

# PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP TEMPERATUR BOLA BASAH, TEMPERATUR BOLA KERING PADA MENARA PENDINGIN

A. Walujodjati<sup>\*)</sup>

## Abstrak

*Penelitian menggunakan Unit Aliran Udara (duct) yang didalamnya dilengkapi dengan tiga buah termometer, yang masing-masing digunakan untuk mengukur temperatur udara kering, temperatur udara basah dan untuk mengukur temperatur air. Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara temperatur bola basah dan temperatur bola kering dengan variabel kecepatan udara. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa temperatur bola basah lebih rendah dari pada temperatur bola kering dan juga bila kecepatan udara dinaikkan, maka temperatur bola basah akan turun.*

**Kata Kunci :** *Temperatur bola basah, temperatur bola kering, kecepatan udara, menara pendingin*

## Pendahuluan

Udara atmosfer pada dasarnya bukan merupakan suatu zat tunggal, tetapi merupakan campuran antara udara dan uap air. Bila udara mengalir di atas permukaan basah, udara akan turun suhunya bila bersentuhan dengan air. Apabila udara memindahkan kalor dan massa (air) ke atau dari permukaan basah, maka keadaan udara yang terlihat pada bagan psikometrik bergerak ke arah garis jenuh pada suhu permukaan basah tersebut. Diharapkan pada titik yang bertekanan uap lebih tinggi dari cairan yang bersuhu  $t_f$  akan memindahkan massa dengan cara mengembunkan sejumlah uap air dan juga menurunkan rasio kelembaban udara tersebut.

Pada beberapa industri, fenomena di atas mempunyai pengaruh yang besar, seperti pada menara pendingin. Hal tersebut di atas melatarbelakangi suatu pengujian tentang temperatur dari berbagai keadaan udara-uap air yang dituangkan dalam suatu penelitian ini.

Pada pengujian ini udara yang dibutuhkan adalah udara yang bersuhu ruang yang diasumsikan dalam *steady state* dan ideal. Pengujian menggunakan air bersuhu ruang yang tidak mendapat perlakuan khusus. Pada pengujian ini hanya memperhitungkan perpindahan panas yang terjadi pada proses pengujian, sedangkan perpindahan massa air ke udara tidak diperhitungkan. Penelitian ini bertujuan mengetahui hubungan antara temperatur bola basah dan temperatur bola kering yang dikaitkan dengan bagan

psikrometrik juga untuk mengetahui apakah temperatur bola basah lebih rendah dari temperatur air serta mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan aliran udara terhadap temperatur bola basah.

Penelitian ini sangat bermanfaat karena hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar perhitungan pada alat pelembab udara (humidifier), penurun kelembaban (dehumidifying), koil pendingin, menara pendingin juga pada pengkondisian udara (air conditioning), pada proses percetakan kertas dan pada pabrik pemintalan benang, sehingga efisiensi dari peralatan-peralatan dapat lebih ditingkatkan.

## Tinjauan Pustaka

### Temperatur dan Tekanan

Temperatur merupakan sifat termodinamika dari suatu zat yang berkaitan dengan energi atau perpindahan energi. Temperatur dari suatu bahan menyatakan keadaan termalnya dan kemampuannya untuk bertukar energi dengan bahan lain yang bersentuhan dengannya. Disamping itu temperatur juga merupakan “penunjuk” bagi arah perpindahan energi sebagai panas, sebab energi cenderung untuk berpindah sebagai panas dari berbagai daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah. Temperatur dapat diukur menggunakan termometer.

Konsep tekanan (P) adalah gaya normal (tegak lurus) yang diberikan oleh suatu

<sup>\*)</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang  
Jl Menoreh Tengah X/22 Semarang

fluida per luas benda yang terkena gaya tersebut. Dalam suatu fluida yang diam, tekanan di seluruh daerah fluida yang berhibingan akan berharga sama bagi semua titik yang berada pada ketinggian yang sama. Tekanan dapat diukur dengan berbagai alat seperti tera ukur dan manometer. Analisa tekan di dalam suatu fluida yang diam disebut hidrostatis, digunakan untuk menentukan berbagai hubungan berbagai perbedaan tekan dan ketinggian suatu manometer. Kebanyakan alat ukur tekanan memberikan beda di antara tekanan yang diukur dengan tekanan atmosfer, beda tekanan ini disebut tekanan gage (Pascal gage) atau psig (lbf/in<sup>2</sup>gage). Pada pengujian ini untuk mengukur tekanan kecepatan yang terjadi menggunakan manometer yang dihubungkan dengan pipa pitot-statis. Pipa pitot adalah sebuah pipa yang konstruksi ruangnya terdiri atas dua bagian. Di B untuk mengukur tekanan stagnasi (Po), dimana alirannya diturunkan hingga mempunyai kecepatan nol. Pada pipa besar A diberi beberapa lubang kecil di sebelah kanan dan kiri yang digunakan untuk mengukur tekanan statis (Ps). Pipa ini dipasang sedemikian rupa sehingga letak ujung pipa menghadap frontal terhadap arah aliran udara.

Perbedaan antara tekan stagnasi dan tekanan statis menghasilkan tekanan yang disebabkan oleh aliran fluida yang disebut tekanan dinamik yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$P_d = P_o - P_s \quad (1)$$

Dimana :  $P_d$  = tekanan dinamik  
 $P_o$  = tekanan stagnasi  
 $P_s$  = tekanan statis

Dengan menggunakan persamaan Bernoulli untuk aliran fluida tak termampatkan dapat dihasilkan kecepatan udara :

$$P_o + \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot z_1 = P_s + \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot z_2 \quad (2)$$

karena :  $V_1 = 0$   
 $\rho \cdot g \cdot z_1 = \rho \cdot g \cdot z_2$

maka persamaan (2) di atas menjadi :

$$P_o - P_s = \frac{1}{2} \rho \cdot V_2^2$$

$$V_2^2 = \frac{2 (P_o - P_s)}{\rho}$$

Substitusi persamaan (1) ke persamaan di atas, menjadi :

$$V = \sqrt{\frac{2 (P_d)}{\rho}} \quad (3)$$

Dimana :

$P_d$  = Tekanan dinamik ( N/m<sup>2</sup> )  
 $V$  = Kecepatan aliran fluida ( m/s )  
 $\rho$  = massa jenis udara ( kg/m<sup>3</sup> )

Kerugian primer dari tabung pitot adalah bahwa pitot itu harus disesuaikan dengan arah aliran. Untuk sudut penyimpangan lebih besar dari 5°, terdapat kesalahan besar dalam pengukuran  $P_o$  dan  $P_s$

### Campuran Udara-Uap Air, Termometer Bola Kering dan Termometer Bola Basah

Udara yang dihirup sehari-hari tidak melulu udara kering tetapi merupakan campuran udara dan uap air. Bila udara mengalir melewati permukaan basah, maka udara yang melewati daerah diferensial  $dA$  berubah dari keadaan 1 ke keadaan 2. Udara hangat pada keadaan 1 akan turun suhunya bila bersentuhan dengan air yang bersuhu  $t_f$ .

Pada fenomena ini juga terjadi perpindahan panas sensible dan panas laten secara bersamaan. Bila terdapat perbedaan suhu antara udara ( $t_a$ ) dan permukaan basah ( $t_i$ ) maka panas akan dipindahkan. Bila terdapat perbedaan tekanan parsial uap air di udara ( $P_{sa}$ ) dan tekanan di permukaan air ( $P_{si}$ ) akan terjadi perpindahan massa air. Perpindahan massa air ini menyebabkan perpindahan energi panas juga, karena pada saat uap air mengembun, panas laten harus dikeluarkan dari air tersebut, sebaliknya bila sejumlah cairan menguap dari lapisan air, harus diberikan kalor penguapan kepada air yang menguap tersebut.

Perpindahan panas sensible dari udara ke permukaan air dapat dihitung dengan persamaan perpindahan panas konveksi :

$$dq_s = h_c dA (t_i - t_a) \quad (4)$$

Dimana :

$q_s$  = laju perpindahan panas sensible (W)  
 $h_c$  = koefisien konveksi ( W/m<sup>2</sup>K)  
 $A$  = Luas permukaan ( m<sup>2</sup> )

Laju perpindahan panas dari air ke permukaan air juga dapat dihitung secara konduksi.

$$dq = \frac{k.dA.(T_w - T_a)}{dx} \quad (5)$$

Oleh karena laju perpindahan ke atau dari permukaan air menyebabkan perpindahan panas (sebagai akibat pengembunan atau penguapan) maka laju perpindahan panas latennya adalah :  $dq_l = h_c.dA. (W_i - W_a) . h_{fg}$  dimana :

$q_l$  = laju perpindahan kalor laten ( W )

$h_{fg}$  = kalor laten air pada suhu  $t_i$  (J/kg)

### Metode Penelitian

#### 1. Alat Pengujian

Perangkat pengujian terdiri dari :

a. Unit aliran udara ( DUCT ) dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Fan sentrifugal :

Wheel Diameter : 8"  
Fan inlet area : 0,022 m<sup>2</sup>  
Maximum current : 2,59 Amps  
Maximum speed : 1060 rpm  
Maximum temperatur : 104 °F

2. Tabung Pitot :

Insert length : 460 mm  
Tubs diameter : 8 mm

b. Manometer

1. incline range : 0 s/d 50 mmWC  
2. Vertical range: 50 s/d 254 mmWC  
3. Accuracy : ± 14 %

c. Termometer

Ada tiga termometer yang digunakan :

1. Termometer I

Digunakan untuk mengukur temperatur udara kering yang disebut temperatur bola kering

2. Termometer II

Digunakan untuk mengukur temperatur udara basah (campuran udara – air – uap) yang disebut temperatur bola basah.

3. Termometer III

Digunakan untuk mengukur temperatur air

#### 2. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara merubah-ubah pemberian aliran udara pada unit aliran udara dengan cara

merubah bukaan dempernya dan diukur ketiga temperturnya. Pengujian dilaksanakan di dua tempat yaitu di dalam ruangan dan di luar ruangan. Pengujian pertama berdasarkan tekanan stagnasi udara dan Percobaan selanjutnya dilanjutkan pada tekanan statis udara. Pada kedua pengujian ini pembacaan penunjukan tekanan pada manometer dan temperatur pada termometer dilakukan pada kedudukan demper terbuka penuh (100%), terbuka 75 %, terbuka 50 %, terbuka 25 % dan demper tertutup penuh ( 0% ).

### Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Pengujian

##### 1. Pengujian di Dalam Ruangan

Data-data lingkungan :  $P_i = 749$  mmHg dan  $T_i = 28^\circ\text{C}$

##### 1.1. Tekanan Stagnasi rata – rata di dalam ruangan

Tabel 1. Tekanan stagnasi rata – rata di dalam ruangan

Bukaan Damper ( % )	$H_{\text{stagnasi}}$ (in H2O)	$T_d$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_w$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_f$ ( $^\circ\text{C}$ )
0	0	28.1	26	27.05
25	0.156	28.1	25.9	27.05
50	0.262	28.1	25.8	27.05
75	0.365	28.1	25.7	27.05
10	0.499	28.1	25.6	27.05

##### 1.2. Tekanan Statis

Tabel 2. Tekanan Statis rata-rata di dalam ruangan

Bukaan Damper ( % )	$H_{\text{statis}}$ (in H2O)	$T_d$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_w$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_f$ ( $^\circ\text{C}$ )
0	0	28	26	27
25	0.141	28	25.9	27
50	0.234	28	25.8	27
75	0.312	28	25.7	27
100	0.412	28	25.7	27

## 2. Pengujian di luar ruangan

Data-data lingkungan :  $P_i = 749$  mmHg  
dan  $T_i = 32^\circ\text{C}$

## 2.1. Tekanan Stagnasi rata-rata di luar ruangan

Tabel 3. Tekanan stagnasi rata – rata di luar ruangan

Bukaan Damper (%)	$H_{\text{stagnasi}}$ (in H <sub>2</sub> O)	$T_d$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_w$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_f$ ( $^\circ\text{C}$ )
0	0	32	27.2	28
25	0.162	31.8	27	27.9
50	0.271	31.8	26.8	27.9
75	0.370	31.8	26.7	27.9
100	0.501	31.8	26.6	27.9

## 2.2. Tekanan Statis rata-rata di luar ruangan

Tabel 4. Tekanan statis rata – rata di luar ruangan

Bukaan Damper (%)	$H_{\text{statis}}$ (in H <sub>2</sub> O)	$T_d$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_w$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_f$ ( $^\circ\text{C}$ )
0	0	32	27.3	28
25	0.147	32	27.1	27.9
50	0.248	31.9	26.7	27.9
75	0.339	31.8	26.6	27.9
100	0.448	31.8	26.5	27.9

## 3. Kecepatan Udara

Persamaan untuk mencari kecepatan udara dapat ditulis kembali sebagai berikut :

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot P_d}{\rho}}$$

Untuk pengujian di dalam ruangan kecepatan udara yang terjadi bisa dilihat pada table berikut :

Tabel 5. Kecepatan udara di dalam ruangan

Bukaan Damper (%)	$H_d$ (in H <sub>2</sub> O)	$T_d$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_w$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_f$ ( $^\circ\text{C}$ )	V (m/s)
0	0	32	27.3	28	0
25	0.017	32	27.1	27.9	2.458
50	0.028	31.9	26.7	27.9	3.155
75	0.053	31.8	26.6	27.9	4.340
100	0.087	31.8	26.5	27.9	5.560

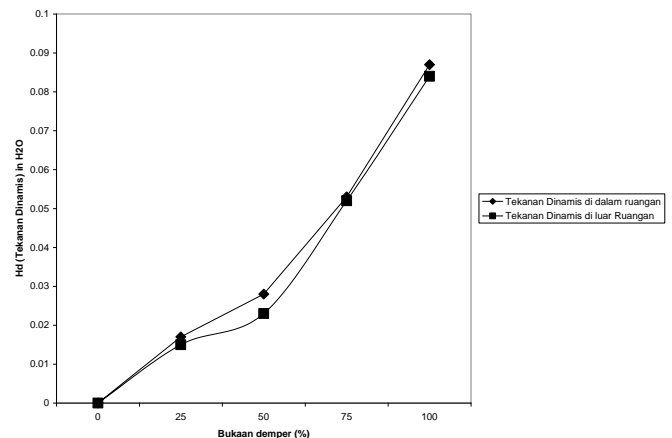
Sedangkan untuk pengujian di luar ruangan kecepatan udara yang terjadi bisa dilihat pada table berikut :

Tabel 6. Kecepatan udara di luar ruangan

Bukaan Damper (%)	$H_d$ (in H <sub>2</sub> O)	$T_d$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_w$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_f$ ( $^\circ\text{C}$ )	V (m/s)
0	0	32	27.2	28	0
25	0.015	31.8	27	27.9	2.324
50	0.023	31.8	26.8	27.9	2.877
75	0.052	31.8	26.7	27.9	4.324
100	0.084	31.8	26.6	27.9	5.498

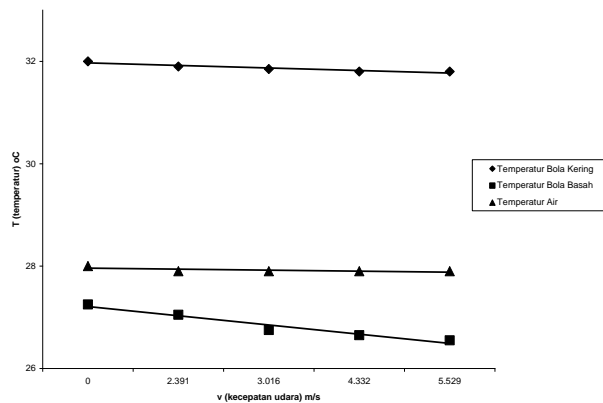
## Pembahasan

Untuk bukaan damper yang sama (antara di dalam ruangan dan di luar ruangan) terdapat perbedaan nilai pada tekanan dinamis, yang tentu saja juga akan menyebabkan perbedaan pada kecepatan udara. Penyebab perbedaan di atas adalah penempatan tabung pitot dan arah tabung pitot terhadap aliran udara pada kedua pengujian seperti diperlihatkan pada Gambar 1. dibawah ini



Gambar 1. Grafik hubungan Bukaan damper dan tekanan dinamis

Untuk temperatur udara kering (temperatur bola kering) dan temperatur air tetap pada berbagai variasi kecepatan aliran udara yang diberikan, dengan kata lain bahwa kecepatan udara tidak mempengaruhi temperatur bola kering dan temperatur air. Untuk temperatur bola basah ternyata peningkatan kecepatan udara berakibat menurunnya temperatur bola basah. Lihat Gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Grafik Hubungan Temperatur dengan Kecepatan udara

### Simpulan

Dari pengujian yang telah dilaksanakan dan perhitungan-perhitungan serta analisis yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Dari pengujian ternyata temperatur bola basah lebih rendah dari temperatur air
2. Pada kedua pengujian baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan temperatur bola kering ( local ) dan temperatur air tidak berubah pada berbagai tingkat kecepatan udara.

3. Hubungan kecepatan udara terhadap temperatur bola basah adalah bila kecepatan udara dinaikkan maka temperatur bola basah akan turun.

### Daftar Pustaka

Balzhiser., R.E ., 1977, *Engginering Thermodinamik*, India, Prentice Hall.

Bennet., C.O. 1962, *Momentum, Heat and Mass Transfer*, New York: Mc Graw Hill

Holman. JP. 1988. *Thermodynamics*. New York ; Mc Graw Hill International

Kreith, F . 1986 . Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas. Jakarta : Erlangga

Reynolds. W.C. 1983 . Thermodinamika Teknik. Jakarta : Erlangga

Stoeker, W.F. 1992. Refrigerasi dan pengkondisian Udara. Edisi kedua. Jakarta : Erlangga.