
KAJI EKSPERIMENTAL SISTEM PENGKONDISIAN UDARA UNTUK KENYAMANAN TEMPAT DUDUK

Markus

Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung

E-mail: markus.polban@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan manusia akan rasa nyaman pada setiap aktifitasnya (baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan) sudah menjadi prioritas utama untuk menjaga kebugaran. Kaji eksperimen dilakukan untuk mengkondisikan udara sekitar kursi yang diduduki dengan menggunakan mesin pendingin, dan dilakukan di lingkungan laboratorium jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung. Parameter utama kajian adalah pengkondisian temperature dan kelembaban. Kaji eksperimen menggunakan mesin pendingin AC split kapasitas 510 Watt dengan beban pendinginan 2 orang pada suhu lingkungan rata-rata 29 °C dan kelembaban 82 %. Temperatur nyaman untuk tubuh manusia adalah 23 °C sampai 26 °C dengan kelembaban kurang dari 60 %. Dari hasil eksperimen diperoleh suhu udara yang dikondisikan rata-rata 23.4 °C dan kelembaban 68 %.

Keywords: kursi berpendingin, air conditioning, kaji eksperimen, sistem pendingin

PENDAHULUAN

Latar belakang

Kebutuhan manusia akan rasa nyaman pada setiap aktifitasnya, seperti saat berada di rumah, di kantor, di pabrik, diperjalanan, dan di tempat-tempat sarana public baik yang tertutup maupun terbuka sudah menjadi prioritas utama untuk menjaga kebugaran. Sebagaimana pada tempat-tempat pertunjukan konser music, olah-raga, dan lain-lain yang berlangsung pada siang hari dengan jumlah penonton yang relative banyak dan tempat terbatas, akan membuat orang merasa tidak nyaman. Suhu lingkungan dan rapatnya jarak antara masing-masing penonton akan menyebabkan suhu udara sekitar tidak mampu menjaga kebugaran tubuh sehingga menimbulkan rasa tidak nyaman.

Perumusan masalah

Lingkungan dengan banyak aktifitas akan berpengaruh pada objek yang berada didalamnya, demikian pula rapatnya jarak antara orang-orang yang berada pada area tertentu akan menyebabkan suhu tubuh manusia sulit untuk menyesuaikan diri dengan kondisi udara disekelilingnya. Suhu dan kelembaban udara yang tidak sesuai dengan suhu tubuh manusia akan menyebabkan ketidak setimbangan energy yang dikeluarkan oleh tubuh dengan energy yang diserap oleh lingkungan atau sebaliknya. Ketidak setimbangan energy antara tubuh manusia dengan lingkungannya akan menyebabkan rasa tidak nyaman. Untuk mengatasi hal tersebut di atas, dibutuhkan suatu alat yang mampu menjaga dan mempertahankan kesetimbangan energy antara tubuh manusia dengan lingkungan sekitarnya. Dengan mensuplay atau menghembuskan udara yang telah dikondisikan (disesuaikan dengan kondisi udara lingkungan) ke sekitar tubuh dan bercampur hingga terjadi interaksi

energy, udara campuran akan mencapai kondisi suhu dan kelembaban yang nyaman untuk tubuh manusia.

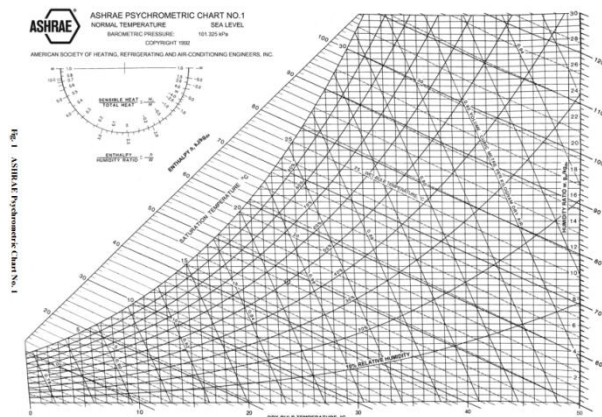
Tujuan

Secara umum, uji eksperimental dilakukan pada 2 buah kursi yang dilengkapi dengan mesin pendingin, dan diduduki oleh dua orang. Sedangkan tujuannya adalah mengkondisikan suhu dan kelembaban udara sekitar tubuh orang yang sedang duduk hingga mencapai kondisi nyaman yang diinginkan.

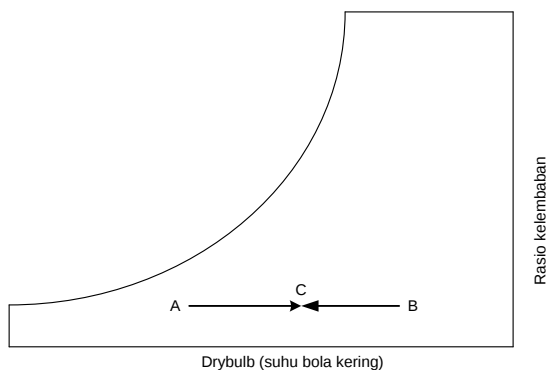
Tinjauan pustaka

Suhu lingkungan daerah tropis pada siang hari (musim panas) relatif cukup tinggi berkisar antara $\pm 28^{\circ}\text{C}$ hingga $\pm 35^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban $\pm 70\%$ sehingga perlu diturunkan untuk kenyamanan tubuh manusia. Rasa nyaman diperoleh pada suhu antara 23°C sampai 26°C dengan kelembaban kurang dari 60 %⁽⁴⁾. Pengkondisian udara dapat dilakukan dengan beberapa proses, diantaranya adalah pengkondisian udara dengan pemanasan dan penurunan kelembaban udara suplay (*heating* dan *dehumidifier*), dan pengkondisian udara dengan pendinginan dan pelembaban udara lingkungan (*cooling* dan *humidifier*). Kedua proses diatas dapat gambarkan pada karta psikrometrik (gambar 1).

Pada uji eksperimental akan dilakukan proses pendinginan suhu udara lingkungan (B) dengan cara mencampur dengan udara suplay (A) yang telah dikondisikan menggunakan mesin pendingin hingga diperoleh kondisi suhu dan kelembaban yang sesuai untuk nyaman tubuh manusia. Udara lingkungan dari titik B akan didinginkan oleh udara suplay dari titik A, udara lingkungan akan melepas kalor yang diserap oleh udara suplay sehingga suhu udara lingkungan akan turun dan suhu udara suplay akan naik. Kelembaban udara lingkungan akan berkurang, dan kelembaban udara suplay akan bertambah (gambar 2).



Gambar 1. Karta Psikrometrik



Gambar 2. A-C proses heating dan dehumidifier, B-C proses cooling dan humidifier

Suhu tubuh manusia yang ditutupi pakaian umumnya berkisar antara 31 °C sampai 33 °C ⁽⁴⁾, akan merasa nyaman pada lingkungan dengan suhu antara 23 °C sampai 26 °C dan kelembaban kurang dari 60 %. Kalor yang dikeluarkan oleh tubuh manusia akan diserap oleh udara yang dikondisikan, kesetimbangan energy antara tubuh manusia dengan udara yang dikondisikan tetap akan terjaga karena udara yang dikondisikan menerima suplay kalor dari lingkungan luar (udara luar).

Energi yang keluar dari tubuh manusia mula-mula terbentuk dari proses metabolisme makanan, energy yang dihasilkan diubah menjadi bentuk kalor dan kerja. Kalor dikeluarkan dari tubuh manusia melalui proses konveksi, radiasi, dan evaporasi (penguapan). Perpindahan kalor antara tubuh dengan lingkungan secara radiasi dan konveksi dapat terjadi dalam dua arah, yaitu menuju tubuh atau meninggalkan tubuh, tergantung pada suhu keduanya. Persamaan kesetimbangan kalor antara metabolisme dalam tubuh dengan kalor yang dikeluarkan oleh tubuh dinyatakan sebagai ⁽⁴⁾ :

$$M = \varepsilon \pm \dot{R} \pm C \pm B \pm S$$

Dimana : M = laju metabolisme, W

ε = kehilangan kalor karena penguapan,

W

$\dot{R}$ = laju perpindahan kalor radiasi, W

C = laju perpindahan kalor konveksi, W

B = kehilangan kalor karena keringat, W

S = laju perubahan kalor tersimpan di

dalam

tubuh, W

Konveksi adalah laju perpindahan kalor yang disebabkan oleh aliran udara yang mengkonveksikan kalor dari atau ke tubuh.

Persamaan laju perpindahan kalor konveksi di permukaan tubuh ⁽⁴⁾:

$$C = h_c A (t_s - t_a)$$

$$h_c = 13,5 V^{0,6}$$

Dimana : h_c = koefisien konveksi udara, W/m²°C

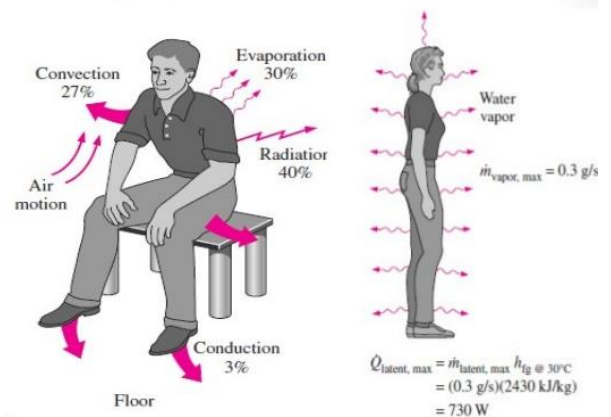
A = luas permukaan tubuh/kulit atau pakaian, m²

t_s = suhu kulit atau pakaian, °C

t_a = suhu udara campur, °C

V = kecepatan udara, m/s

Kehilangan panas tubuh



Gambar 3. Proses kehilangan kalor dari tubuh

Sama seperti kalor konveksi, kalor radiasi bisa terjadi dari dua arah, dan luas daerah radiasi yang efektif dari tubuh manusia hanya sekitar 70 % ⁽⁴⁾.

Persamaan laju perpindahan kalor radiasi di permukaan tubuh :

$$q_{radiasi} = \sigma A F_e F_A (T_t - T_l)$$

Dimana : σ = tetapan Stefan-Boltzmann = 5,669 x 10⁻⁸

W/m² K⁴

A = luas permukaan radiasi (70% luas permukaan tubuh), m²

T_t = suhu absolut kulit atau pakaian, K

T_l = suhu absolut udara yg dikondisikan, K

F_e = faktor emisivitas

F_A = faktor bentuk

Pelepasan kalor melalui proses penguapan air (keringat) merupakan bagian pengeluaran kalor yang terbesar, 40 % pelepasan kalor dari tubuh dalam bentuk penguapan pernapasan dan keringat, sedangkan melewati proses konveksi dan radiasi masing-masing 30 % ⁽⁴⁾. Laju perpindahan kalor penguapan sensibel dirumuskan dengan persamaan ⁽⁴⁾ :

$$Q_{evap.} = h_{fg} A C_l (p_s - p_a)$$

Dimana : h_{fg} = kalor laten air, J/kg
 A = luas permukaan tubuh, m^2
 C_l = koefisien laten, kg/Pa.s. m^2
 p_s = tekanan uap air pada kulit, Pa
 p_a = tekanan uap dari uap air udara yang dikondisikan, Pa

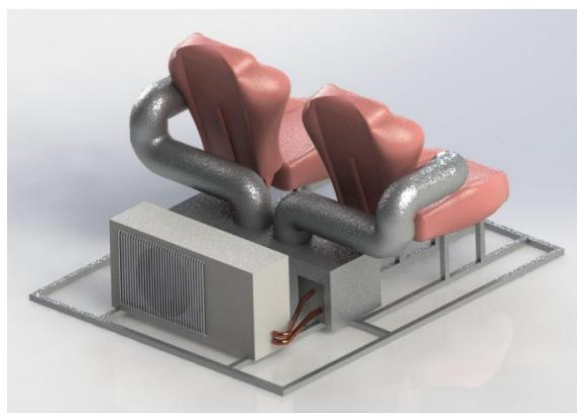
3. Anemometer
4. Karta Psikometrik
5. Higrometer

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan di selasar gedung Laboratorium Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Polban (kondisi cuaca mendung). Waktu pengambilan data, Senin 7 Agustus 2017 jam 13.00 s/d 13.50 WIB. dengan interval waktu 5 menit.

Tabel 1. Data hasil pengukuran

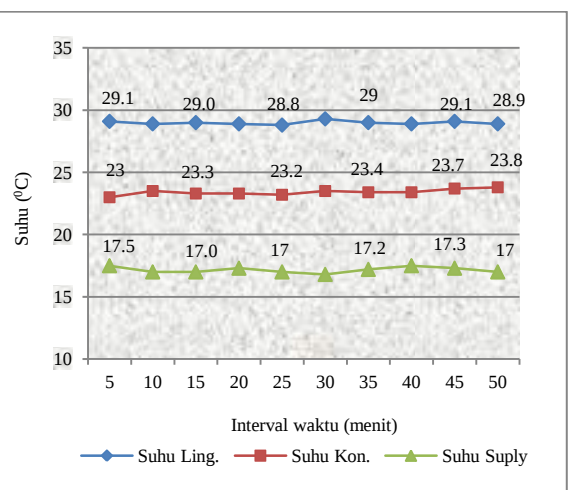
eni t e.	T _{db} Ling. (°C)	T _{wb} Ling. (°C)	T _{db} Kon. (°C)	T _{wb} Kon. (°C)	K ec. Ud. S uply m /s	T _{db} Ud. Suply (°C)	R H Ling. (%)	R H Kon. (%)
1	29,1	27,0	23,0	18,0	4,2	7,5	8	6
10	28,9	26,7	23,5	19,9	4,1	7,0	8	7
15	29,0	26,6	23,3	19,9	4,2	7,0	8	7
20	28,9	26,8	23,3	19,3	4,2	7,3	8	6
25	28,8	26,8	23,2	19,3	4,3	7,0	8	6
30	29,3	26,8	23,5	19,4	4,2	6,8	8	6
35	29,0	26,5	23,4	19,4	4,1	7,2	8	6
40	28,9	26,6	23,4	19,7	4,2	7,5	8	7
45	29,1	26,7	23,7	19,8	4,0	7,3	8	7
50	28,9	26,6	23,8	19,7	4,2	7,0	8	7
ata	29,0	26,6	23,4	19,4	4,2	7,2	8	6



Gambar 4. Alat uji

Alat Ukur yang Digunakan

1. Termometer tabung kering
2. Termometer tabung basah



Gambar 5. Grafik suhu udara lingkungan, suhu udara

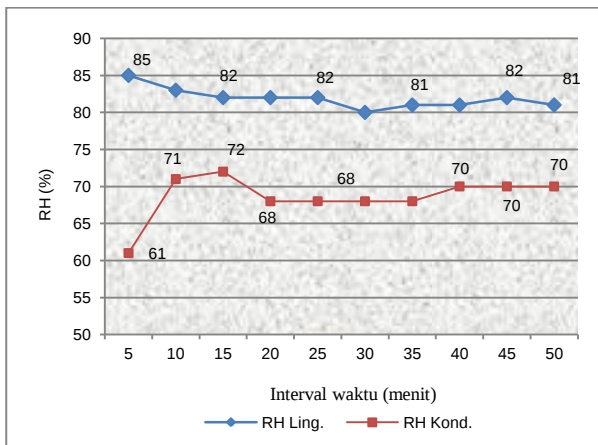
suplay dan suhu udara yang dikondisikan sebagai fungsi interval waktu

Pengondisian suhu udara

Udara suplay dihisap dengan kecepatan rata-rata 4.2 m/s disekitar tubuh orang yang sedang duduk,

aliran udara suplay yang turbulen akan menyerap kalor dari udara lingkungan dan panas tubuh manusia. Suhu tubuh manusia yang ditutupi pakaian rata-rata 32°C dan suhu udara lingkungan rata-rata 29°C akan melepas kalor ke udara suplay yang bersuhu rata-rata 17.2°C sehingga dicapai suhu rata-rata yang dikondisikan sebesar 23.4°C (data pengukuran).

Dari gambar 5, grafik menunjukkan suhu udara yang dikondisikan mendekati linier pada batas atas 23.8°C dan batas bawah 23°C selama waktu pengukuran 50 menit dengan interval 5 menit.



Gambar 6. Grafik kelembaban udara lingkungan dan udara yang dikondisikan sebagai fungsi interval waktu

Pengondisian relatif humidity (RH)

Udara suplay sebelum masuk ke mesin pendingin memiliki RH rata-rata sama dengan RH udara lingkungan sebesar 81,9 %. Selama udara melewati coil pendingin pada evaporator akan terjadi penyerapan uap air yang ada dalam udara sehingga RH udara suplay akan turun. RH udara suplay yang sudah turun bercampur dengan udara lingkungan yang cukup tinggi, sehingga penurunan RH udara yang dikondisikan (rata-rata 68,6 %) tidak mencapai batas

nyaman yang disyaratkan untuk tubuh manusia (kurang dari 60 %).

Dari gambar 6, grafik menunjukkan RH udara yang dikondisikan mendekati linier pada batas bawah 61 % dan batas atas 72 % selama waktu pengukuran 50 menit dengan interval 5 menit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan:

1. Pada suhu udara lingkungan rata-rata 29°C diperoleh suhu udara yang dikondisikan rata-rata $23,4^{\circ}\text{C}$. Suhu udara yang dikondisikan sudah memenuhi syarat batas nyaman untuk tubuh manusia.
2. Pada RH lingkungan rata-rata 81,9 % diperoleh RH udara rata-rata 68,6 %. RH udara yang dikondisikan tidak memenuhi syarat batas nyaman untuk tubuh manusia.

Catatan :

Pada saat pengambilan data (sepanjang bulan Agustus) RH udara kota Bandung rata-rata 80 %, sedangkan pada kondisi normal RH rata-rata kota Bandung berkisar pada angka 70 % (Badan Meteorologi, Klimatodologi dan Geofisika kota Bandung, BMKG).

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE, 2017, Handbook of Fundamental", SI Version, American Society of Heating, Refrigerating, and Airconditioning Engineers, Atlanta.
- Dossat, Roy J., 1981 "Principle of Refrigeration", SI Version, Second Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Holmann, J.P., 2010, Heat Transfer, Tenth Edition., McGraw-Hill, New York
- Wilbert F. Stoecker, Jerold W. Jones, 1982, "Refrigeration and Air Conditioning", Second Edition, McGraw-Hill Inc.