

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 *Evaporative cooling*

*Evaporative Cooling* merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan prinsip *evaporative cooling*. Pendinginan *evaporative* secara teknik disebut dengan pendinginan *adiabatik* yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan dari panas sensibel menjadi panas laten. Perpindahan panas *sensibel* terjadi karena perbedaan suhu dan panas laten terjadi dari perpindahan massa yang dihasilkan dari penguapan sebagian dari air yang bersirkulasi dan temperatur bola kering udara akan menurun dalam proses ini. Apabila selang waktu kontak air dan udara mencukupi, maka udara akan mencapai kondisi saturasi. Ketika kondisi *equilibrium* tercapai, temperatur air turun hingga sama dengan temperatur bola basah udara. Secara umum akan diperoleh bahwa temperatur bola basah udara sebelum dan sesudah proses adalah sama karena proses semacam ini terjadi di sepanjang garis bola basah (wB) yang konstan.

*Evaporative Cooling*, juga dikenal sebagai *Swamp Cooling* atau *Open Space Cooling*, dikembangkan sebagai metode pendinginan udara yang terjangkau dan hemat energi. Ini biasanya dianggap sebagai alternatif yang ekonomis untuk AC tradisional yang memiliki biaya pemasangan dan pengoperasian yang tinggi. Berbeda dengan *Air Conditioner*, *Evaporative Cooling* menghasilkan udara sejuk dengan cara menguapkan air, di mana hal itu merupakan suatu proses yang lebih alami.

Sederhananya - selama proses penguapan air, air yang merupakan zat cair perlu menyerap panas dalam jumlah yang relatif besar agar bisa berubah menjadi

uap (juga dikenal sebagai Panas Laten Penguapan). Ketika uap air yang dihasilkan lepas ke atmosfer, panas ini ikut terbawa. Pelepasan panas inilah yang membuat udara menjadi lebih dingin dari sebelumnya. *Evaporative Cooling* memanfaatkan fenomena pendinginan ini untuk menghasilkan udara sejuk yang dapat didistribusikan ke seluruh gedung, ruang terbuka, dan juga kepada orang-orang yang membutuhkan pendinginan.

## 2.2 Pendinginan *Evaporative Cooling*

Proses pendinginan *evaporative* atau secara teknik disebut dengan proses pendinginan *adiabatik* adalah suatu proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan air, sehingga terjadiperpindahan panas dan perpindahan massa antara keduanya. Temperatur bola kering udara akan menurun dalam proses ini, dan panas sensibel yang dilepaskan digunakan untuk menguapkan sebagian butiran air. Apabila selang waktu kontak air dan udara mencukupi, maka udara akan mencapai kondisi saturasi. Ketika kondisi equilibrium tercapai, temperatur air menurun hingga sama dengan temperatur bola basah udara. Secara umum akan diperoleh bahwa temperatur bola basah udara sebelum dan sesudah proses adalah sama karena proses terjadi di sepanjang garis bola basah (TwB) yang konstan.

Beberapa fakta yang terjadi dalam proses pendinginan udara dengan cara *saturasi adiabatik* :

- a. Hanya terjadi perpindahan panas internal, jumlah panas *sensibel* yang dilepaskan adalah sama dengan jumlah panas laten yang diterima, dan jumlah panas total dari udara yang melalui pendinginan adalah konstan.
- b. Temperatur bola basah adalah konstan, temperatur bola kering turun, dan

*temperatur dew point* naik.

c. Titik-titik air pada *pad* basah pada *air cooler* akan dengan sendirinya menyesuaikan pada temperatur bola basah. Apabila titik-titik air yang masuk pada pendinginan memiliki temperatur lebih rendah daripada temperatur bola basah, maka mula-mula temperatur titik-titik air tersebut akan naik hingga mencapai temperatur bola basah kemudian baru menguap. Apabila titik-titik air yang masuk pada pendingin memiliki temperatur lebih tinggi daripada temperatur bola basah, maka temperatur titik-titik air itu akan turun hingga mencapai temperatur bola basah oleh karena terjadinya penguapan. Temperatur air yang akan masuk ke pendingin hanya memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap efisiensi pendinginan oleh karena panas untuk pendingin 1 kg air hingga mencapai temperatur bola basah biasanya kurang dari 23,29kJ, sedangkan panas yang akan diserapnya ketika menguap adalah sebesar 1118,3kJ.

d. Kuantitas pendinginan udara yang dihasilkan adalah berbanding secara lurus terhadap jumlah air yang menguap.

e. Apabila kondisi udara jenuh tercapai, maka temperatur bola kering dari udara yang keluar dari pendingin adalah sama dengan temperatur bola basah dan sama dengan temperatur *dew-point*. Namun bagaimanapun juga, kondisi udara 100% jenuh jarang sekali dapat dicapai, dan udara yang meninggalkan pendingin walaupun memiliki batas temperatur bola basah sebagai batas peling rendah, namun sesungguhnya tidak benar-benar mampu mencapai temperatur itu. Dari pengertian diatas, dapat diturunkan persamaan untuk menyatakan proses saturasi adiabatik dari campuran udara – uap air, yaitu jumlah panas *sensibel*

yang dilepas adalah sama dengan jumlah panas laten yang diserap, atau secara matematis untuk satu satuan massa udara, dapat dinyatakan dengan persamaan

(2.1) :

$$(c_a + c_w) (T_{db} - T_{wb}) = L_v (w_s - w) \quad (2.1)$$

pada Persamaan (2.1)

$c_a$  = panas jenis udara kering, kJ/kg.K

$c_w$  = panas jenis uap air, kJ/kg.K

$w_s$  = kelembaban spesifik udara setelah proses, kJ/kg

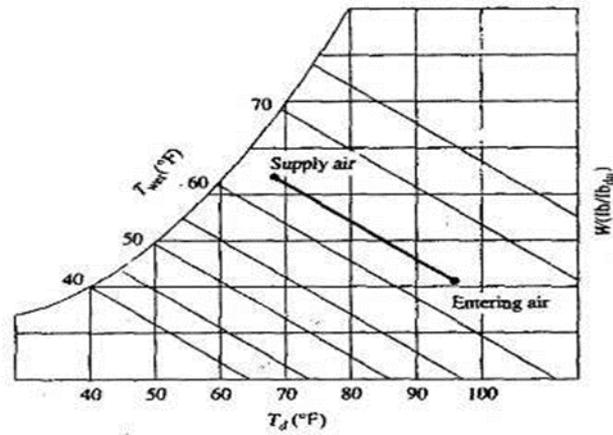
$w$  = kelembaban spesifik udara sebelum proses, kJ/kg

$T_{dB}$  = temperatur bola kering, K

$T_{wB}$  = temperatur bola basah, K

$L_v$  = panas laten penguapan air, kJ/kg

Syarat agar proses pendinginan *evaporative* dapat berlangsung dengan baik adalah kondisi lingkungan yang panas dan kering, yaitu lingkungan yang memiliki suhu tinggi dan temperatur bola basah yang relatif rendah. Dibandingkan dengan pendinginan sistem *refrigerasi*, pendinginan *evaporative* jauh lebih murah. Biaya awal yang dikeluarkan untuk membuat sebuah sistem pendinginan *refrigerasi* untuk ukuran yang sama, dan energi listrik yang dibutuhkan untuk pengoperasian alat pendingin *evaporative* pada umumnya kurang dari satu per lima kali dari energi yang dibutuhkan untuk alat pendingin *refrigerasi*. Hal inilah yang membuat alat pendingin *evaporative* menjadi pilihan yang disukai di daerah dengan kondisi udara lingkungan yang mengijinkan.

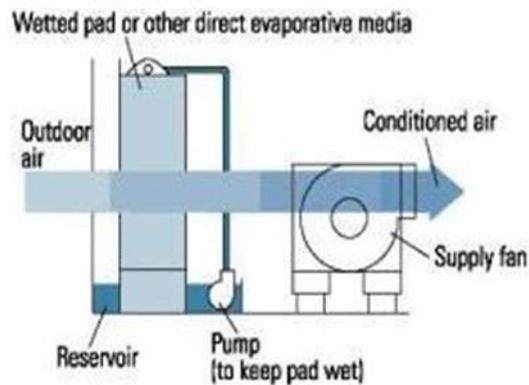


Gambar 2.1 Proses pendinginan *evaporative*

## 2.4 Tipe Desain *Evaporative Cooling*

### 2.4.1 *Direct evaporative cooling*

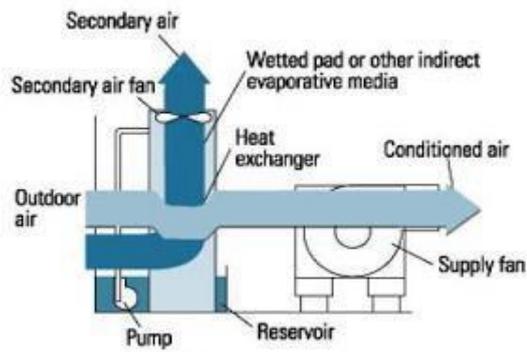
*Direct evaporative cooling* merupakan suatu cara yang digunakan untuk mendinginkan udara dengan sangat sederhana. Sebuah unit pendingin menguapkan uap air secara mekanik dengan menggunakan kipas angin untuk menarik udara melalui membrane yang dibasahi, atau *pad*, yang menyediakan permukaan yang luas untuk penguapan air ke udara. Air disemprotkan di bagian atas *pad* sehingga dapat menetes ke dalam membran dan terus menjaga membran dalam keadaan basah. Setiap kelebihan air yang menetes keluar dari bagian bawah membrane dikumpulkan dalam bak penampungan air kemudian diedarkan kembali ke atas. Prinsip kerja *evaporative cooling* dapat dilihat pada Gambar 2.1. Udara dari luar (*outdoor air*) dialirkan secara paksa menggunakan *supply fan* melalui *cooling pad* yang dijaga tetap basah dengan cara mengalirkan air dari bagian atas *cooling pad* sehingga sebagian panas sensibel dari udara dipindahkan ke air dan menjadi panas laten yang menyebabkan suhu udara menjadi dingin. (Karpiscak, 1994, p.3)



Gambar 2.2 *Direct evaporative cooling*

#### 2.4.2 *Indirect Evaporative Cooling*

*Indirect evaporative cooling* merupakan proses mendinginkan tanpa meningkatkan *kelembaban spesifik* ( $w$ ). Sistem *indirect*, lebih mahal dan mengkonsumsi energi yang lebih banyak jika dibandingkan dengan menggunakan sistem *direct evaporative cooler*. Prinsip kerja dari sistem ini ditunjukkan pada Gambar 2.2. *Supply fan* mengalirkan udara luar (*outdoor air*) hingga bersentuhan dengan satu sisi permukaan *heat exchanger* yang dingin, yang didalamnya mengalir udara (*secondary air*) yang suhunya relatif rendah. Setelah terjadi perpindahan panas antara udara yang mengalir di luar *heat exchanger* dengan udara yang berada di dalam melalui *heat exchanger*, udara yang di dalam suhunya menjadi naik dan pada saat bersamaan pada sisi lain *heat exchanger* bersentuhan dengan *cooling pad* sehingga terjadi proses *direct evaporative cooling*. (Karpiscak, 1994, p.3)



Gambar 2.3. *Indirect evaporative cooling*

## 2.5 Sifat Udara Basah *Evaporative Cooling*

### 2.5.1 Temperatur Bola Kering (*dry bulb temperature*) (TdB)

Ini adalah suhu yang biasanya kita anggap sebagai suhu udara, diukur dengan pengukur suhu biasa yang terpapar aliran udara. Suhu bola kering mengacu pada suhu udara yang diukur dengan menggunakan termometer biasa atau termometer digital standar. Ini adalah jenis pengukuran suhu yang paling umum dan sering kali disebut sebagai “suhu udara” secara sederhana. Pengukuran ini tidak memperhitungkan kelembaban udara atau uap air yang ada di dalamnya. Oleh karena itu, suhu bola kering memberikan gambaran tentang sejauh mana suhu udara yang diukur tersebut

### 2.5.2 Temperatur Bola Basah (*wet bulb temperature*) (TwB)

Penjelasan sederhana mengenai temperatur bola basah adalah temperatur paling rendah yang mampu ditunjukkan oleh termometer yang bolanya dililit dengan kain atau sumbu basah ketika termometer diletakkan di tempat yang dilalui aliran udara. Panas laten penguapan ditentukan oleh temperatur bola basah, bukan temperatur bola kering karena penguapan aktual terjadi pada pembacaan temperatur bola basah. Ketika udara yang tidak jenuh berhembus melalui termometer bola basah, air dari permukaan yang dibasahi akan

menguap, dan panas laten yang diserap oleh proses penguapan air menyebabkan turunnya temperatur yang ditunjukkan oleh termometer. Pada kondisi kesetimbangan, temperatur yang ditunjukkan oleh termometer akan konstan. Temperatur inilah yang disebut dengan temperatur bola basah.

### **2.5.3 Kelembaban Spesifik (*spesifik humidity*) ( $w$ )**

Kelembaban spesifik ( $w$ ) didefinisikan sebagai massa uap air tiap satuan massa udara kering dalam campuran tertentu pada temperatur bola kering ( $t_B$ ) tertentu saat menyatakan kandungan uap air sebenarnya dalam udara. Untuk mengetahui besar kelembaban spesifik ( $w$ ) dapat ditentukan dengan melihat *Psychrometric Chart* dinyatakan dengan skala vertikal yang terletak pada batas kanan dari diagram.

### **2.5.4 Kelembaban Relatif (*relative humidity*) ( $RH$ )**

Udara bebas akan selalu mengandung uap air, dan apabila udara tersebut mengandung seluruh uap air yang mampu dibawanya, maka dikatakan bahwa udara tersebut mengalami kondisi jenuh. Pada temperatur yang rendah, sangat sedikit uap air yang dibutuhkan untuk membuat udara menjadi jenuh, dan pada temperatur yang tinggi diperlukan banyak uap air untuk membuat udara menjadi jenuh. Dengan demikian, apabila tiba-tiba temperatur udara turun maka sebagian uap air tersebut akan mengembun. Akan tetapi udara tidak selalu berada pada kondisi jenuh, udara pada umumnya berada pada keadaan dibawah titik jenuh. Kelembaban relatif merupakan ukuran derajat kejenuhan udara pada temperatur bola kering ( $t_B$ ) tertentu. Besaran ini menyatakan prosentase kejenuhan udara.  $RH = 100\%$  berarti udara dalam keadaan jenuh dan  $RH = 0\%$  berarti udara dalam keadaan kering sempurna.  $RH$  didefinisikan sebagai rasio

antara tekanan parsial aktual uap air dengan tekanan parsial saturasi uap air pada temperatur bola kering tertentu. Untuk mengetahui nilai RH dapat dilihat pada Psychrometric Chart.

### **2.5.5 Temperature Dew-point (Tdp)**

Jika udara didinginkan, maka kemampuan udara untuk mempertahankan uap air yang dikandungnya akan menurun. Pada penurunan temperatur yang lebih lanjut akan menyebabkan kondensasi atau terjadinya embun. Temperatur *dew-point* didefinisikan sebagai temperatur dimana uap air dalam udara yang didinginkan mulai mengembun. Hal ini berarti udara harus didinginkan mencapai temperatur dew-point untuk mengurangi kandungan uap air yang ada didalamnya.

### **2.5.6 Volume Spesifik (v)**

Untuk menghitung volume spesifik campuran udara-uap air, digunakan persamaan gas ideal. Volume spesifik adalah volume udara campuran dengan satuan meter-kubik per kilogram udara kering. Dapat juga dikatakan sebagai meter-kubik udara kering atau meter kubik campuran per kilogram udara kering, karena volume yang diisi oleh masing-masing substansi sama. Dari persamaan gas ideal, volume spesifik  $v$  dapat dinyatakan dengan melihat *Psychrometric Chart*.

### **2.5.7 Entalpi Udara (h)**

Entalpi campuran udara kering dan uap air adalah jumlah dari entalpi udara kering dan entalpi uap air. Harga entalpi selalu didasarkan pada bidang data (datum plane), dan harga entalpi nol untuk udara kering dipilih pada  $0^{\circ}\text{C}$ . Harga entalpi nol untuk uap air berada pada air jenuh bersuhu  $0^{\circ}\text{C}$ , yang bidang

datanya sama dengan yang digunakan untuk tabel-tabel uap (steam). Suatu persamaan untuk entalpi dapat dinyatakan dengan melihat *Psychrometric Chart*.

### **2.5.8 Psychrometric Chart**

Psikometrik adalah ilmu yang mempelajari sifat-sifat termodinamika dari udara basah. Secara umum digunakan untuk mengilustrasikan dan menganalisis perubahan sifat termal dan karakteristik dari proses dan siklus sistem penyejukan udara (*air conditioning*). Diagram psikometrik adalah gambaran dari sifat-sifat termodinamika dari udara basah dan variasi proses sistem penyejukan udara dan siklus sistem penyejukan udara. Dari diagram psikometrik akan membantu dalam perhitungan dan menganalisis kerja dan perpindahan energi dari proses dan siklus sistem penyejukan udara. Gambar 2.3 *Psychrometric chart* dapat dilihat pada lampiran.

Temperatur bola kering (TdB) ditunjukkan oleh garis-garis vertikal yang ditarik dari sumbu horisontal diagram. Temperatur bola kering adalah ukuran dari panas sensibel, dan perubahan dari temperatur bola kering menyatakan perubahan dari panas sensibel.

Temperatur bola basah (TwB) ditunjukkan oleh garis-garis yang ditarik dari garis saturasi kemudian menurun ke arah kanan bawah sehingga membentuk gradien negatif. Temperatur bola basah adalah merupakan indikator dari panas total (jumlahan dari panas sensibel dan panas laten).

Temperatur *dew-point* (TDP) ditunjukkan dengan titik-titik yang ada di sepanjang garis saturasi. Pada saat kondisi jenuh (saturasi), temperatur *dew-point* (TDP) = temperatur bola basah (wB) = temperatur bola kering (TdB). Temperatur *dew-point* adalah ukuran panas laten, dan perubahan dari temperatur

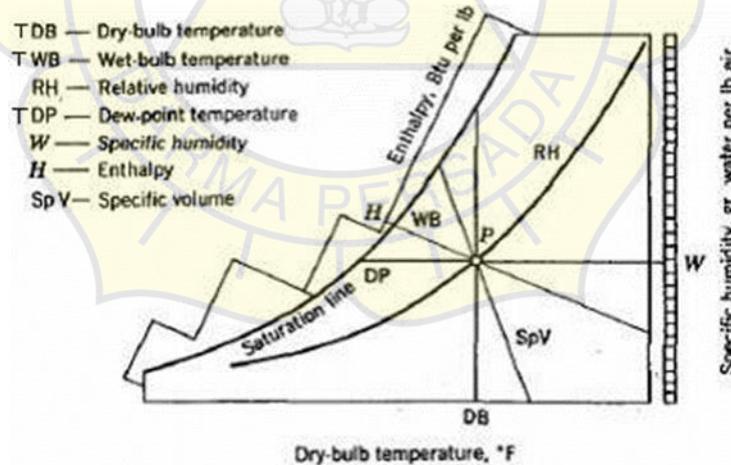
*dew-point* menyatakan perubahan panas laten.

Kelembaban spesifik ( $W$ ) dinyatakan dengan skala vertikal yang terletak pada batas kanan dari diagram.

Kelembaban relatif ( $RH$ ) dinyatakan dengan garis yang ditarik dari sebelah kiri bawah diagram yang kemudian membelok ke arah kanan atas dengan kelengkungan yang menyerupai garis saturasi (100%  $RH$ ).

Volume spesifik ( $v$ ) adalah kebalikan dari massa jenis dan dinyatakan dalam volume campuran udara-uap air dalam setiap satu satuan udara kering.

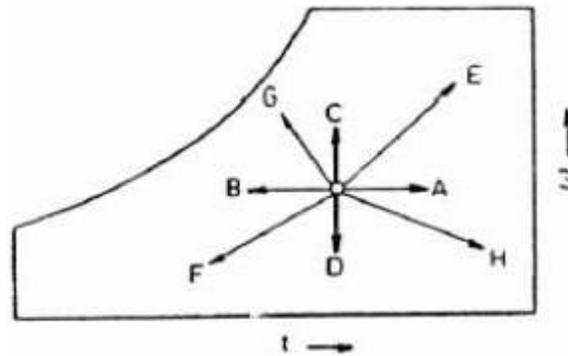
Volume spesifik dinyatakan dengan garis yang ditarik mulai dari sumbu  $DB$  kemudian miring tajam ke arah kiri atas, membentuk gradien negatif. Entalpi atau kandungan panas total ( $h$ ) dinyatakan dalam jumlah panas yang dikandung oleh setiap satuan massa udara kering. Nilai dari entalpi dapat dilihat di sepanjang skala yang terdapat di garis saturasi pada sisi sebelah kiri diagram



Gambar 2.4. Rangka diagram psikometrik

Proses yang biasa dilakukan untuk mengkondisikan udara meliputi : pemanasan sensibel, pendinginan sensibel, humidifikasi dan dehumidifikasi, namun seringkali dua proses diatas digabung untuk memperoleh temperatur dan kelembaban yang diharapkan. Gambar 2.5 menyajikan delapan proses

thermodinamika dasar yang digambarkan dalam *psychrometric chart*.



Gambar 2.5 Delapan proses thermodinamika dasar

Proses-proses dasar yang dapat di gambar pada *psychrometric chart* :

- a. Pemanasan *sensibel* (OA)
- b. Pendinginan *sensibel* (OB)
- c. *Humidifikasi* (OC)
- d. *Dehumidifikasi* (OD)
- e. Pemanasan dan *humidifikasi* (OE)
- f. Pendinginan dan *dehumidifikasi* (OF)
- g. Pendinginan dan *humidifikasi* (OG)
- h. Pemanasan dan *dehumidifikasi* (OH)

## 2.6 Prinsip Kerja *evaporative cooling*

*Evaporative Cooling* menggunakan media pendingin dengan efisiensi tinggi khusus yang disebut bantalan pendingin *evaporative* untuk memfasilitasi penguapan air. Di unit pendingin, air melakukan sirkulasi di sekitar dinding tempat bantalan pendingin ditempatkan, hal itu untuk menjaga media pendingin tetap basah. Saat udara dihisap melewati bantalan pendingin, air yang terdapat pada media pendingin diuapkan sehingga akan mendinginkan udara yang melewatinya.

- i. Dalam pengoperasiannya, pompa air mengalirkan air dari bak penampungan ke bagian atas media pendingin sehingga tetap basah sepanjang waktu.
- j. Kipas angin yang berjalan menyebabkan udara hangat di luar ditarik ke dalam mesin pendingin melewati media pendingin.
- k. Saat udara melewati media pendingin yang basah, air akan menguap. Penguapan air inilah yang menyebabkan udara masuk pada mesin pendingin menjadi dingin.

### **2.7 Rancangan *Evaporative cooling* pada Umumnya**

Pada umumnya *evaporative cooling* bekerja dengan menghisap udara dari lingkungan, saat dihisap inilah udara bersinggungan dengan bantalan yang ditetesi air di sisi belakang (sisi hisap) *blower/fan*. Air membasahi bantalan yang menyerupai jala-jala di bagian atasnya dan sisa tetesan ini akan jatuh di *water tank* yang ada di bawah. Air disirkulasikan dari water tank ke bagian atas bantalan dengan bantuan pompa. Udara dingin yang keluar dari bantalan akan dihisap dan dihembuskan oleh *blower/fan* ke lingkungan, dan proses pendinginan pun berlangsung.

### **2.8 Performansi Pendinginan *Evaporative***

Penurunan temperatur bola kering udara ( $\Delta T_{dB}$ ) dapat didefinisikan sebagai selisih antara temperatur bola kering udara memasuki sistem dengan temperatur bola kering udara keluar sistem. (Journal Toni Dwi Putra, Nurida Finahari)

$$\Delta T_{dB} = T_{dB,i} - T_{dB,o} \quad (2.2)$$

Efektivitas ini dapat didefinisikan sebagai penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan dibagi dengan selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem. (Harris, 1991).

$$\epsilon = \frac{T_{dB,i} - T_{dB,o}}{T_{dB,i} - T_{wB,i}} \quad (2.3)$$

dimana,

- $T_{dB,i}$  = temperatur bola kering udara yang memasuki sistem.
- $T_{dB,o}$  = temperatur bola kering udara yang keluar sistem.
- $T_{wB,i}$  = temperatur bola basah udara yang memasuki sistem.

Kapasitas pendinginan sensibel merupakan kemampuan suatu alat pendingin untuk melakukan kerja (menyerap panas) [4]

$$q_s = Q \rho C_p (T_{dB,i} - T_{dB,o}) \quad (2.4)$$

*Energy efficiency ratio (EER)* merupakan rasio perbandingan antara kapasitas pendinginan *sensibel* dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. [2.5]

$$EER = \frac{Q \rho C_p (T_{dB,i} - T_{dB,o})}{P_t} \quad (2.5)$$

Dimana,

$Q$  = laju aliran volume udara, m<sup>3</sup> /s.

$\rho$  = massa jenis udara, kg/m<sup>3</sup> .

$C_p$  = panas spesifik udara, kJ/kg.K

$P_t$  = konsumsi energi pendinginan, kW.

Efisiensi dapat didefinisikan sebagai : penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan dibagi dengan selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem.

$$\epsilon_{Evap} = \frac{T_{d,i} - T_{d,o}}{T_{d,i} - T_{w,i}} \times 100\% = \frac{T_{db,in} - T_{db,out}}{T_{db,in} - T_{wb,in}} \times 100\% \quad (2.6)$$

pada Persamaan (2.6)

$T_{db,in}$  = temperatur bola kering udara yang memasuki sistem

$T_{db,out}$  = temperatur bola kering udara yang keluar sistem

$T_{wb,in}$  = temperatur bola basah udara yang memasuki sistem

Penurunan temperatur bola kering yang mampu dicapai dengan proses pendinginan *evaporative* tidak dapat lebih rendah daripada temperatur bola basah aliran udara yang memasuki sistem. Pada daerah yang memiliki kelembaban tinggi, udara bebas telah membawa kandungan uap air yang cukup tinggi sehingga hal ini sangat membatasi jumlah pendinginan *sensibel* yang mampu dicapai dengan proses *evaporasi*.

## 2.9 Faktor Pertimbangan dalam Pemilihan Sistem Pendingin

Sistem penyegaran udara untuk kenyamanan manusia dirancang agar temperatur, kelembaban, kebersihan dan pendistribusian udara dapat dipertahankan pada keadaan yang diinginkan. Oleh sebab itu, perancangan harus mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan sistem penyegaran udara. Adapun faktor-faktor pemilihan sistem penyegaran udara meliputi:

### a. Faktor kenyamanan

Kenyamanan pada sistem penyegaran udara yang dirancang ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain: aliran udara, kebersihan udara, bau, kualitas ventilasi, tingkat kebisingan dan interior ruangan. Tingkat keadaan pada sistem penyegaran udara dirancang dapat diatur dengan sistem pengaturan yang ada pada mesin penyegar udara.

### b. Faktor ekonomi

Dalam proses pemasangan, operasi dan perawatan, serta sistem pengaturan yang digunakan harus diperhitungkan pula segi-segi ekonominya. Oleh sebab itu, dalam perancangan sistem penyegaran udara

harus mempertimbangkan biaya awal, operasional dan biaya perawatan yaitu sistem tersebut dapat beroperasi maksimal dengan biaya total yang serendah-rendahnya.

c. Faktor operasi dan perawatan

Pemilihan sistem penyegaran udara yang paling disukai adalah sistem yang mudah dipahami konstruksi, susunan dan cara menjalankannya.

Beberapa faktor pertimbangan operasi dan perawatan meliputi:

- Kontruksi sederhana
- Tahan lama
- Mudah direparasi jika dikerjakan
- Mudah perawatanya
- Dapat fleksibel melayani perubahan kondisi operasi
- Efisiensi tinggi

### **2.10 *Evaporative Cooling***

Miske (2009) telah melakukan penelitian *air cooler* berjudul “Rancang Bangun *Evaporative Cooler*” yang bertujuan : (a) Merancang dan membuat *Air Cooler* yang dipergunakan air yang didinginkan mesin pendingin. (b) Mengetahui beberapa karakteristik *Air Cooler* yang dibuat meliputi : 1.Kondisi udara keluar dari *Air Cooler*. 2. Efisiensi mesin *air cooler*. (a) Manfaat rancang bangun *evaporative cooler* yaitu *evaporative cooler portable* ini nantinya dapat dipakai di tempat-tempat yang memerlukan yaitu tempat yang panas dan kering. Penelitian menggunakan metode : (a) *Air cooler* dengan mempergunakan air yang didinginkan mesin pendingin untuk proses pembuatan tugas akhir. (b) Pembuatan *evaporative cooler*, dibuat berdasarkan desain yang telah dilakukan.

(c) Eksperimen, dengan mengambil data yang meliputi tempertur bola kering udara lingkungan (dB in), temperatur bola basah lingkungan (wB in), tempertur bola kering yang dihasilkan (dB out) dan temperatur bola basah yang dihasilkan (wB out). (e) Analisa, yang meliputi pengaruh kecepatan udara terhadap efektifitas *evaporative cooler*; dengan menggunakan air yang didinginkan dengan mesin pendingin terhadap efektifitas *evaporative cooler*, pengaruh kecepatan udara terhadap waktu penguapan air. Kesimpulan yang diambil secara keseluruhan dari hasil penelitian tersebut adalah : (a) *Evaporative cooler* hasil rancangan memiliki efektifitas maksimum. (b) Efektifitas *evaporative cooler* akan semakin meningkat dengan menggunakan air yang didinginkan dengan mesin pendingin. (c) Laju penguapan air meningkat jika kecepatan udara semakin tinggi. (d) Data penelitian diperoleh dari nilai – nilai : 1. Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap kondisi udara kering keluar *air cooler*. 2. Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap kondisi udara basah keluar *air cooler*. 3. Pengaruh kecepatan aliran udara dan ketebalan *cooling pad* terhadap efisiensi *air cooler*. 4. Untuk menghitung kelembaban relatif (RH) dilakukan dengan melihat pada *Psychrometric Chart* setelah semua data diperoleh. 5. Untuk menghitung efisiensi pendinginan udara, dilakukan dengan mempergunakan persamaan

$$5E_{\text{Evap}} = \frac{T_{d,i} - T_{d,0}}{T_{d,i} - T_{w,i}} \times 100\%$$

Selrianus (2008) telah melakukan penelitian *air cooler* yang bertujuan :

(a) Mencari dan memilih bahan bersifat alamiah yang bisa digunakan sebagai bahan untuk *cooling pad* pada *evaporative cooler*. (b) Meningkatkan efisiensi

pendinginan ( $\eta_{evap}$ ) dari *evaporative cooler*. (c) Mempelajari pengaruh kecepatan aliran udara, ketebalan, temperatur bola kering (dB) udara masuk, dan temperatur air yang mengalir di *cooling pad* terhadap efisiensi pendinginan. Penelitian menggunakan metode : (a) Mencari dan menentukan *cooling pad* dengan cara penentuan kriteria bahan yang akan dipilih, membandingkan sifat *pad* (penyerapan air, ukuran pori, *durability*, sifat reaktif terhadap bahan lain, kekakuan pada keadaan lembab dari setiap alternatif bahan). (b) Merancang sistem pengujian untuk pengukuran tekanan. (c) Membuat *pad* yang digunakan untuk pengujian. (d) Melakukan pengujian untuk mengukur penurunan tekanan. (e) Pembuatan *cooling pad*. (f) Pengujian yang meliputi mencatat sifat udara (dB in, wB in, dB out, wB out), mengukur kecepatan udara, mengukur temperatur air pada *water tank*, mengukur laju penguapan dengan cara mencatat waktu yang diperlukan untuk menguapkan air ke udara pada volume tertentu dan mengulang kembali langkah pertama dengan tingkat kecepatan yang berbeda. (g) Analisa meliputi hubungan kecepatan udara terhadap efisiensi pendinginan, laju penguapan setiap *cooling pad*, pengaruh RH<sub>in</sub> terhadap efisiensi pendinginan, pengaruh suhu air pada *water tank* dengan efisiensi pendinginan dan membandingkan efisiensi dan kecepatan yang dihasilkan alternatif *cooling pad*. (h) kesimpulan. Hasil penelitian ini adalah (a) Efisiensi yang dihasilkan oleh *cooling pad* yang terbuat dari bahan ijuk dan serabut kelapa kurang maksimal karena tidak seluruh permukaan *cooling pad* basah. Hal ini diakibatkan oleh *water distribution line* yang tidak bekerja dengan baik dalam mengatur air yang membasahi *cooling pad*. (b) Efisiensi pendinginan ijuk maksimal 50% dan serabut kelapa 51%. Tetapi efisiensi rata-rata *cooling pad*

yang terbuat dari serabut kelapa lebih baik dari pada *cooling pad* yang terbuat dari bahan ijuk. (c) dari kedua bahan alternatif *cooling pad* yang dianalisa, efisiensi yang dihasilkan tidak lebih baik daripada *cooling pad* asli dari *evaporative cooler*. Efisiensi maksimal dari *cooling pad* asli sebesar 55% sedangkan ijuk hanya 50% dan serabut kelapa 51%. (d) Suhu air pada *water tank* yang lebih dingin meningkatkan efisiensi pendinginan.

Ekadewi<sup>1)</sup>, Fandi<sup>2)</sup>, Selrianus<sup>3)</sup> (2007) telah melakukan penelitian *air cooler* berjudul “Penggunaan Serabut Kelapa Sebagai Bantalan Pada *Evaporative Cooler*” yang bertujuan : (a) Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja *air cooler*, yang meliputi penurunan temperatur bola kering-db udara, efektifitas *air cooler* dan laju penguapan air. Penelitian menggunakan metode : (a) Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja *evaporative cooler*, yang meliputi penurunan temperatur bola kering udara, efektifitas *evaporative cooler* dan laju penguapan air, dengan bantalan serabut dan bantalan asli dari manufaktur. (b) Variabel yang diukur selama pengujian adalah temperatur udara (bola basah dan bola kering) pada masukan dan keluaran, temperatur air, kecepatan aliran udara, waktu 100 ml air habis selama pengujian. Bantalan serabut kelapa yang diuji memiliki beberapa ketebalan yaitu 1 cm, 1.5 cm dan 2.4 cm. Bantalan ditata dalam *wire mess* dan sebagian dalam jala-jala. (c) Dari hasil pengujian dilakukan analisa yang meliputi: pengaruh kecepatan udara, pengaruh temperatur bola kering udara masuk, temperatur air terhadap kinerja *air cooler*. Kesimpulan yang diambil secara keseluruhan dari hasil penelitian tersebut adalah : (a) Kecepatan aliran udara yang lebih rendah menghasilkan penurunan temperatur db dan efektifitas lebih tinggi, serta memerlukan laju

penguapan air lebih rendah.. (b) Semakin tinggi temperatur bola kering dan semakin rendah RH udara masuk, semakin besar penurunan temperatur db dan semakin tinggi efektifitas *evaporative cooler*. (c) Semakin rendah temperatur air yang membasahi bantalan, semakin sedikit laju penguapan air. (d) Semakin tebal bantalan semakin bagus kinerja air cooler. (e) Serabut kelapa dapat digunakan sebagai bantalan dalam *air cooling*.

