

MODUL PEMBELAJARAN

KODE : MK.RAD.01/04 (40 JAM)

DASAR-DASAR TATA UDARA

**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,

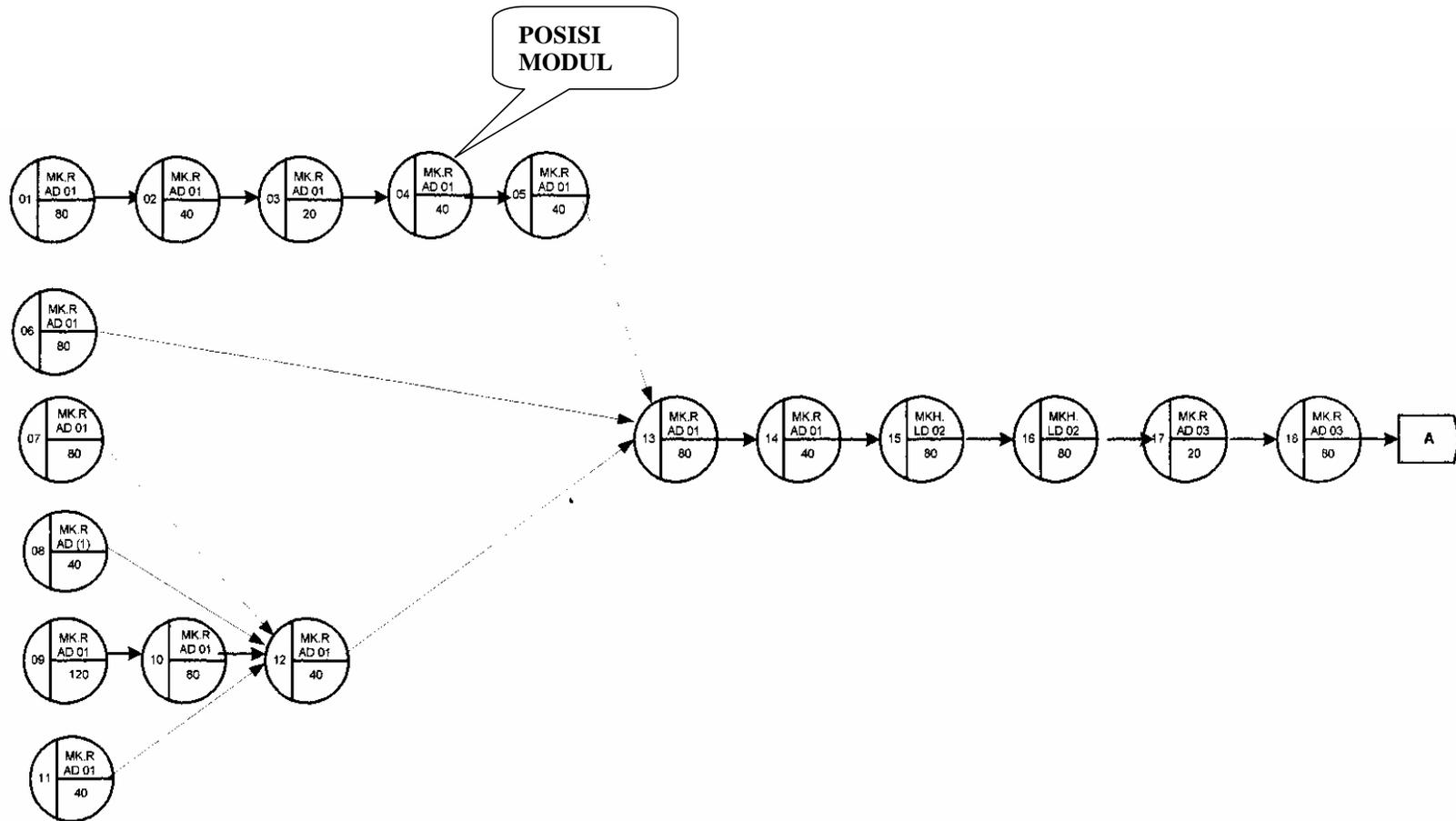
Dr. Ir. Gator Priowirjanto
NIP 130675814

DAFTAR ISI

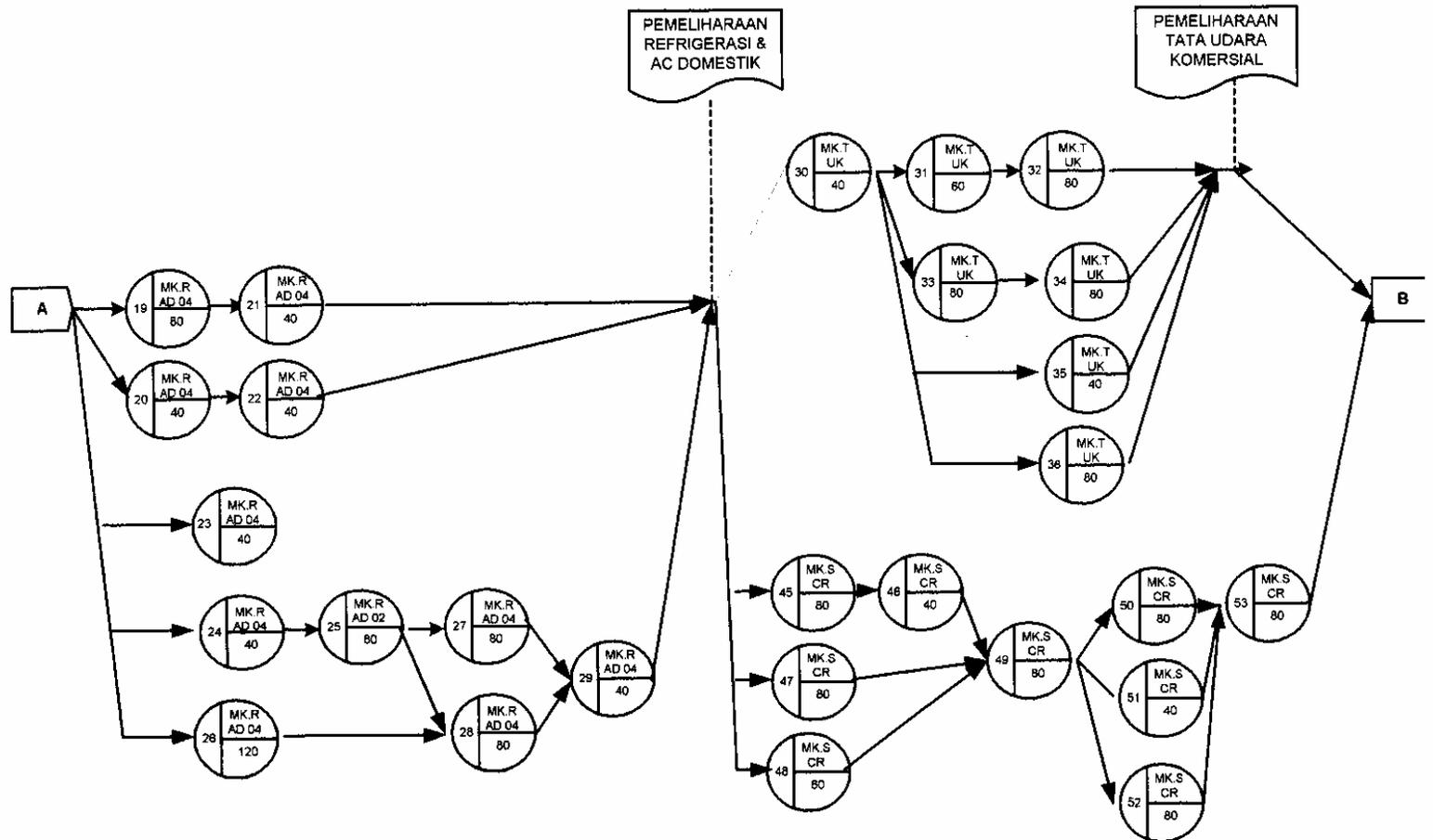
	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL	iv
PERISTILAHAN	vii
I PENDAHULUAN	1
A. Deskripsi	1
B. Prasyarat	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul	1
D. Tujuan Akhir.....	2
E. Standar Kompetensi.....	2
II PEMBELAJARAN	4
A. RENCANA BELAJAR SISWA	4
B. KEGIATAN BELAJAR.	5
KEGIATAN BELAJAR 1	5
A. Tujuan Kegiatan	5
B. Uraian Materi	5
C. Rangkuman	12
D. Tes Formatif	13
E. Jawaban Tes Formatif	14
KEGIATAN BELAJAR 2	16
A. Tujuan Kegiatan	16
B. Uraian Materi	16
C. Rangkuman	30
D. Tes Formatif	31
E. Jawaban Tes Formatif	32
KEGIATAN BELAJAR 3	34
A. Tujuan Kegiatan	34
B. Uraian Materi	34
C. Rangkuman	41
D. Tes Formatif	42

E.	Jawaban Tes Formatif	43
	KEGIATAN BELAJAR 4	44
A.	Tujuan Kegiatan	44
B.	Uraian Materi	44
C.	Rangkuman	52
D.	Tes Formatif	53
E.	Jawaban Tes Formatif	54
III	EVALUASI	55
	KUNCI JAWABAN	62
IV	PENUTUP	67
	DAFTAR PUSTAKA	68
	LAMPIRAN	

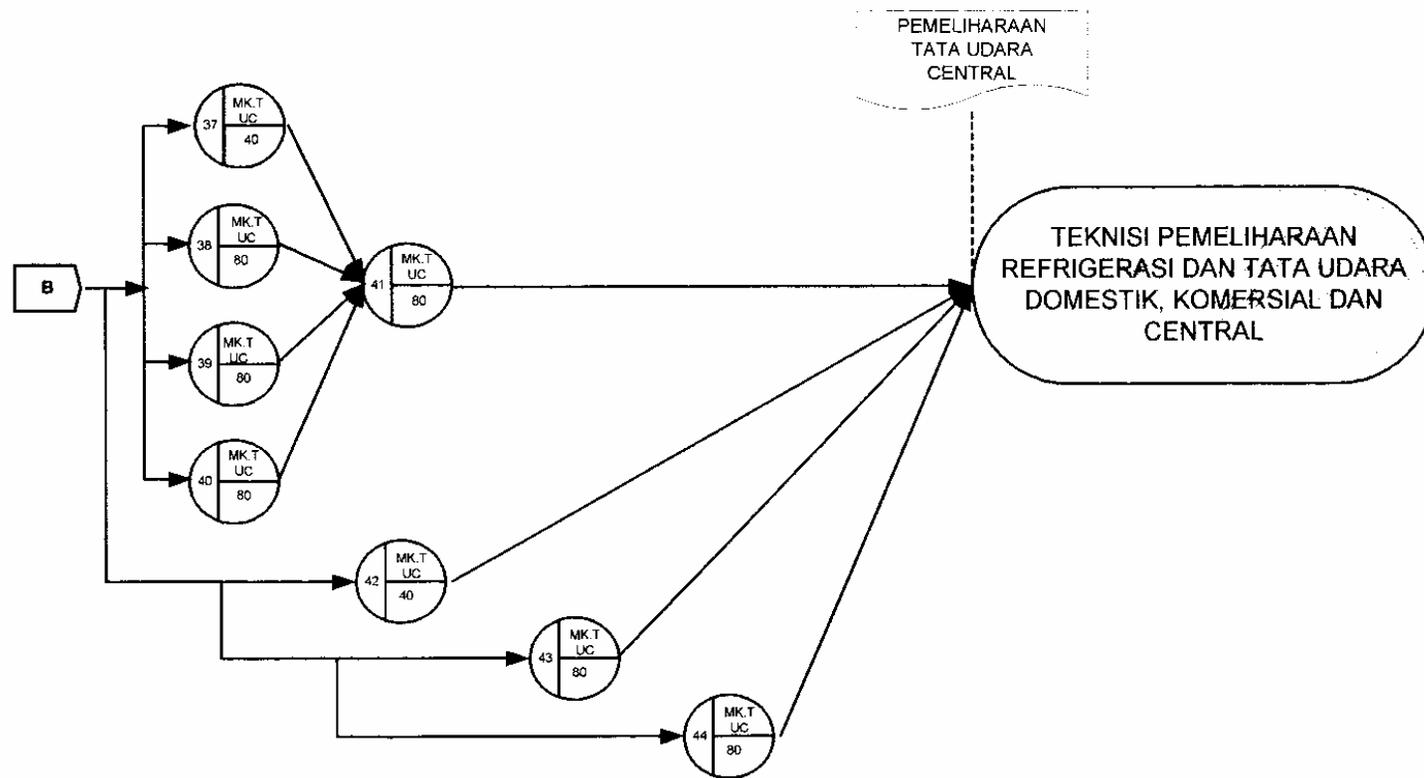
PETA POSISI MODUL KOMPETENSI SMK PROGRAM KEAHLIAN TEKNIK PENDINGINAN DAN TATA UDARA



PETA POSISI MODUL KOMPETENSI SMK PROGRAM KEAHLIAN TEKNIK PENDINGIN DAN TATA UDARA



PETA POSISI MODUL KOMPETENSI SMK
PROGRAM KEAHLIAN TEKNIK PENDINGINAN DAN TATA UDARA



2. KEGIATAN BELAJAR 2

PSIKOMETRI DAN SISTEM PENYEGARAN UDARA

a. Tujuan

Setelah mempelajari unit ini peserta pelatihan diharapkan mampu :

- ? Mengaplikasikan psikrometri kedalam bidang teknik pengkondisian udara.

b. Uraian Materi 2

2.1. Udara

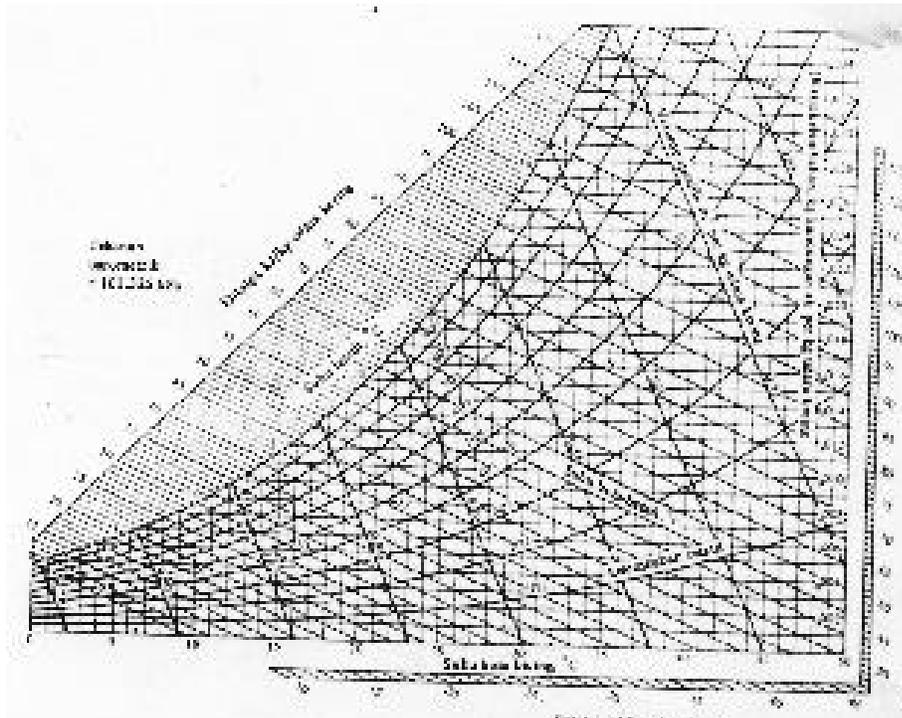
Komposisi udara.

Udara bila mengandung dinamakan udara lembab sedangkan udara yang tidak mengandung air dikatakan udara kering. Adapun komposisi dari udara kering adalah seperti tabel 2.1. berikut :

Tabel 2.1. Komposisi udara kering.

	N ₂	O ₂	Ar	CO ₂
Volume %	78.09	20.95	0,93	0,03
Berat %	75,53	23.14	1.28	0,03

2.2. Diagram Psikometri



Gambar 2.8. Diagram Psikometri

Gambar di atas adalah diagram psikometri dimana psikometri adalah merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air yang mempunyai arti yang sangat penting dalam pengkondisian udara atau penyegaran udara karena atmosfer merupakan campuran antara udara dan uap air.

Prinsip-prinsip psikrometrik akan diterapkan pada perhitungan beban, sistem-sistem pengkondisian udara, koil pendingin udara, pengurangan kelembaban, menara pendingin dan kondensor penguapan.

Pada diagram psikrometrik memuat sifat-sifat psikometerik seperti pada gambar 2.1. dalam hal ini ada dua hal yang penting diperhatikan yaitu penguasaan atas dasar-dasar bagan dan kemampuan menentukan sifat-sifat pada kelompok-

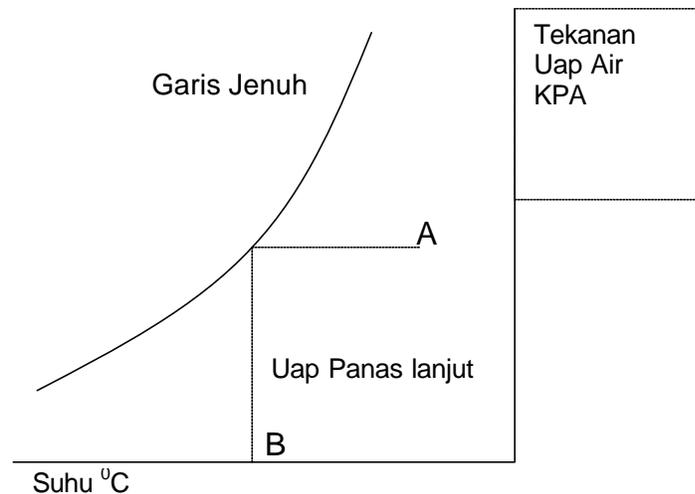
kelompok keadaan yang lain misalnya tekanan barometrik yang tidak standar. Diagram yang dikembangkan dari persamaan-persamaan cukup teliti dan dapat digunakan dalam perhitungan-perhitungan keteknikan.

Sifat termal dari udara basah pada umumnya ditunjukkan dengan menggunakan diagram psikrometri seperti terlihat pada diagra dan memakai beberapa istilah dan simbol seperti :

a). Garis jenuh (saturation line)

Garis jenuh ini adalah salah satu istilah pada diagram psikometri koordinat-koordinat dimana suhu (t) sebagai basis dan tekanan uap air (p_s) sebagai ordiat. Untuk jelasnya dapat dilihat pada diagram psikrometri. Garis jenuh dapat ditarik pada diagram tersebut seperti gambar 2.9. data untuk garis jenuh dapat dilihat langsung pada tabel tentang air jenuh. Daerah sebelah kanan garis jenuh adalah daerah uap air panas lanjut.

Jika uap ini didinginkan dengan tekanan tetap maka akan dicapai garis nuh yaitu batas uap air mulai mengembun gambar 2.9 dapat dianggap berlaku untuk campuran udara uap air. Pada gambar menunjukkan apabila titik A merupakan keadaan suatu campuran udara agar terjadi pengembunan, maka suhu campuran tersebut harus diturunkan hingga B udara pada titik A dikatakan mempunyai suhu titik embun B.



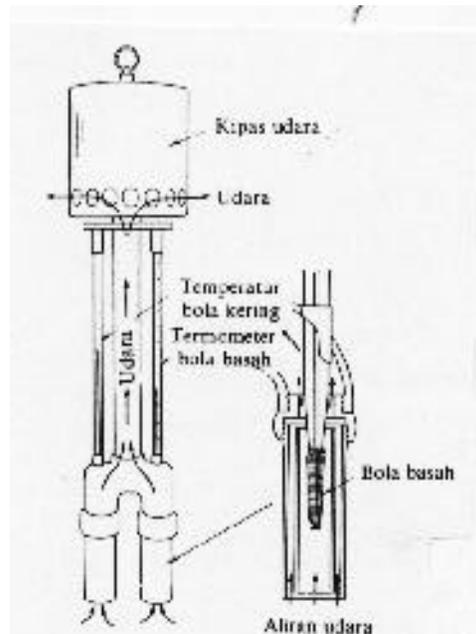
Gambar 2.9. Garis Jenuh

b) Temperatur Bola Kering

Temperatur tersebut dapat dibaca pada termometer dengan sensor kering dan terbuka. Tetapi perlu diperhatikan bahwa penunjukannya tidak selalu tepat karena ada pengaruh radiasi panas kecuali jika sensornya memperoleh ventilasi yang cukup baik (gambar 2.10)

c) Temperatur Bola Basah

Temperatur ini disebut juga temperatur jenuh adiabatik diperoleh dengan menggunakan termometer dengan sensor yang dibalut dengan kain basah untuk menghilangkan pengaruh radiasi panas, tetapi perlu diperhatikan bahwa sensor harus dialiri udara sekurang-kurangnya 5m/s



Gambar 2.10. Higrometer Jenis Ventilasi

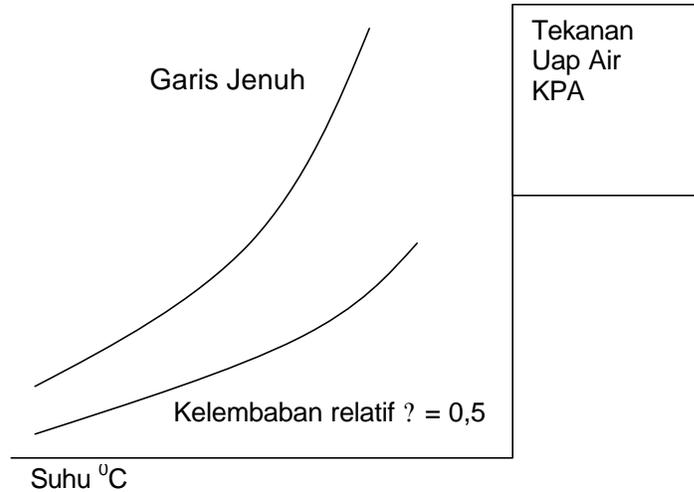
d) Kelembaban Relatif

Kelembaban relatif adalah perbandingan fraksi molekul uap air, di dalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama jika kelembaban relatif disimbolkan dengan ϕ , maka jika kelembaban relatif disimbolkan dengan ϕ , maka :

$$\phi = \frac{\text{Tekanan uap air parsial}}{\text{tekanan jenuh air murni pada suhu yang sama}} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk jelasnya, untuk memperoleh garis-garis kelembaban relatif konstan dapat dilihat pada diagram seperti pada gambar 2.11 dengan mengukur jarak vertikal antara garis jenuh dan alas diagram, misalnya untuk kelembaban

relatif 0,5 maka ordinatnya sama dengan setengah tinggi garis jenuh pada suhu yang sama.



Gambar 2.11. Garis Kelembaban Relatif

e) Perbandingan Kelembaban (Rasio Kelembaban)

Yang dimaksud dengan rasio kelembaban adalah berat atau masa air yang terkandung dalam setiap kg udara kering. Untuk menghitung rasio kelembaban dalam teknik pengkondisian udara dapat digunakan persamaan gas ideal dimana uap air dan udara dapat dianggap sebagai gas ideal sehingga berlaku persamaan :

$$PV = R t \dots\dots\dots (2.2)$$

Jika rasio kelembaban disimbolkan dengan W, maka

$$W ? \frac{\text{kg uap air}}{\text{kg udara kering}} ? \frac{psV /RT}{paV /RaT} ? \frac{psV/RsT}{(pt - ps) V/Rat}$$

$$? \frac{ps/Rs}{(pt - Ps)Ra} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

W = volume campuran udara – uap, m³

pt = tekanan atmosferik = pa + ps, Pa

pa = tekanan parsial udara kering, Pa

Ra = tetapan gas untuk udara kering = 287 kJ/kg, K

Rs = tetapan gas untuk uap air = 461,5 j/kg.k

Ps = tekanan partial uap air dalam keadaan jenuh

Maka dengan memasukkan harga Ra dan Ks ke dalam rumus diperoleh :

$$W = \frac{psV/Rs}{(pt-ps)Ra} = \frac{ps \cdot 287}{(pt-ps) \cdot 461.5}$$
$$= 0,622 \frac{ps}{pt-ps} \dots\dots\dots(2.4)$$

Contoh : Hitunglah rasio kelembaban udara pada kelembaban relatif 50% bila suhunya 26°C, tekanan barometrik standar 101,3 kPa.

Penyelesaian :

Tekanan uap air jenuh pada 26°C = 3,360 kPa (lihat tabel sifat-sifat cairan dan uap jenuh).

Tekanan uap air udara dengan kelembaban relatif 50% = 0,50 (3,360 kPa) = 1,680 kPa.

Maka :

$$W = 0,622 \frac{p_s}{p_t - p_s}$$

$$= 0,622 \frac{1,680}{101,3 - 1,680} = 0,0105 \text{ kg/kg}$$

Hasil perhitungan ini dapat dikoreksi pada diagram psikrometri gambar 2.8

f) Entalpi

Entalpi adalah energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada suatu temperatur tertentu. Jadi entalpi campuran udara kering dengan uap air adalah jumlah entalpi udara kering dengan entalpi uap air. Persamaan untuk entalpi tersebut :

$$h = C_{pt} + W h_g \text{ kJ/kg udara kering} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

C_p = kalor spesifik udara kering pada tekanan konstan = 1,0 kJ/kg K

T = suhu campuran udara-uap °C

h_g = entalpi uap air jenuh kJ/kg

Suatu garis entalpi konstan dapat ditambahkan pada diagram psikrometrik seperti gambar 2.12.

Contoh :

Tentukan letak titik yang bersuhu 60° digaris entalpi 100 kJ/kg

Penyelesaian :

Dengan menggunakan tabel sifat-sifat cairan dan uap jenuh untuk $t = 60^\circ\text{C}$, $h_g = 2610 \text{ kJ/kg}$

$$W = \frac{100 - 1,0(60)}{2610} = 0,01533 \text{ kg/kg}$$

Dengan menggunakan rumus rasio kelembaban :

Pada gambar diagram psikrometri pada gambar 2.8 garis-garis entalpi konstan ditunjukkan pada bagian kiri garis jenuh dan terusannya digambarkan pada bagian kanan serta alas diagram.

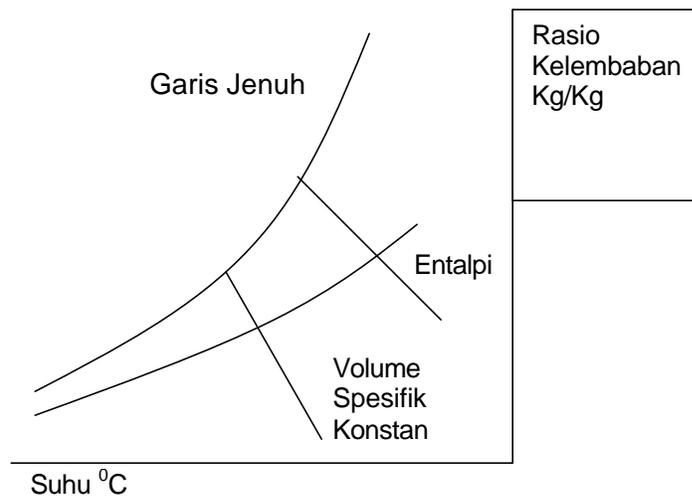
g) Volume Spesifik

Volume spesifik (udara lembab) adalah volume udara lembab per 1 kg udara kering. Untuk menghitung volume spesifik campuran udara – uap digunakan persamaan gas ideal.

Dari persamaan gas ideal, volume spesifik V adalah :

$$V = \frac{h_g}{h_{g,L}} = \frac{h_f - h_g}{h_{g,L}} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ udara kering} \dots\dots\dots (5.9)$$

Untuk menentukan titik-titik pada garis volume spesifik konstan, misalnya $0,90 \text{ m}^3/\text{kg}$, masukkan harga $V = 0,9$ tekanan barometris p_t dan harga T sembarang sehingga didapat harga p_s . Pada gambar 2.12 berikut pasangan harga p_s dan t dapat langsung digunakan untuk melukis harga V konstan.



Gambar 2.12. Garis volume spesifik konstan.

Contoh : Hitung volume spesifik V campuran udara-uap air yang bersuhu 28°C dan kelembaban relatif 30% pada tekanan barometer standar.

Penyelesaian :

Tekanan uap air pada udara jenuh 28°C dari tabel sifat cairan dan uap jenuh adalah 3,778 kPa.

Tekanan uap pada kelembaban relatif 30% adalah :

$$(0,3 \times 3,778) \text{ kPa} = 1,1334 \text{ kPa} = 1133,4 \text{ Pa}$$

$$V = \frac{R_a T}{p_t - p_s} \text{ m}^3/\text{kg udara kering}$$

$$= \frac{287/28 \times 273,15}{101300 - 1133,4}$$

$$= 0,863 \text{ m}^3/\text{kg udara kering}$$

Dengan menggunakan persamaan :

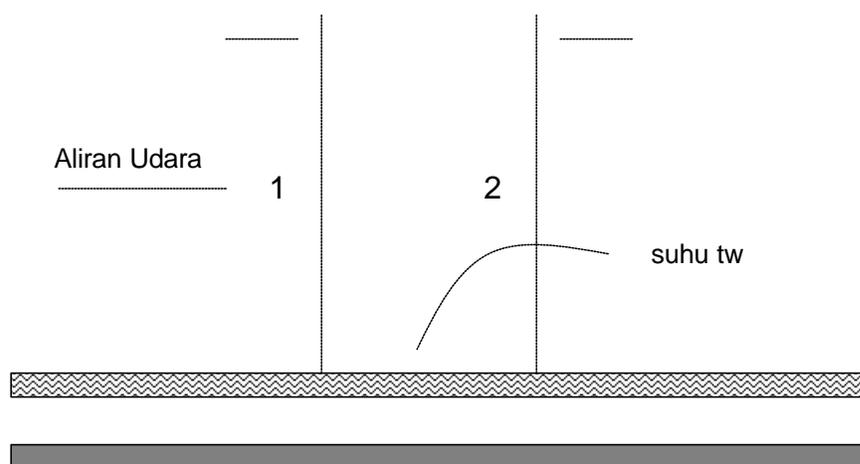
Harga ini menilai harga pada diagram 2.9

h) Perpindahan Gabungan Kalor Massa

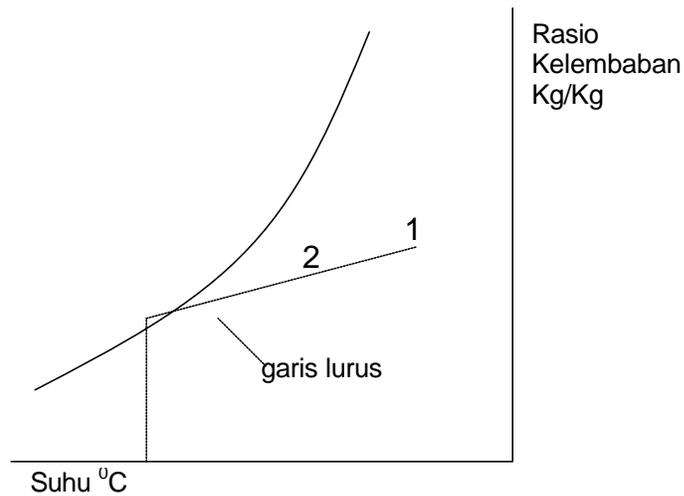
Dalam hal ini digunakan hukum garis lurus dimana hukum ini menyatukan bahwa apabila udara memindahkan kalor dan massa (air) ke atau dari suatu permukaan basah, maka keadaan udara yang terlihat pada diagram psikrometrik bergerak ke arah garis jenuh pada suhu permukaan basah tersebut. Pada gambar 2.13 menggambarkan udara mengalir di atas suatu permukaan basah, maka udara seperti gambar 3.14 berubah dari keadaan 1 ke keadaan 2. Pada hukum ini menyatakan bahwa titik-titik terletak pada garis lurus yang ditarik dari titik 1 ke arah kurva jenuh yang bersuhu permukaan basah.

Dalam hal ini terjadi :

- ? Udara hangat pada keadaan 1 akan turun suhunya bila bersentuhan dengan air bersuhu t_w
- ? Pada titik 1 yang bertekanan uap lebih tinggi dari cairan yang bersuhu t_w akan memindahkan massa dengan cara mengemunkan sejumlah uap air.
- ? Menurunkan rasio kelmbabn udara tersebut.



Gambar 2.13. Udara melewati permukaan basah



Gambar 2.14. Kondisi udara yang bergerak ke arah garis jenuh yang bersuhu permukaan basah.

i) Penjenuhan adiabatik dan suhu bola basah termodinamik

Untuk mengetahui penjenuhan adiabatik ini digunakan mengalirkan udara dengan percikan atau semprotan air dimana air disirkulasi secara terus menerus. Percikan air akan mengakibatkan luas permukaan basah yang besar dan udara yang meninggalkan ruang penyemprotan berada dalam keseimbangan dengan air dalam hal suhu dan tekanan uapnya. Dinding alat ini dibuat dari penyekat kalor supaya bersifat adiabatik sehingga tidak ada kalor yang diserap atau ditambah.

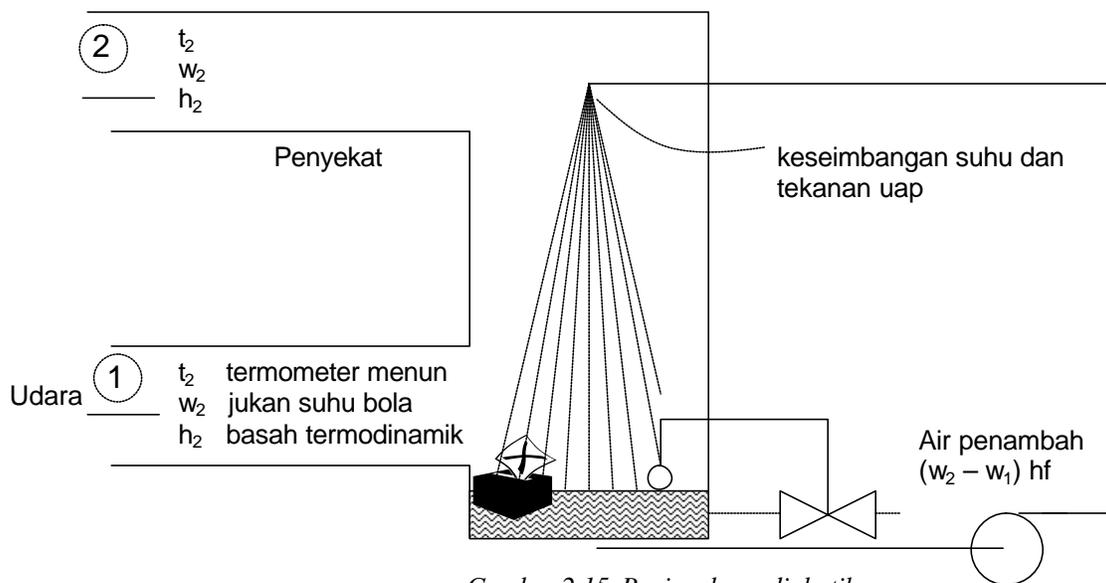
Apabila suhu adiabatik sudah mantap, maka suhu dapat dibaca pada termometer dengan mencelupkan dalam bak dan suhu inilah suhu bola basah termodinamik.

Untuk menghasilkan persamaan keseimbangan energi dalam alat penjenuh, dilakukan penggabungan tertentu kondisi-kondisi udara yang menghasilkan suhu-suhu bak tertentu. Keseimbangan energi ini didasarkan pada satuan aliran massa udara dimana h_f adalah entalpi cairan jenuh bersuhu bak basah termodinamik :

$$h_1 = h_2 - (w_s - w_1) h_f \dots\dots\dots (2.7)$$

Pada gambar psikrometrik gambar 2.16 bahwa titik 1 terletak di bawah garis entalpi konstan melewati titik 2. Kondisi udara lain menghasilkan suhu bak sama seperti 1. Menurut hukum garis lurus titik-titik 1.1. dan 2 terletak pada garis lurus.

Garis suhu bola basah konstan dapat dilihat pada diagram psikrometrik gambar 2.8.



Gambar 2.15. Penjenuhan adiabatik

j) Penyimpangan antara garis entalpi dan garis bola basah.

Pada gambar diagram psikrometerik gambar 2.8 memuat garis suhu bola basah termodinamik konstan, bukan garis-garis entalpi konstan. Pembacaan entalpi dengan mengikuti garis bola basah ke arah kurva jenuh memberikan harga-harga entalpi yang terlalu tinggi, ini dapat dilihat pada gambar 2.16. skala entalpi pada bagian kiri hanya berlaku bagi keadaan-keadaan yang berada di garis jenuh dan untuk mengetahui harga entalpi secara lebih tepat maka skala-skala dibagian kiri dan dibagian kanan serta alas diagram harus digunakan.

Untuk lebih jelas melihat penyimpangan entalpi, dapat kita lihat pada diagram psikrometrik gambar 2.8 dengan membandingkan pembacaan diagram yang melalui perhitungan untuk udara yang bersuhu bola kering 35°C dan kelembaban relatif 40 persen. Dari hasil pembacaan digrafik maka suhu bola basah pada keadaan ini 24°C.

Maka dengan melihat diagram psikrometri pada gambar 2.8 yaitu pada titik bersuhu bola kering 35° dan kelembaban relatif 40 persen harga entalpi disebelah kiri dan kanan berskala sama adalah sekitar 72,5 kJ/kg maka dengan menggunakan persamaan (2.7) dapat dicari entalpi titik yang ditanya yaitu :

$$h_1 = h_2 - (w_2 - w_1) h_f \dots\dots\dots (2.7)$$

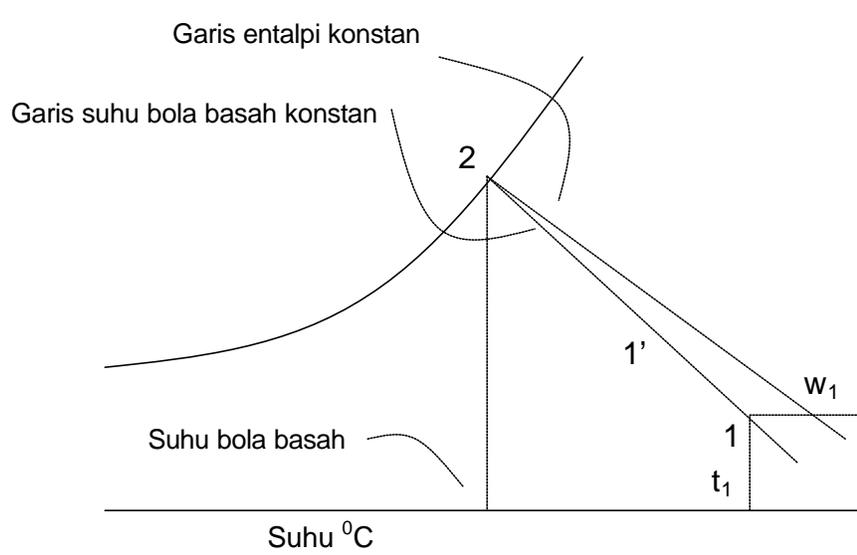
harga-harga h_2 , w_2 , w_1 dapat dicari pada diagram psikrometri dimana $h_2 = 72,5$ kJ/kg.

$$W_1 = 0,0143$$

$$W_2 = 0,019$$

$$h_f = \text{entalpi pada } 24^\circ\text{C} = 100,59 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } h_1 &= 72,5 \text{ kJ/kg} - (0,019 - 0,0143) 100,59 \text{ kJ/kg} \\ &= 72,5 \text{ kJ/kg} - 0,473 \text{ kJ/kg} \\ &= 72,027 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$



Gambar 2.16. Garis suhu bola basah termodinamika konstan.

c. Rangkuman 2

1. Komposisi dari udara terdiri dari n_2 , O_2 , Ar dan CO_2 .
2. Diagram psikrometri merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air yang mempunyai arti penting dalam pengkondisian udara
3. Dalam diagram psikrometri terdapat istilah-istilah yang perlu dipahami untuk mengetahui sifat-sifat psikrometrik dan penggunaannya dalam perhitungan keteknikan.
4. Istilah-istilah yang ditemukan dalam diagram psikrometrik yang sangat perlu dipahami antara lain :
 - a. Garis jenuh
 - b. Temperatur bola kering
 - c. Temperatur bola basah
 - d. Kelembatan relatif
 - e. Perbandingan kelembaban
 - f. Entalpi
 - g. Volume spesifik

d. Tes Formatif 1

1. Apa pengertian dari :
 - a. Udara lembab
 - b. Udara kering
2. a). Apa pengertian dari psikrometri?
 - b). Prinsip-prinsip psikrometri diterapkan untuknya !
3. Apa pengertian istilah yang terpadat pada adiagram psikrometri berikut :
 - a. Temperatur bola kering
 - b. Temperatur bola basah
 - c. Kelembaban relatif
 - d. Entalpi
 - e. Volume spesifik
4. Berapa rasio kelembaban pada udara dengan keadaan suhu 40°C dengan tekanan barometrik standar 101,3 kPa pada kelembaban relatif 50%
5. Hitunglah volume spesifik V campuran udara uap air yang bersuhu 32°C dengan kelembaban relatif 40% pada tekanan barometer standar 101,3 kPa.
6. Jika pada diagram psikrometri suhu bola kering 30°C dan suhu bola basah 17°C . Dengan membaca diagram psikrometri berapa :
 - a. Kelembaban relatif
 - b. Entalpi

e. Jawaban Formatif 2

1. Pengertian dari :
 - a. Udara lembab ialah udara yang mengandung uap air
 - b. Udara kering ialah udara yang tidak mengandung uap air
2. a. Pengertian dari psikometrik adalah merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air
- b. Prinsip-prinsip psikometrik diterapkan untuk perhitungan beban, sistem-sistem pengkondisian udara koil pendingin udara dan pengurangan kelembaban menara pendingin (cooling towers) dan kondensor penguapan
3. Pengertian istilah yang terdapat pada diagram psikometri :
 - a. Temperatur bola kering adalah temperatur yang dapat dibaca pada termometer dengan sensor kering dan terbuka
 - b. Temperatur bola basah ialah temperatur yang dapat dibaca pada termometer dengan sensor yang dibalut dengan kain basah untuk menghilangkan pengaruh radiasi panas
 - c. Kelembaban relatif ialah perbandingan fraksi molekul uap air didalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama.
 - d. Entalpi adalah energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat tertentu pada temperatur tertentu.
 - e. Volume spesifik adalah volume udara lembab per 1 kg udara kering

4. Rumus :

$$W = 0,622 \frac{p_s}{p_t - p_s}$$

Tekanan uap air untuk udara 40°C = 7,375 kPa (tabel sifat-sifat cairan dan uap jenuh).

Tekanan barometrik standar $p_t = 101,3$ kPa

Maka tekanan uap air udara adalah :

$$P_s = 0,50 (7,373) \text{ kPa} = 3,6875 \text{ kPa}$$

Maka

$$W \approx 0,622 \frac{p_s}{p_t - p_s}$$
$$\approx 0,622 \frac{3,6875}{101,3 - 3,6875}$$
$$\approx 0,0235 \text{ kg/kg}$$

5. Rumus

$$V \approx \frac{R_a T}{p_t - p_s} \text{ m}^3 / \text{kg}$$

Tekanan uap air pada 32°C = 4,753 kPa

Tekanan uap pada kelembaban relatif 40% adalah $0,40 \times 4,753 = 1,9012 \text{ kPa} = 1901,2 \text{ Pa}$.

Tekanan barometrik standar = 101,3 kPa = 101300 Pa.

Tekanan gas $R_a = 287 \text{ J/kg}$ (untuk udara)

Maka :

$$V \approx \frac{287 (32 - 273,15)}{101.300 - 1901,2} \approx \frac{87578,05}{99398,8}$$

$$\approx 0,881 \text{ m}^3 / \text{kg} \text{ udara kering}$$

6. Jika suhu bola kering 30°C dan suhu bola basah 17°C dan dilihat dari diagram psikrometrik maka :

a. Kelembaban relatif $\approx 30\%$

b. Entalpi $h = 46,7 \text{ kJ/kg}$

KEGIATAN BELAJAR 3

BEBAN KALOR DAN SISTEM PENYEGAR UDARA

a. Tujuan

Setelah mempelajari unit ini peserta pelatihan diharapkan mampu :

- ? Menyelesaian faktor yang mempengaruhi beban kalor
- ? Menentukan kapasitas pembebanan

b. Uraian Materi I

3.1. Beban Kalor

Suasana dalam ruangan suatu bangunan selalu diusahakan supaya keadaan dalam keadaan aman dan nyaman agar penghuninya terhindar dari pergelisah dan membosankan. Untuk itu baik kondisi interior maupun pengaruh luar yang berubah-ubah diusahakan tidak mempengaruhi kenyamanan ruangan, maka untuk istilah dibuat suatu pengkondisian yang baik dan membuat sistem penghantar dan pendinginan yang aktif. Perencanaan penghangatan, ventilasi dan pengkondisian udara harus dimulai dengan mengetahui sifat-sifat termal dinding, atap yang menentukan kapasitas dan jenis kerja yang dibutuhkan.

Untuk itu perlu menjejaki prosedur-prosedur dalam menentukan nilai penentuan sifat-sifat termal dinding bangunan untuk merancang penghangatan, ventilasi, pengkondisian udara/heating, ventilating, dan air conditioning atau HV AC diperlukan untuk menciptakan keadaan nyaman.

Jadi beban kalor terdiri dari beban kalor ruangan dan beban kalor alat pendingin udara yang ada dalam ruangan.

1). Beban Kalor Ruangan.

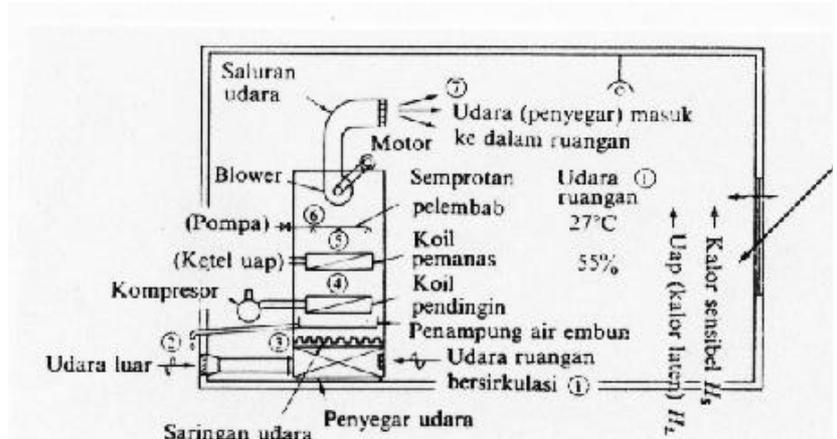
Gambar 2.17 menunjukkan suatu contoh instalasi pendingin ruangan (menggunakan alat penyejuk udara/air conditioner). Bila dilihat dari proses pendinginan pada gambar tersebut adalah seperti berikut :

- ? Udara ruangan diisap masuk ke dalam alat penyejuk atau bercampur dengan udara luar (keadaan 1 dan 2)
 - ? Campuran udara menjadi keadaan pada (3)
 - ? Udara (3) didinginkan dengan jalan mengalirkan melalui koil pendingin
 - ? Bila permukaan koil pendingin temperaturnya lebih rendah dari titik embun dari udara (3) maka uap air dalam udara akan mengembun pada koil pendingin
 - ? Akibat pengembunan sehingga perbandingan kelembaban udara (4) berkurang.
 - ? Apabila temperatur udara (4) terlalu rendah, maka udara tersebut digunakan dengan mengalirkannya melalui koil pemanas sehingga dipanaskan sampai temperatur udara sesuai yang dibutuhkan.
 - ? Dalam operasi pemanasan bila udara panas menjadi kering perbandingan kelembaban udara dapat dinaikkan dengan menyempatkan pelembab
 - ? Udara (6) setelah melalui blower berangsur-angsur menjadi panas (keadaan 97) dan akhirnya masuk ke dalam ruangan
 - ? Supaya dapat berfungsi untuk mendinginkan, udara (7) haruslah masuk ke ruangan dengan temperatur dan perbandingan kelembaban lebih rendah dari ruangan (1)
 - ? Bila udara (7) dan (1) bercampur kelembabannya naik menjadi sama dengan udara (1)
 - ? Udara (7) menyerap kalor sensibel dan uap air (kalor) laten akan mengembun dalam ruangan.
-

Dalam proses yang terjadi tadi, kalor sensibel dan kalor laten yang terjadi dalam ruangan menjadi beban kalor (heat load) dari ruangan yang bersangkutan. Oleh karena itu beban kalor ini harus diatasi oleh udara yang keluar dari penyejuk supaya kondisi udara di dalam ruangan dapat dipertahankan kondisi yang diinginkan baik temperaturnya maupun kelembabannya.

Beban kalor ruangan terdiri dari :

- ? Kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan
- ? Kalor yang bersumber didalam ruangan itu sendiri (beban kalor interior)



Gambar 2.17. Prinsip Penyejukan Udara

2) Beban kalor alat penyejuk udara

Seperti terlihat pada gambar 2.17. maka untuk menghasilkan udara yang masuk ke dalam ruangan dari alat penyejuk udara yang diinginkan jumlah kalor yang harus dilayani oleh alat-alat penyejuk adalah sebagai berikut :

- ? Beban kalor ruangan
- ? Beban kalor dari udara luar yang masuk ke alat penyejuk

- ? Beban blower dan motor
- ? Kebocoran dari saluran

3.2. Beban kalor ruangan dan udara penyegar

Dalam hal ini harus dipahami betul bahwa yang menentukan disini adalah kalor sensibel dan beban kalor laten.

Apabila kita menginginkan temperatur suatu ruangan diinginkan t_r °C temperatur udara penyegar yang masuk adalah t_a , maka jumlah udara penyegar diperlukan adalah :

$$G = \frac{Q_c}{(t_r - t_a) \times 0,240} \quad (\text{kg/jam}) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

- q_c = beban kalor sensibel (k cal/jam)
- t_a = temperatur udara penyegar (°C)
- t_r = temperatur udara di ruangan (°C)
- G = jumlah aliran udara penyegar (kg/jam)

Untuk menghitung perbandingan pencampuran lembab dari udara penyegar ada

$$W_a = W_r \frac{Q}{G} \quad (\text{kg/jam}) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{atau } W_a = W_r - \frac{hl}{597,3 G} \quad (\text{kg/jam}) \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

- Q = uap air yang terjadi (kg/jam)
 - Laten hl = beban kalor laten (kcal/jam) = 597,3 x Q
 - W_r = perbandingan kelembaban udara ruangan (kg/kg)
 - G = jumlah aliran udara penyegar (kg/jam)
-

3.3 Titik embun alat penyegar udara

Bila dilihat dari segi persamaan (2.9) seharusnya titik embun dari alat penyegar hampir sama dengan titik embun dari yang bersangkutan dengan perbandingan kelembaban dan udara penyegar. Tetapi pada kenyataan titik embun dari alat penyegar adalah t' atau 2°C lebih rendah dari hasil perhitungan menurut persamaan 2.9. hal ini disebabkan temperatur permukaan koil pendingin di dalam alat penyegar harus diperhitungkan karena adanya faktor penyimpangan seperti terlihat pada gambar 2.18.

Untuk jelasnya dapat dilihat pada contoh ini :

Bila udara dalam suatu ruangan diinginkan pada temperatur 27°C dan kelembaban udara 55 persen, beban kalor ruangan diketahui 10.000 kJ/jam. beban kalor laten 6000 kJ/jam. Tentukan :

- Aliran udara penyegar
- Perbandingan kelembaban dan
- Titik embun dari alat penyegar jika temperatur udara penyegar 15°C

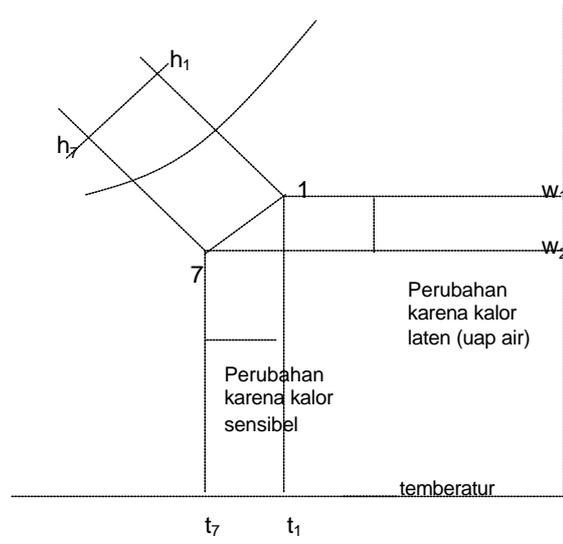
Penyelesaian :

$$\text{a). } G = \frac{Q_{\text{total}}}{(t_r - t_a) \cdot 0,240} = \frac{10.000}{(27,15) \cdot (0,24)} = 3472 \text{ kg/jam}$$

$$\text{b). } W_a = W_r \cdot \frac{i_r}{597,3} = 0,0123 \cdot \frac{6000}{597,3 \cdot 3172} = 0,0094 \text{ kg/kg}$$

(harga W_r lihat pada diagram 2.8)

- Titik embun pada $W_a = 0,0094 \text{ kg/kg}$ dapat dilihat pada gambar 2.8 pada $13,1^{\circ}\text{C}$
-



Gambar 2.18. Perubahan tingkat keadaan apabila kalor sensibel dan kalor laten udara lembab ditam ke dalam udara 7.

c. Rangkuman 2

1. Beban kalor pada penyegar udara terdiri dari beban kalor ruangan dan beban peralatan penyegar udara
2. Beban kalor yang paling menentukan pada penyegaran udara adalah beban sensibel dan beban kalor laten
3. Untuk menghitung jumlah udara penyegar yang diperlukan untuk mencapai temperatur yang diinginkan pada suatu ruangan adalah :

$$G = \frac{Q_c}{(t_r - t_a) \times 0,240} \quad (\text{kg/jam}) \dots\dots\dots (2.8)$$

4. Titik embun dari alat penyegar menurut perhitungan dan menurut di psikrometrik, bahwa pada kenyataan titik embun dari alat penyegar adalah sampai 2°C lebih rendah dari hasil perhitungan menurut perbandingan kelembaban.



d. Tes Formatif 3

1. Beban kalor dari penyegar udara terdiri dari 2 bagian, sebutkan dan jelaskan secara singkat.
2. Jumlah udara penyegar yang diperlukan untuk mencapai temperatur ruangan yang diinginkan dengan dapat dicari dengan persamaan :

$$G = \frac{Q_c}{(t_r - t_a) \times 0,240} \quad (\text{kg/jam}) \dots\dots\dots (2.8)$$

Sebutkan arti dari setiap abjad pada persamaan tersebut.

3. Jika suatu ruangan akan didinginkan pada temperatur 25°C dengan kelembaban udara 60% sedangkan beban kalor ruangan 8000 kcal/jam dan beban kalor 5000 kcal/jam. Tentukan :
 - a. Aliran udara penyegar
 - b. Perbandingan kelembaban

Jika udara penyegar bertemperatur 14°C



e. Kunci Jawaban Formatif 1

1. Beban kalor dari penyegar udara terdiri dari 2 bagian yaitu :
 - a) Beban kalor ruangan yaitu kalor yang bersumber dari dalam ruangan itu sendiri yang disebut beban kalor interior
 - b) Beban kalor alat penyegar udara yaitu beban blower, motor dan kebocora saluran
2. Arti dari persamaan :

$$G = \frac{Q_c}{(t_r - t_a) \times 0,240} \quad (\text{kg/jam}) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

- q_c = beban kalor sensibel (k cal/jam)
- t_a = temperatur udara penyegar ($^{\circ}\text{C}$)
- t_r = temperatur udara di ruangan ($^{\circ}\text{C}$)
- G = jumlah aliran udara penyegar (kg/jam)

3. a) $G = \frac{8000}{(27 - 14) 0,24}$

$$= \frac{8000}{2,64} = 3030,30 \text{ kg/jam}$$

b) $W_a = W_r \frac{i_r}{i_s} = 0,010 \cdot \frac{5000}{597,3 \cdot 3030,30}$

$$= 0,0097 \text{ kg/kg}$$

KEGIATAN BELAJAR 4

JENIS-JENIS SISTEM PENYEGAR UDARA

A. TUJUAN

Setelah mempelajari unit ini peserta pelatihan diharapkan mampu :

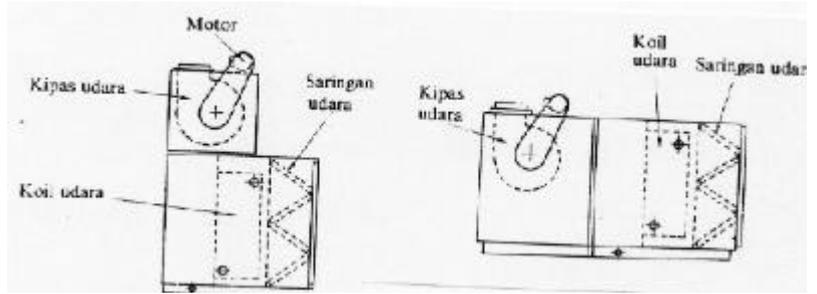
- ? Menyelesaikan faktor yang mempengaruhi jenis sistem
- ? Menentukan kapasitas pembebanan

B. URAIAN MATERI 3

4.1. Penyegar udara sentral

Jenis ini merupakan dasar dari kebanyakan jenis penyegar udara yang terdiri motor listrik sebagai penggerak, kipas udara, koil udara, pelembab udara dan ja udara yang semuanya terletak dalam satu kotak.

Unit pengolah udara tersedia dengan kapasitas 2000 – 1000.000 m³/jam berbagai ukuran. Ada dua jenis unit ini yaitu jenis vertikal dan jenis horizontal (gambar 2.19). Jenis kipas yang digunakan tergantung volume udara dan temperatur yang diinginkan. Koil udara dibuat dari pipa bersirip plat yang dibuat dari tembaga sedangkan siripnya dibuat dari aluminium. Terdapat dua koil udara, yaitu koil pendinginan dan koil untuk pemanasan. Pelembaban udara banyak menggunakan penyemprotan air dan pancaran uap.



Gambar 2.19. Unit Pengolah udara

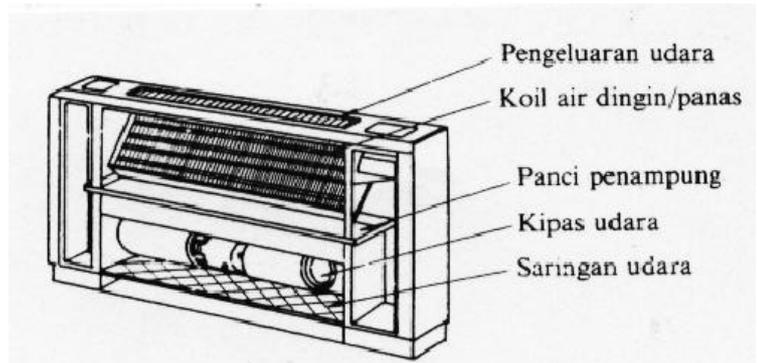
4.2. Unit Koil Kipas Udara

Unit koil kipas udara adalah jenis ukuran koil sedangkan unit pengolah mempunyai ukuran yang lebih besar. Kedua jenis ini koil pendinginannya dan udara digabungkan menjadi satu.

Unit koil kipas udara tidak dilengkapi dengan koil pemanas (reheat coil) pelembab (humidifer) tetapi unit pengolah udara menggunakan perlengkapan tersebut. Bahan yang digunakan sebagai fluida kerja dari koil pendingin dapat menggunakan dingin atau refrigeran. Dalam hal penggunaan air dingin yang diperlukan dibuat unit pendingin (chilling unit) sedangkan yang menggunakan refrigeran dipasangkan pengembun atau condensing unit.

Untuk koil pemanas secara umum menggunakan pemanas listrik untuk unit kecil, tetapi untuk ukuran unit yang besar menggunakan koil pemanas merupakan sistem pipa dimana melalui pipa tersebut dialirkan air panas atau panas, maka unit ini diperlukan pemanas air atau ketel uap.

Unit koil kipas udara terlihat pada gambar 2.20

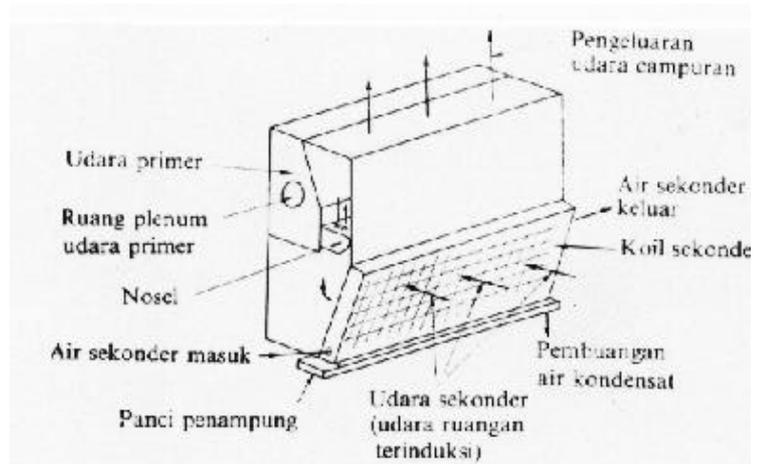


Gambar 2.20. Unit koil kipas udara

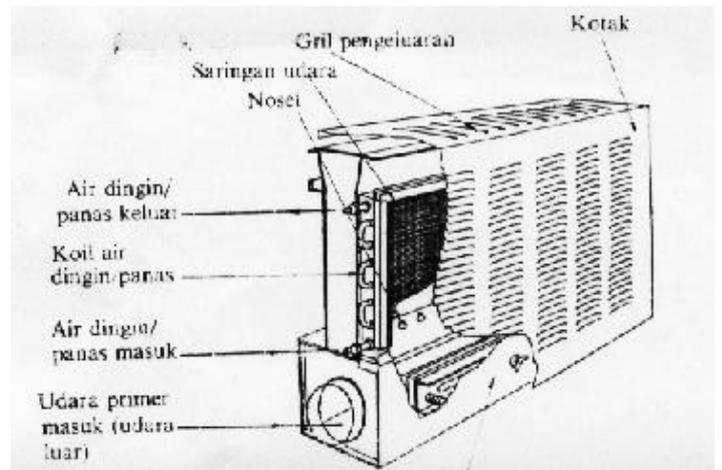
4.3. Unit Induksi

Pada unit ini menggunakan beberapa basis nosel yang menyemprotkan udara d
Dalam hal ini udara dingin dihasilkan pada unit tersendiri kemudian dialirkan m
nosel tersebut. Pada gambar 2.21 dapat dilihat bahwa unit ini mempunyai kotak
nosel , koil udara sekunder dan penutup.

Konstruksi dari unti induksi dapat terlihat pada gambar 2.21 dan 2.22. dalam j
peredaran udara, dimana uudara primer masuk dimasukkan ke dalam kotak prim
dialirkan melalui nosel, sehingga udara masuk dengan kecepatan tinggi ke c
ruang pencampur. Kemudian dengan pegnaruh induksi dari pancaran udara te
udara ruangan (udara sekunder) terisap dan masuk melalui koil udara sek
sehingga didinginkan lalu bercampur dengan udara primer dan masuk ke
ruangan yang akan disegarkan. Tekanan nosel berkisar antara 25 sampai 790 m
untuk unit tekanan tinggi dan 5 sampai 12 mm H₂O untuk unit induksi te
rendah.



Gambar 2.21. Unit induksi jenis tekanan tinggi



Gambar 2.22. Unit induksi tekanan rendah

4.4. Penyejar Udara Jenis Paket

Penyejar udara jenis paket terdiri dari komponen-komponen kipas udara, koil pendinginan udara dan panci penampung terletak dibagian atas dari rumah. Penyejar udara jenis ini terdiri dari peralatan penyejar dan refrigerator yang terletak dalam rumah.

Udara yang terinduksi melalui lubang masuk akan mencapai temperatur dan kelembaban yang diinginkan karena konstruksinya diatur seperti gambar 2.23. Kemudian udara tersebut ditekan masuk ke dalam ruang plenum yang ada di bagian atas kipas udara lalu masuk ke dalam ruangan.

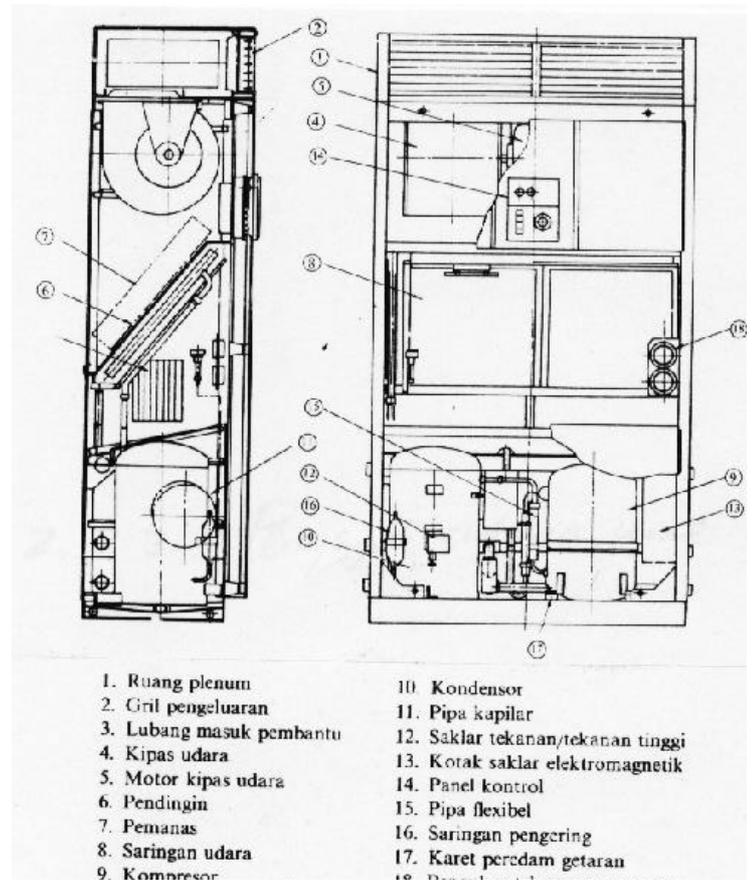
Penyejar udara jenis paket yang kadang kala melayani beberapa ruangan, maka dimasukkan ke dalam ruangan melalui pipa dari ruangan plenum. Koil udara digunakan biasanya jenis ekspansi langsung (Dx coil) dimana refrigeran cair dan kondensator diuapkan sehingga udara yang mengalir melalui koil udara tersebut menjadi dingin dan kering.

Dalam penyusunan letak komponen, dibagian bawah dari penyejar udara terdapat mesin pendingin yang terdiri dari kompresor, kondensator, pengontrol otomatis peralatan listrik. Daya motor listrik yang digunakan sekitar 7,5 kw dan umumnya hemat.

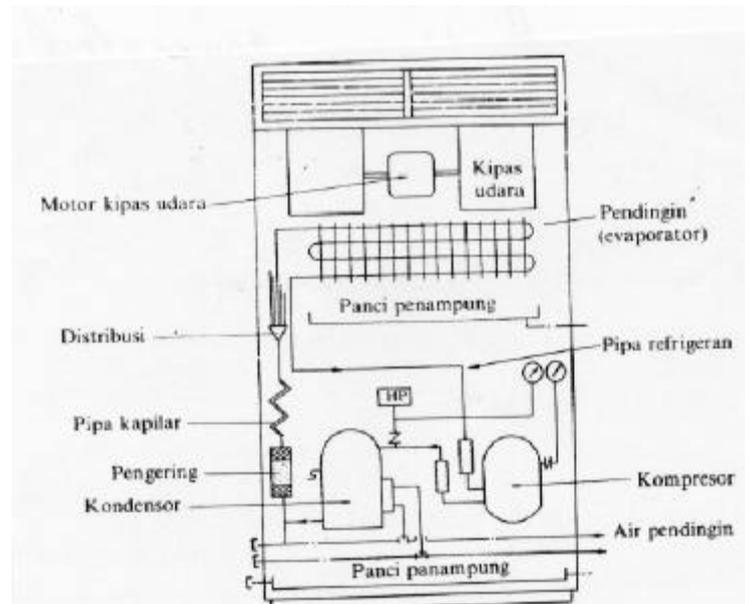
Pendinginan kondensator pada penyejar udara jenis paket ada pendinginan udara dan pendinginan air kondensator pendinginan udara, kondensator biasanya diletakkan di luar unit tersebut, sedangkan kondensator pendinginan air, kondensator diletakkan dalam unit. Pipa refrigeran yang menghubungkan kondensator dengan mesin penyejar udara diperlihatkan pada gambar 2.24.

Penggunaan penyejar udara jenis paket banyak digunakan dalam berbagai gedung keperluan industri. Kapasitas jenis ini antara 3 sampai 10 TR (Ton Refrigerasi). Penyejar udara jenis ini banyak mempergunakan kipas udara jenis daun buaya dengan pengisapan tunggal untuk kapasitas yang kecil dan pengisapan ganda untuk kapasitas yang besar koil udara secara umum terbuat dari pipa tembaga dan

memakai sirip aluminium jenis refrigeran yang digunakan dengan jenis ek langsung adalah R134a, R12, R22 dan R500.



Gambar 2.23. Penyegar udara paket



Gambar 2.24. Sistem pipa dari penyegar udara jenis paket

4.5. Penyegar Udara Kamar

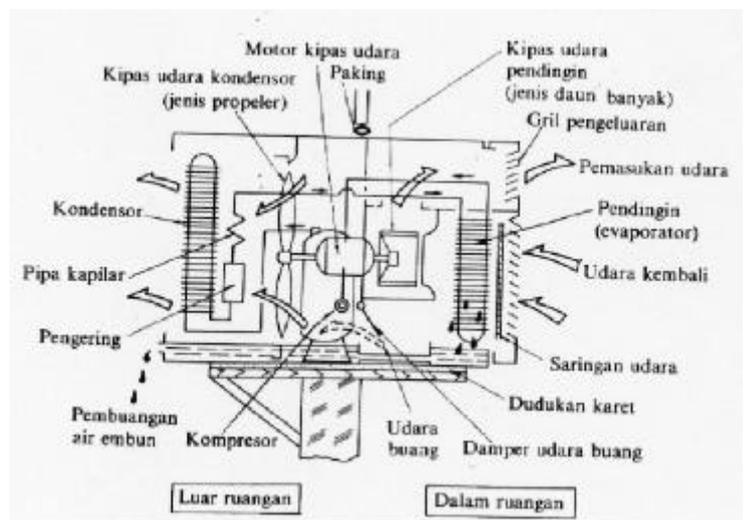
Penyegar udara kamar adalah jenis penyegar udara berukuran kecil dengan kapasitas pendinginan udara 0,5 – 2TR (Ton Refrigerasi). Jenis pemasangan dari jenis ini yang jenis jendela, lantai daun langit-langit dan jenis dinding tergantung dari ruangan yang akan didinginkan. Jenis pendinginan kondensator ada di pendinginan udara dan ada dengan pendinginan air. Sama halnya dengan jenis lain, bila pendinginan kondensator dengan jenis udara kondensator biasanya diletakkan di luar kamar terpisah dari unit tersebut sedangkan yang menggunakan pendingin kondensornya diletakkan di dalam unit.

Jenis kipas yang digunakan adalah kipas udara daun banyak dipasang dil evaporator sedangkan untuk pendingin kondensor digunakan kipas udara pro Kedua kipas tersebut digerakkan motor listrik.

Penyegar udara ruangan biasanya berukuran kecil tetapi kapasitas pendingin cukup besar biasanya banyak digunakan untuk rumah dan perkantoran.

Jenis penyegar udara kamar jenis jendela yang menggunakan kompresor toral pilar konstruksinya dapat dilihat pada gambar 2.25.

Kekurangan jenis ini bila dibandingkan dengan jenis paket bila ditinjau dari distribusi udara, penyaringan debu, ventilasi, pengaturan temperatur dan peng kelembaban udara.



Gambar 2.25. Pendinginan ruangan jenis jendela

C. RANGKUMAN 4

1. Jenis-jenis penyejuk udara terdiri dari :
 - a. Penyejuk udara sentral
 - b. Unit koil kipas udara
 - c. Unit induksi
 - d. Penyejuk udara jenis paket
 - e. Penyejuk udara kamar
 2. Penyejuk udara sentral adalah jenis penyejuk udara yang paling banyak dipakai
 3. Unit koil kipas udara mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan unit pengolah udara dan pada kedua jenis ini koil pendinginnya dan kipas digabung menjadi satu
 4. Unit induksi dalam menyalurkan udara menggunakan beberapa baris nosel menyemburkan udara dingin
 5. Penyejuk udara jenis paket biasanya digunakan untuk melayani penyejukan untuk beberapa ruangan dan udara dimasukkan ke dalam ruangan melalui dari ruangan plenum
 6. Penyejuk udara kamar adalah jenis penyejuk udara yang berukuran kecil dengan kapasitas 0,5 – 2 TR (Ton Refrigerasi). Pemasangan bila pendinginan kondensasi dengan udara, maka kondensor dipasang terpisah dari unit dan bila menggunakan pendinginan air kondensatnya diletakkan dalam unit.
-

D. TEST FORMATIF 4

1. Sebutkan 4 jenis sistem penyegar udara !
 2. Apa saja komponen dari kebanyakan jenis penyegar udara sentral ?
 3. Jelaskan secara singkat proses aliran udara pada unit induksi
 4. Dilihat dari konstruksi penyegar udara paket, apa saja komponen yang ada penyegar udara tersebut.
-

E. KUNCI JAWABAN TES FORMATIF 4

1. 4 jenis sistem penyegar udara adalah :
 - a. Penyegar udara sentral
 - b. Unit-unit koil kipas udara
 - c. Unit induksi
 - d. Penyegar udara jenis paket

 2. Komponen utama jenis penyegar udara sentral adalah :
 - a. Motor listrik
 - b. Kipas udara
 - c. Koil udara
 - d. Pelembab udara
 - e. Saringan udara

 3. Proses aliran udara pada unit induksi dimana udara segar dari penyegar sentral dimasukkan ke dalam kotak udara primer, kemudian dialirkan ke nosel, sehingga udara masuk ke ruangan pencampuran. Dengan pengaruh ini dari pencairan udara tersebut udara ruangan terisap dan masuk melalui koil sekunder sehingga didinginkan, kemudian dicampur dengan udara primer masuk ke dalam ruangan yang akan disegarkan.

 4. Komponen penyegar udara jenis paket dilihat dari konstruksinya adalah :
 - a. Koil udara
 - b. Kipas udara
 - c. Saringan udara
 - d. Panci penampang
-

III. EVALUASI

A. TES TEORI

a. Objektif Test

Silangkan jawaban yang paling tepat dari jawaban yang tersedia pada lembaran jawaban.

Soal :

1. Instalasi pendingin yang pertama dibuat dipatenkan oleh :
 - a. Cogniard de la taur
 - b. M. Faraday
 - c. Joseph Mc Creaty
 - d. Willis Haviland Carrier
 2. Perbandingan antara berat uap air dan buata udara kering yang ada di dalam disebut...
 - a. Kelembaban relatif
 - b. Persentase kelembaban
 - c. Volume spesifik
 - d. Perbandingan kelembaban (rasio kelembaban)
 3. Energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada suatu kalor tertentu disebut...
 - a. Entalpi
 - b. Volume spesifik
 - c. Kalor sensibel
 - d. Kalor laten
 4. Perpindahan panas dari suatu sumber panas ke benda lain melalui gelor disebut ...
 - a. Konveksi
 - b. Radiasi
 - c. Konduksi
-

- d. Penguapan (evaporation)
5. Perbandingan antara banyaknya grain uap air dalam suatu ruangan d
banyaknya grain air maksimum yang mampu dikandungnya atau jenuh
temperatur tertentu disebut ...
- Potensi entalpi
 - Garis jenuh
 - Kelembaban relatif
 - Tetapan gas uap air
6. Komposisi volume O₂ pada udara kering adalah ...
- 78,09 %
 - 0,93 %
 - 0,03%
 - 20,95%
7. Daerah sebelah kanan garis jenuh pada diagram psikometri adalah ..
- Daerah campuran uap air dengan udara
 - Daerah likuit
 - Daerah uap air panas lanjut
 - Semua jawaban salah
8. Untuk menghilangkan pengaruh radiasi panas pada temperatur bola
dipasang sensor yang dibalut dengan kain basah yang dialiri udara seki
kurangnya ...
- 100 m/s
 - 5 m/s
 - 3 m/s
 - 2 m/s
9. Perbandingan kelembaban dapat dicari dengan persamaan ...
- $W = 0,622 \frac{p_s}{p_t - p_s}$
 - $W = \frac{R_a T}{p_t - p_s}$
-

c. $W = 0,622 \frac{p_t}{p_t - p_s}$

d. $W = 0,622 \frac{p_s}{p_t - p_t}$

10. Bila tekanan uap air pada udara jenuh 30°C adalah 4,241 kPa, maka tekanan pada kelembaban relatif 40% adalah

a. 16,964 kPa

b. 1,696 kPa

c. 1,272 kPa

d. 12,72 kPa

11. Penunjukan temperatur pada termometer dengan sensor kering sering tidak disebabkan pengaruh...

a. Radiasi panas

b. Panas laten

c. Panas sensibel

d. Kelembaban relatif

12. Hukum gas ideal adalah

a. $\frac{p}{v} = \frac{R}{t}$

b. $p v = R t$

c. $p t = R p$

d. $V = p R t$

13. Untuk menghitung perbandingan pencampuran lembab udara penyegar adalah

a. $W_a = W_r - Q G$

b. $W_a = W_r - \frac{G}{Q}$

c. $W_a = W_r - \frac{Q}{G}$

d. $W_a = W_r - \frac{6}{597,3 \text{ i?}}$

14. Unit koil kipas udara yang menggunakan air sebagai pendingin dipasang
- Condensing unit
 - Evaporating unit
 - Chilling unit
 - Reheat coil
15. Untuk penyebar udara sistem unit induksi tekanan nosel untuk bertekanan adalah ...
- 5 sampai 12 mm H₂O
 - 10 sampai 15 mm H₂O
 - 20 sampai 25 mm H₂O
 - 25 sampai 70 mm H₂O
16. Daya motor listrik yang digunakan untuk penyebar udara jenis paket menggunakan motor hermatik adalah ...
- 05 kW
 - 2 kW
 - 5 kW
 - 7,5 kW
17. Kapasitas penyebar udara unti paket berkisar antara ...
- 3 sampai 10 TR
 - 10 sampai 15 TR
 - 15 sampai 20 TR
 - 20 sampai 25 TR
18. Refrigeran yang digunakan untuk penyebar udara jenis paket antara lain ...
- R-22
-

- b. R-40
 - c. R-50
 - d. R-717
19. Kapasitas penyejuk udara kamar antara...
- a. 0,2 – 1 TR
 - b. 0,5 – 2 TR
 - c. 2 - 3 TR
 - d. 3 - 5 TR
20. Kekurangan jenis penyejuk udara kamar terletak pada ...
- a. Penempatan memakan tempat
 - b. Distribusi udara
 - c. Kapasitas terlalu besar
 - d. Pemasangan terlalu sulit
-

b. Essay Test.

1. a) Untuk kenyamanan tubuh, panas dibuang dari tubuh dengan tiga Sebutkan !
b) Pada temperatur berapa kondisi udara nyaman bagi tubuh manusia?
c) Berapa kelembaban relatif yang cocok untuk kenyamanan tubuh manusia?
 2. Mengapa psikometri mempunyai arti yang sangat penting pengkondisian udara?
 3. Bila suhu udara 30°C dan kelembaban relatif 45% sedangkan tekanan barometrik standar 101,3 kPa.
 - a. Rasio kelembaban
 - b. Volume spesifik
 4. Terdiri dari apa saja
 - a. Beban kalor ruangan
 - b. Beban kalor alat penyejuk udara
 5. Sebutkan 5 jenis sistem penyejuk udara!
-

c. LEMBAR JAWABAN TEORI OBJEKTIF TES

1. C
 2. D
 3. A
 4. B
 5. C
 6. D
 7. C
 8. B
 9. A
 10. B
 11. A
 12. B
 13. C
 14. C
 15. D
 16. D
 17. A
 18. A
 19. B
 20. B
-

d. LEMBARAN JAWABAN TEORI ESSAY TEST

1. a. Untuk kenyamanan tubuh, panas dibuang dari tubuh dengan cara konduksi, konveksi, radiasi dan penguapan
- b. Kondisi temperatur udara yang nyaman bagi tubuh adalah antara 72 s.d. 80°F
- c. Kelembaban relatif dari udara yang nyaman bagi tubuh manusia adalah 45 sampai 50%
2. Psikometri mempunyai arti yang sangat penting pada pengkondisian udara. Psikometri adalah merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan udara sedangkan udara yang akan dikondisikan atau disegarkan adalah atmosfer merupakan campuran antara udara dan uap air.

3. Diketahui :

Suhu udara – 30°C

Kelembaban relatif 45%

Tekanan barometrik standar, 101,3 kPa (pt)

Ditanya :

- a) Rasio kelembaban
- b) Volume spesifik

Penyelesaian :

- a) Pada suhu 30°C tekanan uap air jenuh = 4,241 kPa. Jadi tekanan uap air kelembaban relatif 45% = $0,45 (4,241 \text{ kPa}) = 1,91 \text{ kPa (ps)}$, maka kelembaban adalah :
-

$$W = 0,622 \times \frac{p_s}{p_t - p_s} = 0,622 \times \frac{1,91}{101,3 - 1,91} = \frac{1,188}{99,39}$$

$$= 0,0119 \text{ kg/kg}$$

b) Volume spesifik :

$$V = \frac{R_a T}{p_t - p_s} = \frac{287 (30 + 273,15)}{(101300 \text{ Pa} - 1910 \text{ Pa})}$$

$$= 0,875 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ udara kering}$$

4. a). Beban kalor ruangan terdiri dari :

? Kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan

? Kalor yang bersumber didalam ruangan itu sendiri

b) Beban kalor alat penyejuk udara terdiri dari :

? Beban blower

? Motor

? Kebocoran saluran

5. Lima (5) jenis penyejuk udara

a) Penyejuk udara sentral

b) Unit koil kipas udara

c) Unit induksi

d) Penyejuk udara jenis paket

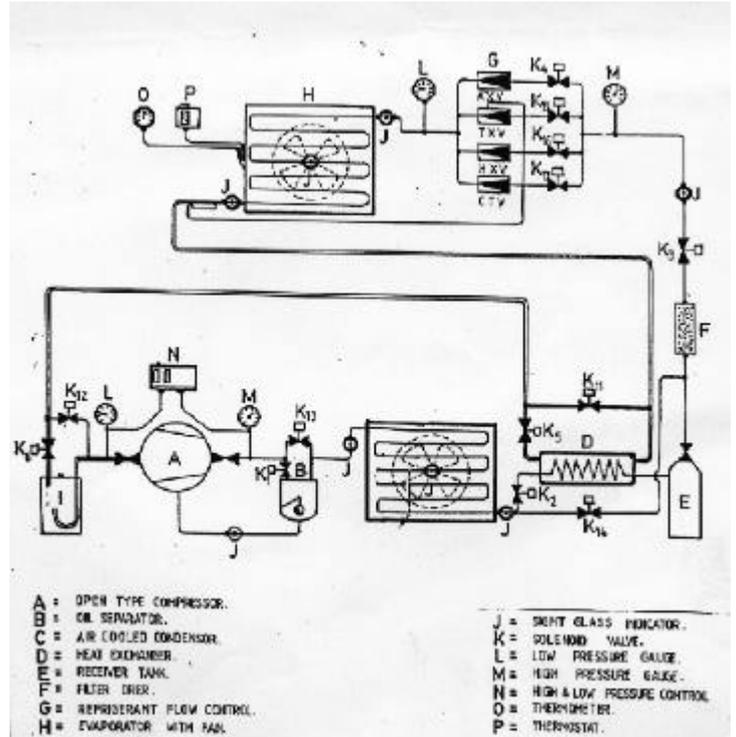
e) Penyejuk udara kamar

B. TEST PRAKTEK

Mengoperasikan mesin pendingin dan mengamati hasil penunjukkan alat ukur trainer AC

1. Petunjuk :
 1. Ikutilah prosedur pengoperasian sesuai dengan langkah ke
 2. Perhatikan keselamatan dan kesehatan kerja selama p berlangsung.

Gambar kerja :



3. Langkah Kerja :
 - a. Siapkan alat dan bahan praktek
 - b. Pelajari gambar kerja sebelum melakukan praktek
 - c. On-kan sakelar selenoid dengan mengurutkan dari K1, K2, K3, K16, K dan K8
 - d. Hubungkan sistem ke sumber listrik
 - e. On-kan sakelar utama dari sistem
 - f. On-kan k9 untuk menjalankan motor penggerak A
 - g. On-kan k10 untuk menjalankan komponen
 - h. Perhatikan jalannya proses kerja mesin pendingin dengan melihat refrigeran melalui sight glass indicator dan penunjukkan prosure gauge.
 - i. Catatlah penunjukkan :

Low pressure gauge (L)	High pressure gauge (M)	Termometer pada evaporator (0)	Arus (dengan memasang tang amper)

- j. Kecilkan aliran refrigeran pada katup ekspansi k16 dengan memutar s ke kanan dan cacat kembali penunjukkan seperti tabel (I) sekitar 15 men
 - k. Besarkan aliran refrigeran pada katup ekspansi dengan memutar k16 k dan lebih besar dari posisi keadaan (I) dan catat hasil penunjjkan (lal sekitar 15 menit)
 - l. Kembalikan posisi k16 seperti posisi (I)
 - m. Matikan k7 (kipas kondensor) dan catat kembali penunjukkan alat uku menit)
 - n. Hidupkan kembali k7
 - o. Ambillah kesimpulan dari praktek sekaligus dengan laporan praktek
-

PENILAIAN HASIL PRAKTEK

Buat tanda (V) apabila sudah melakukan praktek dengan memenuhi persyaratan
tanda (x) bila belum :

Hal-hal yang dinilai	Lulus	Belum lulus
Persiapan praktek		
Langkah kerja (SOP)		
Pencatatan hasil praktek		
Kesimpulan dan laporan hasil praktek		
Hasil penilaian :		

IV. PENUTUP

Apabila telah menyelesaikan seluruh materi modul dan pada evaluasi akhir baik maupun praktek dinyatakan lulus, maka peserta pelatihan dapat diberikan sertifikat untuk Dasar-Dasar Tata Udara. Kemudian peserta pelatihan dapat mengajukan mengikuti uji kompetensi tentang Dasar-Dasar Tata Udara atau melanjutkan kepada level yang lebih tinggi.

Akan tetapi bila belum lulus, dapat mengulang kembali dengan mengajukan ke pelatih dan waktunya dapat ditentukan kembali oleh pelatih.

DAFTAR PUSTAKA

Andrew D. Athouse, B.S (ME), Modern Refrigeration and Air Conditioning,
1982

R.S. Khurmi, J.K. Gupta, *Refrigeration and Air Conditioning*, New Delhi, 200

Sumanto, Drs. M.A., *Dasar-Dasar Mesin Pendingin*, Yogyakarta, 1996

Wilbert F. Stracker, Jerold W. Jones, Supratman Hara, *Refrigerasi dan Pengkon-*
Udara, Bandung, 1989

Wirantor Arismunandar, Heizo Saito, *Penyegaran Udara*, Bandung, 1980
