sebagai : Wet Bulb Depression.

Suatu udara sample yang memiliki  $4,5^{\circ}\text{C}$  DB dan  $3^{\circ}\text{C}$  WB., akan mempunyai wet bulb depression sebesar: 1,5 K. Dan mempunyai kelembaban relatif sebesar 80% RH.

Kondisi ruang sample tersebut akan menjadi terlalu kering bagi gudang penyimpanan daging (Butcher Room), dan bagi penyimpanan buah-buahan serta sayuran. Tetapi sesuai untuk penyimpanan produk makanan lainnya secara umum.

Presedur Menggunakan Slink Psikrometer:

1. Periksa pembacaan kedua thermometer sebelum digunakan.
2. Basahi selongsong higroskopis dengan air
3. Putar Slink psikrometer kurang lebih selama 20 detik dengan kecepatan putar sekitar 150 rpm.
4. Baca skala Wet Bulb terlebih dahulu segera setelah pemutaran selesai dilakukan. Kemudian baru membaca skala dry Bulb thermometernya.
5. Dapatkan minimal tiga kali pembacaan untuk dapat memperoleh hasil yang lebih akurat. Setiap kali pembacaan pastikan selongsong kain senantiasa dalam keadaan basah.
6. Catat hasil pembacaan dan plot-kan pada chart psikrometrik untuk memperoleh data-data lain yang diperlukan.

### **c. Ringkasan 2**

1. Chart Psikrometrik merupakan tampilan secara grafikal dari sifat termodinamik udara, yaitu suhu udara (DB dan WB) , kelembaban relatif ( %RH), suhu titik embun (DPT) , kandungan uap air (MC) dan enthalpy (H) serta kelembaban spesifik (W) dari udara ruangan.
2. Semua sifat udara tersebut telah diskalakan secara proporsional di dalam Chart Psikrometrik sehingga memudahkan pemakainya untuk memplot data-data hasil pengukuran dan kemudian untuk memperoleh data lainnya.

**d. Tugas 2**

1. Tentukan besarnya suhu titik embun, suhu bola basah dan kandungan uap air nya bila diketahui Suhu bola kering di suatu ruang : 30 derajat dan kelembabannya 60% RH.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Tentukan besarnya suhu titik embun, suhu bola basah dan kandungan uap air nya bila diketahui Suhu bola kering di suatu ruang : 30 derajat dan kelembabannya 90% RH

.....  
.....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Tentukan besarnya kandungan uap air dalam gr/kg pada suatu ruang yang mempunyai suhu Suhu bola kering di suatu ruang : 30 derajat dan kelembabannya 60% RH.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Tentukan besarnya kandungan uap air dalam grain/kg pada suatu ruang yang mempunyai suhu Suhu bola kering di suatu ruang : 30 derajat dan kelembabannya 90% RH

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Suatu ruang mempunyai data sebagai berikut : suhu bola kering 83 Db dan suhu bola basah 60 WB. Tentukan : (a) Enthalphy, (b) Ratio Humiditas, (c) Suhu titik embun, (d) kelembaban relatif (e) Derajad saturasi

.....  
.....  
.....

.....  
.....  
.....  
.....

**e. Test Formatif 2**

**PETUNJUK Pengerjaan Test**

**Berilah tanda silang pada opsi jawaban yang paling benar**

1. Skala suhu bola kering pada chart psikrometer adalah
  - a. garis horizontal pada chart
  - b. garis vertical
  - c. Garis miring ke kanan
  - d. Garis lengkung di bagian kiri atas chart
2. Skala suhu bola basah pada chart psikrometer adalah
  - a. garis horizontal pada chart
  - b. garis vertical
  - c. Garis miring ke kanan
  - d. Garis lengkung di bagian kiri atas chart
3. Skala kandungan uap air pada chart psikrometer adalah
  - a. garis horizontal pada chart
  - b. garis vertical di kiri
  - c. Garis miring ke kanan
  - d. Garis lengkung di bagian kiri atas chart

4. Skala suhu titik embun pada chart psikrometer adalah
  - a. garis horizontal pada chart
  - b. garis vertical
  - c. Garis miring ke kanan
  - d. Garis lengkung di bagian kiri atas chart
5. Pernyataan yang benar adalah
  - a. suhu titik embun didapat dengan menarik garis miring ke kanan
  - b. suhu titik embun didapat dengan menarik garis lurus dari titik perpotongan DB dan WB ke kanan.
  - c. suhu titik embun didapat dengan menarik garis lurus dari titik perpotongan DB dan WB ke kiri.
  - d. suhu titik embun didapat dengan menarik garis miring dari titik perpotongan DB dan WB ke kanan bawah
6. Thermometer bola kering menyatakan
  - a. suhu titik uap
  - b. panas sensibel dari udara
  - c. intensitas panas
  - d. b dan c benar
7. Thermometer bola basah menyatakan
  - a. intensitas panas
  - b. intensitas panas laten
  - c. suhu jenuh udara
  - d. suhu titik embun
8. Suatu gudang penyimpanan makanan mempunyai data sebagai berikut: 4,5 °C DB, 3,0 °C WB, maka
  - a. Kelembaban relatif : 80% RH
  - b. DPT = 3,75 °C
  - c. MC = 2,4 gr/kg
  - d. Benar semua
9. pada soal nomor 8, Tentukan kandungan uap airnya
  - a. 2,4

b. 3,4

c. 4,2

d. 2,8

10. pada soal nomor 8, tentukan DP temperaturnya

a. 1,3

b. 1,9

c. 3,75

d. 2,4

**f. Kunci Jawaban**

1. a

2. c

3. b

4. d

5. c

6. d

7. c

8. a

9. c

10. a

**g. Lembaran kerja 2**

Topik : Mengukur Kondisi Ruang

Alat/Bahan : Slink Psikrometer dan Chart Psikrometrik

Tugas :

Gunakan Slink Psikrometer dan Chart Psikrometrik untuk menentukan data kondisi ruang meliputi: DBT, WBT, DPT, %RH dan MC, pada saat ruangan belum dikondisi dan Setelah ruangnya dikondisi atmosfirnya dengan room AC.

Data Pengamatan Sebelum Di Kondisi

DBT	WBT	%RH	MC	DPT
1.				
2.				
3.				

Data Pengamatan Setelah Di Kondisi

DBT	WBT	%RH	MC	DPT
1.				
2.				

3.				
----	--	--	--	--

Komentar:

.....

.....

.....

.....

.....

### III. EVALUASI

#### A. SOAL TEST TERTULIS

1. Psikrometrik adalah ilmu yang mempelajari tentang
  - a. karakteristik uap air
  - b. karakteristik udara
  - c. karakteristik refrigeran
  - d. semuanya benar
2. Yang termasuk proses dalam tata udara adalah
  - a. Heating
  - b. Cooling
  - c. Dehumidifying
  - d. Semuanya benar
3. Dehumidifier adalah proses
  - a. proses penurunan suhu udara
  - b. proses penambahan suhu udara
  - c. proses pengurangan moisture content
  - d. proses penambahan uap air
4. Hubungan antara suhu ruang dan tingkat kelembabannya.

- a. semakin tinggi suhu semakin rendah kelembabannya
  - b. semakin rendah suhu semakin tinggi kelembabannya
  - c. semakin tinggi suhu semakin tinggi kelembabannya
  - d. semakin rendah kelembaban semakin tinggi suhu udaranya
5. Suhu dimana uap air mulai mengembun disebut
- a. suhu bola bash
  - b. suhu bola kering
  - c. suhu titik uap
  - d. suhu titik embun
6. Kelembaban udara absolut adalah
- a. jumlah kandungan uap air di udara ruang yang diukur dalam gram per kilogram berat udara.
  - b. %RH
  - c. DPT
  - d. Semua benar
7. Alat pengukur kelembaban udara adalah
- a. higrometer
  - b. thermometer
  - c. humidistat
  - d. humidimeter
8. Kondisi nyaman untuk tubuh manusia adalah
- a. antara 20 –25 °C dan 60% RH
  - b. antara 20 –25 °C dan 80% RH
  - c. antara 20 –25 °C dan 40% RH
  - d. semua benar
9. Pengaruh kelembaban yang terlalu tinggi terhadap manusia adalah
- a. terasa lebih segar dan nyaman
  - b. terasa lebih sehat

- c. terasa lebih gerah dan berkeringat
  - d. terasa lebih panas tetapi susah berkeringat
10. Kenapa kita merasa haus bila berada di dalam ruang yang kelembabannya rendah
- a. mengalami dehidrasi
  - b. mengalami trauma
  - c. mengalami kedinginan
  - d. semua benar
11. Suhu titik uap akan turun bila berada pada daerah
- a. Dataran rendah
  - b. Dataran tinggi
  - c. Permukaan laut
  - d. a dan b benar
12. Berapa tekanan absolut R12, bila tekanan yang ditunjukkan oleh gauge manifold adalah 180 psi
- a. 180 psi
  - b. 165 psi
  - c. 195 psi
  - d. 175 psi
13. Pernyataan yang paling benar adalah
- a. pada suhu konstan, volume pada berat tertentu berbanding terbalik dengan tekanannya.
  - b. pada suhu konstan, volume pada berat tertentu berbanding lurus dengan tekanannya.
  - c. pada suhu konstan, volume udara berbanding terbalik dengan tekanannya.
  - d. pada suhu konstan, volume pada berat tertentu tidak berubah.
14. Semakin tinggi tekanan gas maka
- a. semakin tinggi volumenya
  - b. semakin rendah volumenya

- c. semakin tinggi berat masanya
  - d. a dan c benar
15. Energi panas yang diperlukan untuk merubah wujud benda disebut
- a. panas penguapan
  - b. panas sensible
  - c. panas latent
  - d. panas kondensasi
16. Skala suhu bola kering pada chart psikrometer adalah
- a. garis horizontal pada chart
  - b. garis vertical
  - c. Garis miring ke kanan
  - d. Garis lengkung di bagian kiri atas chart
17. Skala suhu bola basah pada chart psikrometer adalah
- a. garis horizontal pada chart
  - b. garis vertical
  - c. Garis miring ke kanan
  - d. Garis lengkung di bagian kiri atas chart
18. Skala kandungan uap air pada chart psikrometer adalah
- a. garis horizontal pada chart
  - b. garis vertical di kiri
  - c. Garis miring ke kanan
  - d. Garis lengkung di bagian kiri atas chart
19. Skala suhu titik embun pada chart psikrometer adalah
- a. garis horizontal pada chart
  - b. garis vertical
  - c. Garis miring ke kanan
  - d. Garis lengkung di bagian kiri atas chart
20. Pernyataan yang benar adalah
- a. suhu titik embun didapat dengan menarik garis miring ke kanan

- b. suhu titik embun didapat dengan menarik garis lurus dari titik perpotongan DB dan WB ke kanan.
  - c. suhu titik embun didapat dengan menarik garis lurus dari titik perpotongan DB dan WB ke kiri.
  - d. suhu titik embun didapat dengan menarik garis miring dari titik perpotongan DB dan WB ke kanan bawah
21. Thermometer bola kering menyatakan
- a. suhu titik uap
  - b. panas sensibel dari udara
  - c. intensitas panas
  - d. b dan c benar
22. Thermometer bola basah menyatakan
- a. intensitas panas
  - b. intensitas panas laten
  - c. suhu jenuh udara
  - d. suhu titik embun
23. Suatu gudang penyimpanan makanan mempunyai data sebagai berikut: 4,5 °C DB, 3,0 °C WB, maka
- a. Kelembaban relatif : 80% RH
  - b. DPT = 3,75 °C
  - c. MC = 2,4 gr/kg
  - d. Benar semua
24. pada soal nomor 8, Tentukan kandungan uap airnya
- a. 2,4
  - b. 3,4
  - c. 4,2
  - d. 2,8
25. pada soal nomor 8, tentukan DP temperaturnya
- a. 1,3
  - b. 1,9
  - c. 3,75

d. 2,4

**A. Kunci Jawaban**

1. b
2. d
3. c
4. b
5. d
6. a
7. c
8. a
9. c
10. a
11. b
12. c
13. a
14. b
15. c
16. a
17. c
18. b
19. d
20. c

- 21. d
- 22. c
- 23. a
- 24. c
- 25. a

## **IV. PENUTUP**

Modul Pembelajaran ini menggunakan Sistem Pelatihan Berbasis Kompetensi . Pelatihan Berbasis Kompetensi adalah pelatihan yang memperhatikan pengetahuan, keterampilan dan sikap yang diperlukan di tempat kerja agar dapat melakukan pekerjaan dengan kompeten. ,Penekanan utamanya adalah tentang apa yang dapat dilakukan seseorang setelah mengikuti pelatihan. Salah satu karakteristik yang paling penting dari pelatihan berdasarkan kompetensi adalah penguasaan individu secara nyata di tempat kerja.

Dalam Sistem Pelatihan Berbasis Kompetensi, fokusnya tertuju kepada pencapaian kompetensi dan bukan pada pencapaian atau pemenuhan waktu tertentu. Dengan demikian maka dimungkinkan setiap peserta pelatihan memerlukan atau menghabiskan waktu yang berbeda-beda dalam mencapai suatu kompetensi tertentu.

Jika peserta belum mencapai kompetensi pada usaha atau kesempatan pertama, maka pelatih akan mengatur rencana pelatihan dengan peserta. Rencana ini memberikan kesempatan kembali kepada peserta untuk meningkatkan level kompetensinya sesuai dengan level yang diperlukan. Jumlah usaha atau kesempatan yang disarankan adalah tiga kali.

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan peserta dalam mengikuti modul ini, setiap peserta dievaluasi baik terhadap aspek pengetahuan maupun keterampilan. Aspek pengetahuan

dilakukan melalui latihan-latihan dan tes tertulis, sedang aspek keterampilan dilakukan melalui tugas praktek.

Setelah anda dinyatakan lulus dalam modul ini maka anda boleh melanjutkan ke modul berikutnya yaitu : Modul M.RAI.13

## **DAFTAR PUSTAKA**

Goliber, Paul F., 1986 Refrigeration servicing, Bombay,  
D.B. Taraporevala Son & Co, Private Ltd.

A Harris, 1986, Air Conditioning Practices, Mc. Graw Hill

Trane reciprocating Refrigeration Manual

Basic Servicing, 1986, Box Hill College, Melbourne, Australia

## LEMBAR PENILAIAN

Modul : Psikometrik dan Chart Psikometrik

Nama Peserta : .....

Nama Penilai : .....

HASIL : KOMPETEN BELUM KOMPETEN

Catatan :	
Peserta sudah diberitahu tentang hasil penilaian dan alasan-alasan mengambil keputusan	Tanda tangan Penilai  Tanggal :
Saya sudah diberitahu tentang hasil	Tanda tangan Peserta

penilaian dan alasan mengambil keputusan	Tanggal
------------------------------------------	---------



4	PERISTILAHAN	Berisikan terminologi-terminologi dan istilah yang lazim digunakan pada proses pengawetan makanan	?	?	?	?	?	?	?	?	
5	PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	<p>Modul ini menggunakan sistem pelatihan berdasarkan pendekatan kompetensi, yakni salah satu cara untuk menyampaikan atau mengajarkan pengetahuan, ketrampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan dalam suatu pekerjaan. Penekanan utamanya adalah tentang apa yang dapat dilakukan seseorang setelah mengikuti pelatihan.</p> <p>Salah satu karakteristik yang paling penting dari pelatihan yang berdasarkan pendekatan kompetensi adalah penguasaan individu secara aktual di tempat kerja.</p> <p>Dalam sistem pelatihan ini, standar kompetensi diharapkan dapat menjadi panduan bagi peserta pelatihan untuk dapat :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>? Mengidentifikasi apa yang harus dikerjakan peserta pelatihan</li> <li>? Mengidentifikasi apa yang telah dikerjakan peserta pelatihan</li> <li>? Memeriksa kemajuan peserta pelatihan</li> </ul>	?	?	?	?	?	?	?		

		<p>? Meyakinkan bahwa semua elemen (Sub kompetensi) dan kriteria unjuk kerja telah dimasukkan dalam pelatihan dan penilaian.</p> <p>Modul ini merupakan modul lanjutan yang bertujuan untuk mempersiapkan seorang pengajar guru atau Teknisi Listrik memiliki pengetahuan, ketrampilan dan sikap kerja tentang proses pengawetan makanan..</p>									
6	<p>KEGIATAN BELAJAR 1</p> <p>6.1. Penjelasan Umum</p>	<p>Pada unit ini anda akan belajar tentang proses pengkondisian udara. Selanjutnya masalah udara atmosfer dan sifat serta komposisinya akan dipelajari pula secara lebih rinci</p>	?	?	?	?	?	?	?	?	
	6.2. Uraian Sub Materi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proses Tata Udara</li> <li>2. Struktur/komposisi Udara</li> <li>3. Kelembanan Udara</li> <li>4. Transfer Panas</li> </ol>	?	?	?	?	?	?	?	?	
			-	?	-	-	-	?	?	-	
			-	?	-	-	-	?	?	-	

4	PERISTILAHAN	Berisikan terminologi-terminologi dan istilah yang lazim digunakan pada proses pengawetan makanan	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
5	PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	<p>Modul ini menggunakan sistem pelatihan berdasarkan pendekatan kompetensi, yakni salah satu cara untuk menyampaikan atau mengajarkan pengetahuan, ketrampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan dalam suatu pekerjaan. Penekanan utamanya adalah tentang apa yang dapat dilakukan seseorang setelah mengikuti pelatihan.</p> <p>Salah satu karakteristik yang paling penting dari pelatihan yang berdasarkan pendekatan kompetensi adalah penguasaan individu secara aktual di tempat kerja.</p> <p>Dalam sistem pelatihan ini, standar kompetensi diharapkan dapat menjadi panduan bagi peserta pelatihan untuk dapat :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>? Mengidentifikasi apa yang harus dikerjakan peserta pelatihan</li> <li>? Mengidentifikasi apa yang telah dikerjakan peserta pelatihan</li> <li>? Memeriksa kemajuan peserta pelatihan</li> </ul>	?	?	?	?	?	?	?	?		

		<p>? Meyakinkan bahwa semua elemen (Sub kompetensi) dan kriteria unjuk kerja telah dimasukkan dalam pelatihan dan penilaian.</p> <p>Modul ini merupakan modul lanjutan yang bertujuan untuk mempersiapkan seorang pengajar guru atau Teknisi Listrik memiliki pengetahuan, ketrampilan dan sikap kerja tentang proses pengawetan makanan..</p>									
6	<p>KEGIATAN BELAJAR 1</p> <p>6.1. Penjelasan Umum</p>	<p>Pada unit ini anda akan belajar tentang proses pengkondisian udara. Selanjutnya masalah udara atmosfer dan sifat serta komposisinya akan dipelajari pula secara lebih rinci</p>	?	?	?	?	?	?	?	?	
	6.2. Uraian Sub Materi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proses Tata Udara</li> <li>2. Struktur/komposisi Udara</li> <li>3. Kelembanan Udara</li> <li>4. Transfer Panas</li> </ol>	?	?	?	?	?	?	?	?	
			-	?	-	-	-	?	?	-	
			-	?	-	-	-	?	?	-	



		3. Cara membaca Chart	?	?	?	?	?	?	?	?	
		4. Pirantoi Ukur	?	?	?	?	?	?	?	?	
	Evaluasi	Untuk mengetahui tingkat keberhasilan peserta dalam mengikuti modul ini dilakukan evaluasi terhadap aspek pengetahuan dan ketrampilan. Aspek pengetahuan (teori) dievaluasi secara tertulis menggunakan jenis test jawaban singkat, sedangkan aspek ketrampilan (praktek) dievaluasi melalui pengamatan langsung terhadap proses kerja, hasil kerja dan sikap kerja.	?	?	?	?	?	?	?	?	
8	POST TEST/EVALUASI AHIR	1. Proses Tata Udara	?	?	?	?	?	?	?	?	
		2. Struktur/komposisi Udara	-	-	-	-	-	?	?	-	
		3. Kelembanan Udara	-	-	-	-	-	?	?	-	
		4. Transfer Panas	-	-	-	-	-	?	?	-	
		5. Pengukuran suhu & tekanan	-	-	-	-	-	?	?	-	
		6. Membaca Chart Psikrometrik	-	-	-	-	-	?	?	-	