

PERTEMUAN KE : XII (DUA BELAS)
MATA KULIAH : MESIN KONVERSI ENERGI LANJUT
DOSEN : Ir. Aji Digdoyo , M.Si
Materi : Psikrometri

1. Definisi Psikrometri

Psikrometri merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air. Uap air adalah bentuk gas dari air pada temperatur di bawah titik uap air, yang nilainya tergantung pada tekanan atmosfer. Pada temperatur dan tekanan barometer tertentu, uap air dapat berwujud gas atau liquid. Kandungan uap air di udara dapat mencapai 1 hingga 3 % dari total volume udara. Uap air dapat menguap pada tekanan yang sangat rendah (Widodo dan Syamsuri, 2008).

Tujuan utama mempelajari psikrometri ialah menghitung besarnya energi yang diperlukan untuk mengkondisikan udara (*air conditioning*). Dalam psikrometri perlu diketahui komponen-komponen yang digunakan untuk mengidentifikasi sifat-sifat termodinamika udara yang diantaranya adalah temperatur bola kering (*dry bulb temperature*), temperatur bola basah (*wet bulb temperature*), titik embun (*dew point*), tekanan uap air (*vapor press*), entalpi, volume spesifik (*specific volume*), kelembapan relatif (*relative humidity*), dan kelembapan spesifik (*humidity ratio*) (Sugiarto, 2012).

2. Komponen-Komponen untuk Identifikasi Sifat Termodinamika Udara

Terdapat beberapa komponen yang digunakan untuk identifikasi sifat termodinamika udara. Komponen inilah yang menjadi dasar untuk mempelajari psikometri (Widodo dan Syamsuri, 2008).

a. Temperatur Bola Kering (*Dry Bulb Temperature, T_{db}*)

Temperatur bola kering (DB) merupakan temperatur yang diukur dan dibaca melalui skala termometer sensor kering dan terbuka. Temperatur DB dibaca dalam °F, atau °C, (°R atau K), namun temperatur yang dibaca ini tidak tepat karena pengaruh radiasi panas. Suhu DB ini merupakan ukuran panas sensibel. Perubahan suhu DB menunjukkan adanya perubahan panas sensibel (Sugiarto, 2012).

b. Temperatur Bola Basah (*Wet Bulb Temperature, T_{wb}*)

Temperatur bola basah (WB) adalah kondisi temperatur saat terjadi kesetimbangan antara campuran udara dan uap air. Temperatur bola basah diukur menggunakan termometer yang ditempatkan pada aliran udara minimal 5 m/s. Sensor termometer WB dibalut kain kassa basah untuk menghindari radiasi panas. Suhu WB merupakan ukuran panas total (entalpi). Perubahan suhu WB menunjukkan adanya perubahan panas total (Sugiarto, 2012).

c. Temperatur Titik Embun (*Dew Point Temperture, T_{dp}*)

Temperatur titik embun (DP) adalah suhu di mana udara mulai menunjukkan aksi pengembunan ketika didinginkan. Temperatur DP ditandai sebagai titik sepanjang garis saturasi. Pada saat udara ruang mengalami saturasi (jenuh) maka besarnya suhu DB sama dengan suhu WB dan DP (Parish dan Putman, 1977). Temperatur DP merupakan ukuran panas laten pada sistem. Perubahan temperatur DP menunjukkan adanya perubahan panas laten atau adanya perubahan kandungan uap air di udara.

d. Tekanan Uap Air (*Vapor Press, P_v*)

Tekanan uap air merupakan tekanan parsial uap air yang ditimbulkan oleh molekul uap air di dalam udara lembap pada temperatur konstan. Apabila udara mencapai kondisi jenuh, maka tekanan uap air tersebut disebut tekanan uap air jenuh (P_{vs}) (Parish dan Putman, 1977).

e. Volume Spesifik (*Specific Volume, v*)

Volume spesifik adalah ruang udara pada setiap meter kubik (m^3) persatuan berat (Kg). Volume spesifik dinyatakan dalam satuan volume per satuan berat (m^3/kg). Garis skalanya sama dengan garis skala bola basah (wet bulb).

f. Kelembapan Relatif (*Relative Humidity, RH*)

Kelembapan relatif (RH) merupakan perbandingan tekanan uap air terhadap tekanan uap air jenuh pada temperatur konstan pada suatu ruang atau lokasi tertentu. Kelembapan relatif dinyatakan dalam satuan persen atau disebut %RH (Parish dan Putman, 1977). Kelembapan relatif dapat dirumuskan (Stoecker and Jones, 1989)

$$RH = \frac{P_w}{P_{ws}} \times 100\%$$

dimana : P_w = Tekanan parsial uap air; P_{ws} = Tekanan jenuh uap air

g. Kelembapan Spesifik (*Humidity Ratio, W*)

Kelembapan spesifik (W) adalah massa uap air (m_u) yang terkandung dalam udara lembap per-satuan massa udara kering (m_a) pada atmosfer. Kelembapan spesifik diukur dalam satuan grains per pound udara (7000 grains = 1 pound) dan diplotkan pada garis sumbu vertikal yang ada di bagian samping kanan chart (Parish dan Putman, 1977).

Kelembapan spesifik dapat dirumuskan (Stoecker and Jones, 1989):

$$w = \frac{M_u}{M_a}$$

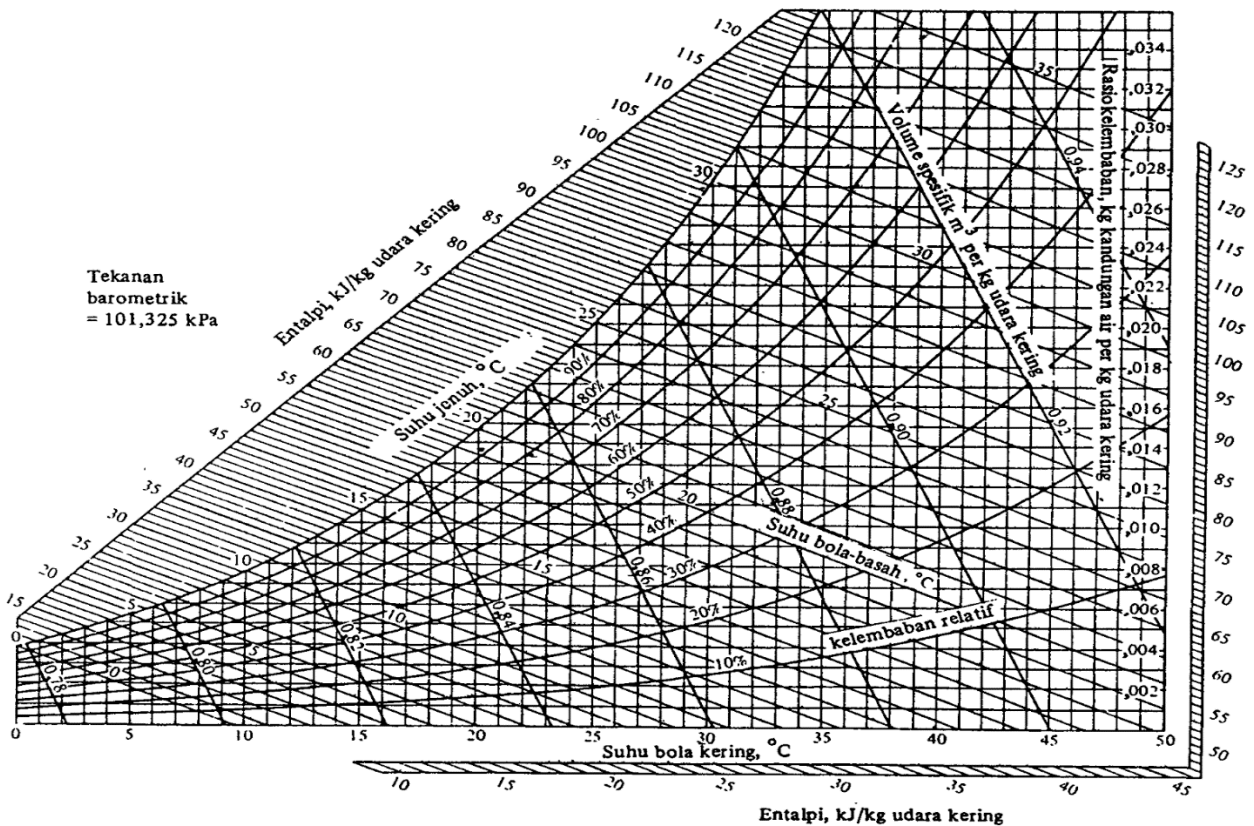
dimana : W = Kelembapan spesifik; M_u = Massa uap air; M_a = Massa udara kering

h. Entalpi (*Enthalpy, h*)

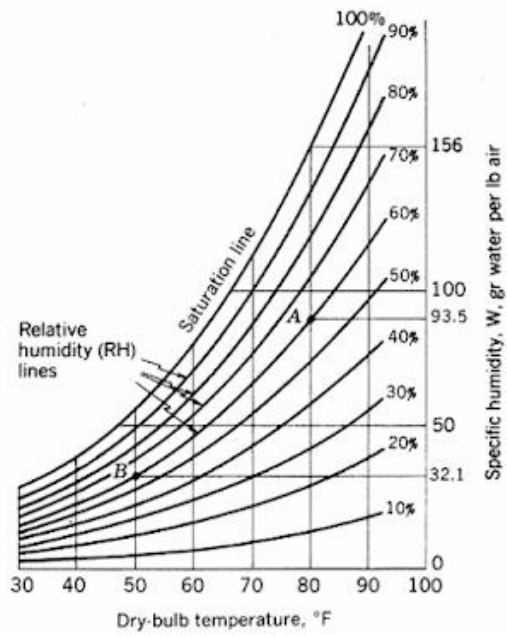
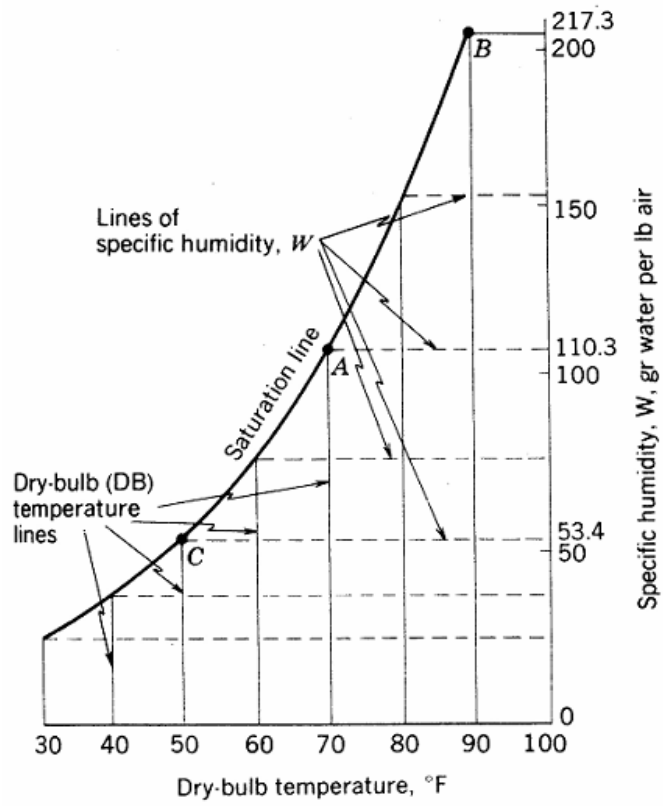
Entalpi merupakan energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada temperatur tertentu, atau jumlah energi kalor yang diperlukan untuk memanaskan 1 kg udara kering dan x kg air (dalam fasa cair) dari 0°C sampai mencapai t°C dan menguapkannya menjadi uap air (fase gas). Entalpi dinyatakan dalam satuan Btu/lb. Harga entalpi dapat diperoleh sepanjang skala di atas garis saturasi (Bhatia, 2012).

3. Bagan Psikrometrik (*Psychrometric Chart*)

Grafik psikrometrik adalah sebuah grafik atau bagan yang memuat komponen-komponen untuk menentukan sifat/karakteristik udara. Grafik psikrometrik (*psychrometric chart*) berhubungan dengan berbagai macam parameter yang termasuk di dalam neraca energi dan massa pada udara lembap (Sugiarto, 2012). Pada grafik psikrometrik, sumbu vertical (pada bagian kanan) adalah *specific humidity*, sedangkan sumbu horizontal merupakan *dry-bulb temperature*. Grafik psikrometrik dapat dilihat pada **gambar 2.1**. Sedangkan pemetaan garis masing-masing komponen grafik psikrometrik dapat dilihat pada **gambar 2.2**.



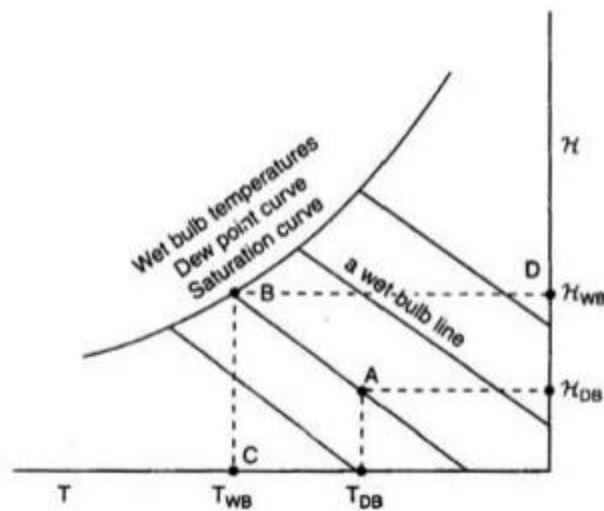
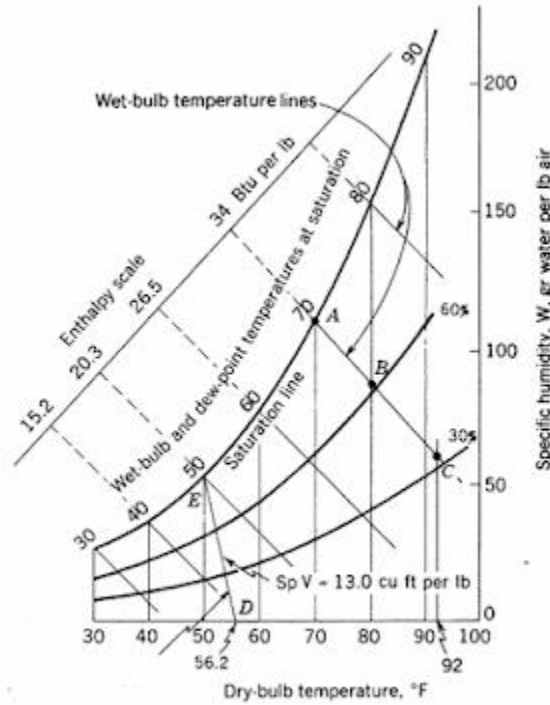
Gambar 2.1 Bagan Psikometri (Stoecker and Jones, 1989)



Gambar 2.2 Pemetaan garis (atas) skala suhu bola kering (DB), Kelembapan (w), dan garis saturasi (saturation line), (tengah) skala kelembapan relatif (RH), (bawah) skala volume spesifik yang segaris dengan suhu bola basah (WB), suhu titik embun (DP) dan entalpi (Sugiarto, 2012).

a. Garis Wet-bulb (Persamaan)

Wet-bulb temperature berdasarkan pada kesetimbangan antara laju energi ke bola (bulb) dan evaporasi air. Representasi proses *wet-bulb* pada grafik dapat dilihat pada **gambar 2.3**.

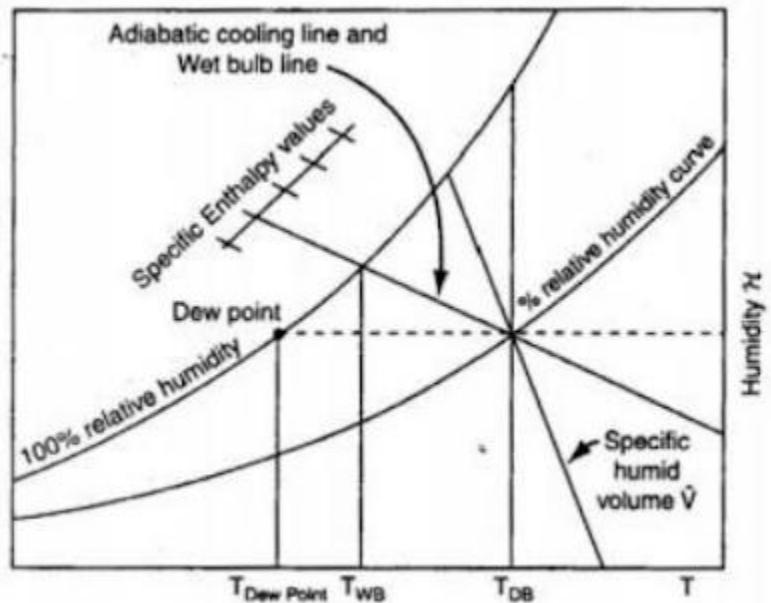


Gambar 2.3 Representasi proses wet-bulb pada grafik

Sebagai contoh, pada proses wet-bulb dengan kondisi awal TDB (sepanjang garis horisontal) dan HDB (sepanjang garis vertikal) kombinasi kedua garis tersebut adalah titik A. Garis ditarik ke arah kiri melalui *wet-bulb line* menuju kurva saturasi (di titik B). Lalu dari titik B ditarik garis ke bawah sehingga diperoleh TWB (di titik C), dan ditarik garis ke samping arah kanan dari titik B sehingga diperoleh HDB (di titik D) (Bhatia, 2012).

b. Garis Pendinginan Adiabatis (Persamaan)

Pendinginan adiabatik disebut juga humidifikasi. Pada proses ini, udara didinginkan dan dihumidifikasi (kandungan air naik) sedangkan sedikit air yang diresirkulasi diuapkan (Bhatia, 2012). Pada kondisi kesetimbangan dan *steady-state*, temperatur udara keluar sama dengan temperatur air, dan udara yang keluar jenuh pada kondisi temperatur ini. Kerangka grafik psikometrik hubungan dapat dilihat pada **gambar 2.4**.



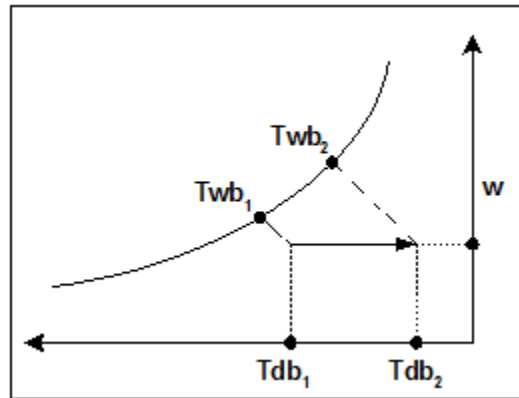
Gambar 2.4 Kerangka grafik psikometrik menunjukkan hubungan *temperature, dewpoint, wet and dry bulb temperature, relative humidity, specific humid volume, humidity enthalpy, adiabatic cooling/wet-bulb line*.

4. Proses Udara Thermal

Beberapa proses udara yang terjadi dalam *psychometric chart* adalah :

a. Proses pemanasan (*Heating*)

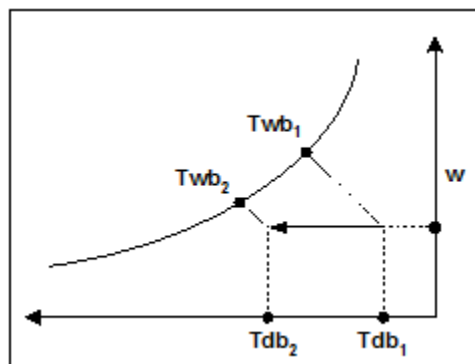
Proses pemanasan adalah proses penambahan kalor sensibel ke udara sehingga temperatur udara tersebut naik. Proses ini disebabkan oleh perubahan temperatur bola kering (DB) udara tanpa perubahan rasio kelembapan. Garis proses pada *psychometric chart* adalah garis horizontal ke arah kanan (Pita, 1981).



Gambar 2.5 Proses pemanasan

b. Proses pendinginan (*Cooling*)

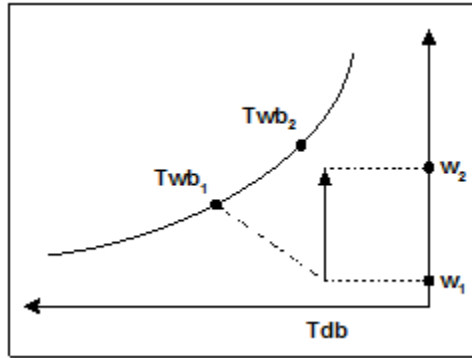
Proses pendinginan adalah proses pengambilan kalor sensibel dari udara sehingga temperatur udara tersebut mengalami penurunan. Proses ini disebabkan oleh perubahan temperatur bola kering udara tanpa perubahan rasio kelembapan. Garis proses pada grafik psikometrik adalah garis horizontal ke arah kiri (Pita, 1981).



Gambar 2.6 Proses pendinginan

C. Proses pelembapan (*humidifikasi*)

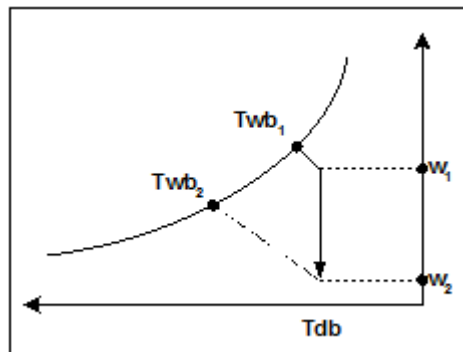
Proses pelembapan adalah proses penambahan kandungan uap air ke udara sehingga terjadi kenaikan entalpi dan rasio kelembapan. Pada proses ini terjadi perubahan kalor laten tanpa disertai perubahan kalor sensibel. Garis proses pada grafik psikometrik adalah garis vertikal ke arah atas (Pita, 1981).



Gambar 2.7 Proses pelembapan

d. Proses penurunan kelembapan (*dehumidifikasi*)

Proses penurunan kelembapan adalah proses pengurangan kandungan uap air ke udara sehingga terjadi penurunan entalpi dan rasio kelembapan. Pada proses ini terjadi perubahan kalor laten tanpa disertai perubahan kalor sensibel. Garis proses pada grafik psikometrik adalah garis vertikal ke arah bawah (Pita, 1981).

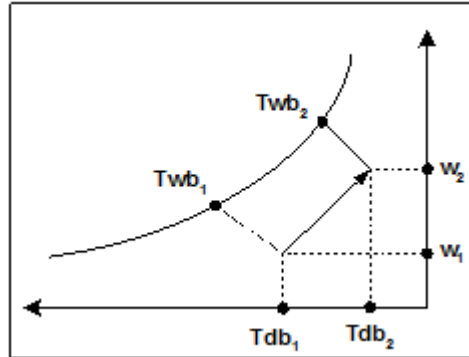


Gambar 2.8 Proses penurunan kelembapan

e. Proses pemanasan dan pelembapan (*Heating dan humidifikasi*)

Pada proses ini udara dipanaskan disertai dengan penambahan uap air, sehingga didapatkan peningkatan kalor sensibel dan kalor laten secara bersamaan. Pada proses ini terjadi

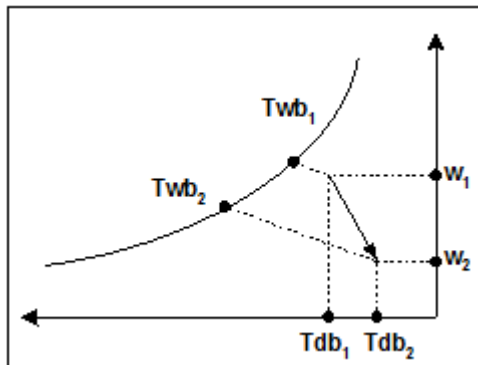
kenaikan rasio kelembapan, entalpi, Tdb, Twb dan kelembapan relatif. Garis proses pada grafik psikometrik adalah garis ke arah kanan atas (Pita, 1981).



Gambar 2.9 Proses pemanasan dan pelembapan

f. Proses pemanasan dan penurunan kelembapan (*Heating dan dehumidifikasi*)

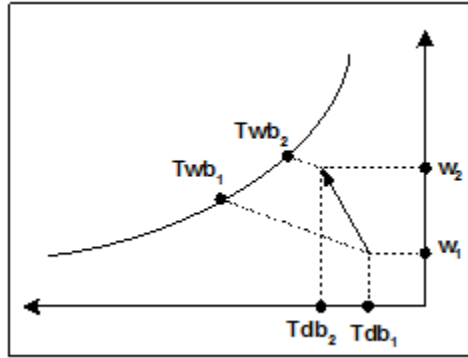
Pada proses ini udara mengalami pendinginan dahulu sampai temperaturnya dibawah titik embun udara, pada temperatur ini udara mengalami pengembunan sehingga kandungan uap air akan berkurang (Pita, 1981).



Gambar 2.10 Proses pemanasan dan penurunan kelembapan

g. Proses pendinginan dan pelembapan (*Cooling dan humidifikasi*)

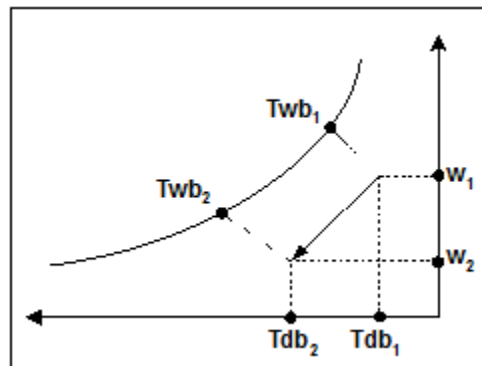
Proses ini dilakukan dengan melewati udara pada ruangan semburan air yang temperaturnya lebih rendah dari temperatur udara, tetapi lebih tinggi dari titik embun udara sehingga temperatur akan mengalami penurunan dan rasio kelembapan akan mengalami peningkatan (Pita, 1981).



Gambar 2.11 Proses pemanasan dan penurunan kelembapan

h. Proses pendinginan dan penurunan kelembapan (*Cooling dan dehumidifikasi*)

Proses ini dilakukan dengan cara melewati udara pada koil pendingin atau ruangan semburan air dimana temperaturnya lebih rendah dari temperatur udara sehingga terjadi penurunan kalor laten dan kalor sensibel (Pita, 1981).



Gambar 2.12 Proses pendinginan dan penurunan kelembapan

<https://www.youtube.com/watch?v=-7naNQ7SoR8>

<https://www.youtube.com/watch?v=GXe04hA1LXs>

<https://www.youtube.com/watch?v=HPI50nwYCUQ>

https://www.youtube.com/watch?v=uJ-8Uq_U7OM