

Analisis Perolehan Beban Kalor dari Dinding Terhadap Besarnya Beban Kalor pada Air Conditioner

Andi Muhammad Irfan

Jurusan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar
Jl. Daeng Tata Raya Parangtambung Makassar

Abstrak

Beberapa faktor yang berhubungan dengan kenyamanan suatu lokasi yaitu bentuk dan ukuran ruangan, warna dominan ruangan, penempatan obyek-obyek dalam ruangan, penghuni ruangan, pemilihan unit mesin pengkondisian udara dan yang tak kalah pentingnya adalah sirkulasi udara dalam ruangan tersebut. Kenyamanan suatu lokasi sangat penting untuk ditinjau karena dengan kondisi lingkungan yang sejuk dan nyaman mampu memberikan inspirasi-inspirasi baru bagi orang yang berada pada tempat tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pendingin sistem pengkondisian udara yang dipengaruhi oleh faktor perolehan beban kalor dari dinding pada ruangan perkuliahan EJ 106 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa besarnya beban kalor/pendingin ruangan EJ 106 dari perolehan kalor dinding adalah pada pukul 11.00 adalah 51,24 Watt, pada pukul 12.00 adalah 58,46 Watt, pada pukul 13.00 adalah 75,66 Watt dan pada pukul 14.00 besar perolehan kalor dinding adalah 99,71 Watt.

Kata kunci: *Beban kalor, dinding, AC*

I. PENDAHULUAN

Manusia membutuhkan lingkungan udara ruang yang nyaman (*thermal comfort*) untuk melakukan aktivitas secara optimal. Dengan adanya lingkungan udara yang nyaman ini manusia akan dapat beraktivitas dengan tenang dan sehat. Keadaan udara pada suatu ruang aktivitas sangat berpengaruh pada kondisi dan keadaan aktivitas itu. Bila dalam suatu ruangan yang panas dan pengap, manusia yang melakukan aktivitas didalamnya tentu juga akan sangat terganggu dan tidak dapat melakukan aktivitasnya secara baik.

Tubuh manusia seolah mesin panas yang terus-menerus menghasilkan panas. Kenyamanan termal langsung berhubungan dengan tubuh manusia yang selalu membuang panas yang berlebihan ini. Dalam keadaan-keadaan normal pemindahan panas ini terjadi antara tubuh dan udara di sekitarnya.

Namun demikian tubuh manusia memiliki pertahanan mekanisme alami yang terus-menerus bekerja untuk mempertahankan keseimbangan yang diperlukan antara timbulnya panas dan pembuangan panas yang dihasilkan. Mekanisme-mekanisme ini bekerja untuk mempertahankan suhu tubuh yang normal dengan mengendalikan jumlah pembuangan panas tersebut.

Bila laju kehilangan panas terlalu lambat, kita berkeringat sehingga menambah laju kehilangan panas karena penguapan. Jika laju kehilangan panas terlalu cepat, kita mulai menggigil. Hal ini menyebabkan meningkatnya pembangkitan panas guna mengimbangi kehilangan panas.

Untuk mendapatkan kondisi ruangan yang memenuhi *thermal comfort* atau kondisi yang harus memenuhi persyaratan tertentu sesuai dengan yang kita inginkan,

tanpa adanya ketergantungan dengan lingkungan luar, maka digunakan pengkondisian udara (*Air Conditioning*). Pengkondisian udara memiliki pengertian bahwa udara dalam ruang dikondisikan berdasarkan beban kalor yang terjadi pada ruangan tersebut.

Salah satu jaringan distribusi penting dalam sebuah bangunan ialah sistem pengadaan udara yaitu sistem pemanasan/pendinginan, ventilasi, dan *Air Conditioning* (AC). Tujuan dari sistem pengkondisian udara ini adalah memberikan kondisi-kondisi suhu dan suasana yang nyaman, yang dicapai dengan mengolah dan mendistribusikan udara yang disejukkan ke seluruh ruangan didalam suatu bangunan.

Berbeda dengan jaringan-jaringan distribusi yang berlangsung di seluruh bangunan, sistem AC dan bagian-bagian komponennya menghendaki jumlah ruang yang cukup. Meskipun demikian pemahaman dan pengetahuan tentang implikasi-implikasi sistem AC untuk arsitektur sangat penting artinya untuk diperhatikan. Selain itu sistem pengkondisian udara pada dewasa ini mendapat perhatian khusus dalam penggunaannya dipandang dari sisi penghematan energi.

Ada beberapa faktor yang berhubungan dengan kenyamanan suatu lokasi yaitu bentuk dan ukuran ruangan, warna dominan ruangan, penempatan obyek-obyek dalam ruangan, penghuni ruangan, pemilihan unit mesin pengkondisian udara dan yang tak kalah pentingnya adalah sirkulasi udara dalam ruangan tersebut. Kenyamanan suatu lokasi sangat penting untuk ditinjau karena dengan kondisi lingkungan yang sejuk dan nyaman mampu memberikan inspirasi-inspirasi baru bagi orang yang berada pada tempat tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pendingin sistem pengkondisian udara yang dipengaruhi

oleh faktor perolehan beban kalor dari dinding pada ruangan perkuliahan EJ 106 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

II. KAJIAN PUSTAKA

Pengkondisian udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dan suatu ruangan tertentu. Selain itu, mengatur aliran udara dan kebersihannya.

Di beberapa negara, beberapa faktor kesegaran tersebut di atas ditetapkan dalam Undang-undang, sesuai dengan tujuan penggunaan ruangan, misalnya untuk kantor, hotel, dan sebagainya.

A. Beban Pendingin

1. Jenis Kalor

Jenis kalor pada sistem pengkondisian udara adalah sebagai berikut:

- a. Kalor Sensibel, adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan temperatur dari udara. Penambahan kalor sensibel (*sensible heat gain*) adalah kalor sensibel yang secara langsung masuk dan ditambahkan ke dalam ruangan yang dikondisikan melalui konduksi, konveksi atau radiasi.
- b. Kalor Laten, adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan fasa dari air. Penambahan kalor laten (*latent heat gain*) terjadi apabila ada penambahan uap air pada ruangan yang dikondisikan, misalnya karena penghuni ruangan atau peralatan yang menghasilkan uap.

2. Beban Pendinginan Ruangan

Beban pendinginan ruangan adalah laju aliran kalor yang harus diambil dari dalam ruangan untuk mempertahankan temperatur dan kelembaban udara relatif ruangan pada kondisi yang diinginkan.

Beban pendinginan ruangan dibagi dalam 2 bagian:

a. Beban Pendinginan Luar (*external cooling load*)

Beban pendinginan ini terjadi akibat penambahan panas di dalam ruangan yang dikondisikan karena sumber kalor dari luar yang masuk melalui selubung bangunan (*building envelope*), atau kerangka bangunan (*building shell*) dan dinding partisi.

Sumber kalor luar yang termasuk beban pendinginan ini adalah:

- 1) Surya yang ditransmisikan melalui kaca
- 2) Radiasi surya yang melalui dinding dan atap, dikonduksikan kedalam ruang dengan memperhitungkan efek penyimpanan melalui dinding
- 3) Panas konduksi dan konveksi melalui pintu dan kaca jendela akibat perbedaan temperature
- 4) Panas karena infiltrasi oleh udara akibat pembukaan pintu dan melalui celah-celah jendela.
- 5) Panas karena ventilasi

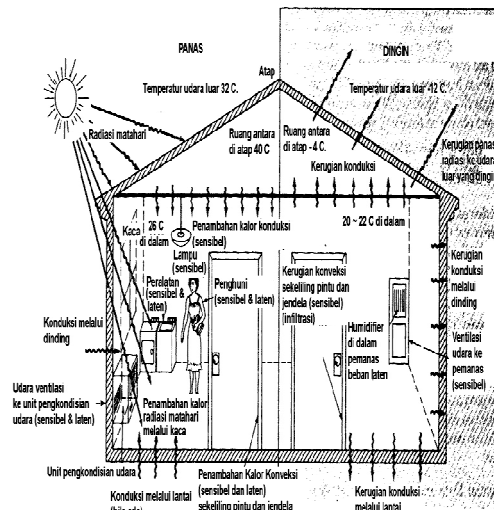
b. Beban Pendinginan Dalam (*internal cooling load*)

Beban pendinginan ini terjadi karena dilepaskannya kalor sensibel maupun kalor laten dari sumber yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan. Sumber kalor yang termasuk beban pendinginan ini adalah:

- 1) Panas karena penghuni
- 2) Panas karena lampu dan peralatan listrik
- 3) Panas yang ditimbulkan oleh peralatan lain

Beban pendinginan total merupakan jumlah beban pendinginan tiap ruang. Beban ruang tiap jam dipengaruhi oleh perubahan temperature udara luar, perubahan intensitas radiasi, surya dan efek penyimpanan panas pada struktur/dinding bagian luar bangunan gedung.

Yang termasuk beban pendinginan ruangan seperti ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Contoh beban pendinginan ruangan

Penyelesaian rangkaian termal (*thermal network*) untuk dinding dapat dilakukan dengan metoda :

- 1) Metoda eksplisit, yang biasanya memerlukan time step yang kecil untuk mencapai kestabilan perhitungan, makin banyak titik (node) yang diproses diperlukan time step yang lebih kecil untuk menyelesaikan perhitungan.
- 2) Metoda implisit, untuk menyelesaikan setiap time step perlu menyelesaikan sejumlah persamaan. Metode ini memerlukan banyak hitungan dari pada metode explicit yang ordernya sama, tetapi memberikan kestabilan perhitungan sehingga dapat dipakai time step yang lebih besar. Penyelesaian implisit lebih efisien dan langsung untuk rangkaian yang linear tetapi untuk rangkaian yang tak linear dapat menjadi sulit.

Energi dalam suatu gedung diperlukan antara lain untuk penerangan ruangan, peralatan kerja, kenyamanan penghuni dan lain-lain. Kebutuhan energi tersebut dapat dipenuhi dengan

memanfaatkan energi surya dan energi listrik.

Perencanaan atau perancangan bentuk arsitektur gedung sangat mempengaruhi efektivitas pemanfaatan energi surya dan penghematan penggunaan energi listrik. Untuk memprediksi jumlah kebutuhan energi yang mengakibatkan terjadinya perpindahan panas didalam gedung. Jumlah energi yang harus dipindahkan kedalam atau keluar gedung ditentukan oleh perbedaan temperatur luar gedung. Untuk memperoleh dan mempertahankan keadaan yang diinginkan tersebut diperlukan perpindahan energi dari temperatur rendah ke temperatur yang lebih tinggi.

Agar proses tersebut tidak menyimpang dari hukum termodinamika II maka diperlukan suatu siklus pendingin untuk sistem pengkondisian udara didalam ruangan. Jumlah energi yang harus dipindahkan melalui sistem pengkondisian udara disebut dengan beban pendingin.

Beban pendingin sebagian besar berasal dari sumber panas yang bervariasi terhadap waktu. Jika sumber-sumber panas ini dapat dinyatakan sebagai fungsi waktu atau dikalikan dengan faktor yang fungsi waktu maka variasi beban pendingin tiap jam data dihitung sehingga dapat diketahui saat dan besarnya beban maksimum tiap hari.

Program komputer yang dihasilkan diharapkan juga dapat digunakan untuk memprediksi variasi beban pendingin dalam waktu satu tahun. Beberapa data yang digunakan dalam perhitungan diubah dalam persamaan matematik dengan metode regresi dan diharapkan memberikan penyimpangan yang cukup besar.

B. Faktor yang Mempengaruhi Pengkondisian Udara

Pada dasarnya, kebutuhan akan pengkondisian udara prinsipnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Besar Bangunan atau Ruangan yang Dikondisikan

Gedung dengan jendela-jendela besar atau yang dilengkapi dengan lampu-lampu termasuk dalam golongan ruangan yang dikenai panas radiasi lebih banyak. Penggunaan kaca yang bersifat endotermik dan penggunaan lapisan pemantul sinar pada jendela, tentu dapat mengurangi panas radiasi matahari ke dalam ruangan yang bersangkutan.

Mengenai gedung yang lebih dan 55% ruangnya dikenai beban panas laten lebih besar daripada panas sensibelnya, akan diterangkan kemudian secara terperinci, misalnya: rumah berukuran besar, ruangan pertemuan, restoran, gedung bioskop, dan sebagainya.

2. Radiasi Sinar Matahari

Radiasi adalah proses di mana panas berpindah dari sumbernya (matahari, api, dsb) ke sebuah benda dengan cara penyinaran panas. Prinsip ini didasari fenomena bahwa panas berpindah dari permukaan yang panas ke permukaan yang dingin.

Radiasi terjadi tidak bergantung seperti konveksi, dan tidak memerlukan udara yang bergerak untuk melengkapi terjadinya perpindahan panas dan tidak dipengaruhi oleh temperatur udara walau dipengaruhi oleh temperatur sekeliling.

3. Aktivitas Manusia

Semua makanan yang masuk ke dalam badan mengandung panas dalam bentuk kalori. Proses perubahan menghasilkan panas dan semua pergerakan badan tidak hanya menghabiskan energi yang disimpan, tetapi juga menambah panas pada proses konversi.

4. Lampu

Lampu merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan, karena panas yang dihasilkan akan mempengaruhi pengkondisian udara dalam suatu ruangan.

Jumlah perolehan kalor dari dalam ruangan yang disebabkan oleh penerangan/lampu tergantung pada daya dari lampu dan jenis/cara pemasangannya.

5. Peralatan listrik

Peralatan-peralatan listrik sangat mempengaruhi pengkondisian udara dalam suatu ruangan, karena peralatan tersebut juga akan menghasilkan panas, misalnya saja komputer, kulkas, kipas angin, dan lain sebagainya.

Udara yang dimasukkan kedalam ruangan harus mempunyai kelembaban rendah agar dapat menyerap uap air (panas laten) dan temperatur yang rendah agar dapat menyerap panas dari berbagai sumber panas dalam ruangan (panas sensibel) agar kondisi ruangan yang diinginkan dapat dipercepat.

6. Ventilasi dan Infiltrasi

Besarnya laju aliran udara infiltrasi ditentukan berdasarkan udara luar yang masuk melalui celah-celah jendela serta melalui pintu yang terbuka. Sedangkan besarnya aliran udara ventilasi ditentukan berdasarkan jumlah orang atau luas lantai dari ruang yang akan dikondisikan. Beban ventilasi dan infiltrasi terbagi dalam beban kalor sensibel dan beban kalor laten.

C. Beban Kalor dari Dinding

Udara yang dimasukkan kedalam ruangan harus mempunyai kelembaban rendah agar dapat menyerap uap air (panas laten) dan temperatur yang rendah agar dapat menyerap panas dari berbagai sumber panas dalam ruangan (panas sensible) agar kondisi ruangan yang diinginkan dapat dipercepat.

Untuk menentukan beban kalor dari dinding maka digunakan persamaan berikut:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{\text{corr}} \text{ (Watt) } \dots\dots\dots (1)$$

$$CLTD_{\text{corr}} = ((CLTD + LM) \cdot K) + (25,5 - TR) + (T_o - 29,4)^\circ \text{ F} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

U : Koefisien perpindahan panas = $1/RT, m^2 \cdot ^\circ C/W$

RT : Resistansi termal, dapat di lihat pada tabel 3.45 hal 23, ASHRAE Fundamental Handbook

A : Luas atap (berdasarkan gambar bangunan), m^2

CLTD : Cooling Load Temperatur Differential (diferensial temperature beban pendingin), dapat dilihat pada tabel 5 hal 26 ASHRAE Fundamental Handbook, $^\circ C$

LM : Latitude Month Correction (koreksi terhadap garis lintang dan bulan) untuk permukaan datar dapat dilihat pada tabel 9 hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook

K : Koreksi terhadap warna, 1 untuk warna gelap dan 0,5 untuk warna terang

TR : Temperatur dalam ruangan, $^\circ C$

T_o : Temperatur rata-rata diluar ruangan, temperatur design outside $\frac{1}{2}$ X daily range dari tabel 3 hal 24, ASHRAE Fundamental Handbook, $^\circ C$

F : Factor aktif fan/saluran
= 1 (tanpa aktif fan/saluran)
= 0,75 (untuk positif ventilasi)
= 0,75 (untuk langit-langit dfiisolasi dan digunakan fan di antara langit-langit dan atap).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu Penelitian dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan oktober sampai november 2010 selama 2 bulan penelitian. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada ruangan

perkuliahan EJ 106 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

B. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini, untuk memperoleh data diperlukan beberapa peralatan sebagai berikut:

1. Mesin pengkondisian udara (AC) merk LG, kapasitas 9000 Btu/hours, Input 1 dan 2 PK dengan menggunakan refrigerant R-22.
2. Meteran digunakan untuk mengukur panjang dan lebar ruangan.
3. Termometer digital digunakan untuk mengukur suhu atau temperatur dalam dan luar ruangan.

C. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Menentukan pengamatan ke posisi low cool pada posisi mode cool.
2. Menunggu beberapa saat sampai tercapai kondisi *steady*.
3. Menghidupkan lampu
4. Aktivitas perkuliahan berlangsung
5. Mencatat data pada peralatan uji
6. Mematikan peralatan uji

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinding pada ruangan EJ 106 terbuat dari batu bata pelapis 100 mm² dengan penyekat 100 mm dan plaster luar-dalam. Pada penelitian ini beban kalor dinding yang diperhitungkan adalah beban kalor dinding sebelah utara dan selatan, sementara beban kalor dinding sebelah barat dan timur diabaikan sebab tidak terkena radiasi langsung dan dianggap partisi.

Dari tabel 6 ASHRAE *fundamental handbook*, diperoleh data hambatan termal dari bahan bangunan, sebagai berikut:

Lapisan udara luar	= 0,029 m ² .C/W
Batu bata	= 0,068 m ² .C/W
Penyekat	= 1,940 m ² .C/W
Celah udara	= 0,170 m ² .C/W

Plaster semen	= 0,066 m ² .C/W
Lapisan udara dalam	= $\frac{0,120 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W}}{R_{\text{total}}}$
R_{total}	= 2,393 m ² .C/W

Koefisien perpindahan panas untuk dinding tersebut adalah:

$$\begin{aligned} U &= 1/R_{\text{total}} \\ &= 1/2,393 \\ &= 0,418 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 6 ASHRAE *fundamental handbook*, dari jenis dinding yang dipakai ternyata ini termasuk dalam group F, sehingga diperoleh data-data sebagai berikut:

CLTD _U	= 5 °C
CLTD _S	= 7 °C
LM	= -1,1
K	= 0,5
T _R	= 25,70 °C
T ₀	= 30,9 °C
A _u	= 14,77 m ²
A _s	= 17,55 m ²

$$\begin{aligned} \text{CLTD}_{\text{CORR U}} &= (\text{CLTD} + \text{LM}) \cdot K + (25,5 - T_{\text{R}}) + (T_0 - 29,4) \\ &= (5 + (-1,1)) \cdot 0,5 + (25,5 - 25,70) + (30,9 - 29,4) \\ &= 3,25 \text{ °C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CLTD}_{\text{CORR S}} &= (\text{CLTD} + \text{LM}) \cdot K + (25,5 - T_{\text{R}}) + (T_0 - 29,4) \\ &= (7 + (-1,1)) \cdot 0,5 + (25,5 - 25,70) + (30,9 - 29,4) \\ &= 4,25 \text{ °C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{D_u} &= U \cdot A \cdot CLTD_{CORR} \\
 &= 0,418 \cdot 14,77 \cdot 3,25 \\
 &= 20,07 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

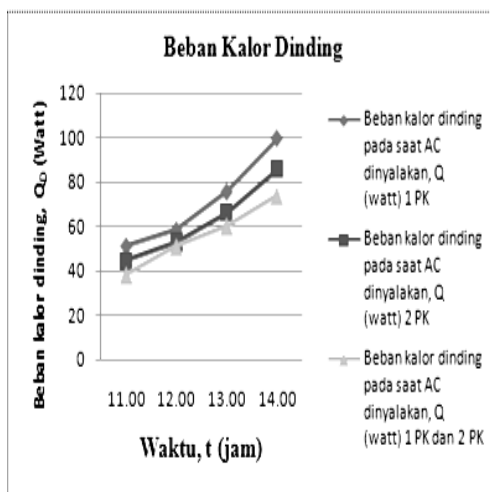
$$\begin{aligned}
 Q_{D_s} &= U \cdot A \cdot CLTD_{CORR} \\
 &= 0,418 \cdot 17,55 \cdot 4,25 \\
 &= 31,18 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Jadi beban kalor total untuk dinding adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_{D_{total}} &= Q_u + Q_s \\
 &= 24,73 + 37,07 \\
 &= 61,8 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Beban kalor pada dinding

Waktu, t (jam)	Beban kalor dinding pada saat AC dinyalakan, Q (watt)		
	1 PK	2 PK	1 PK dan 2 PK
11.00	51,24	44,35	38,00
12.00	58,46	52,79	50,76
13.00	75,66	66,07	60,13
14.00	99,71	85,39	73,91



Gambar 2. Beban kalor pada dinding

Dari gambar 2 di atas terlihat bahwa besarnya daya AC yang terpasang memberikan pengaruh yang besar terhadap perolehan beban kalor pada dinding. Di mana terlihat bahwa semakin besar daya AC yang terpasang maka semakin rendah beban kalor dinding utara yang dikondisikan dan sebaliknya semakin rendah daya AC yang terpasang maka beban kalor dinding utara dikondisikan akan semakin tinggi. Sebagai contoh besarnya beban kalor dinding pada pukul 11.00 adalah 51,24 Watt, pada pukul 12.00 adalah 58,46 Watt, pada pukul 13.00 adalah 75,66 Watt dan pada pukul 14.00 besar perolehan kalor dinding adalah 99,71 Watt.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa besarnya beban kalor/pendingin ruangan EJ 106 dari perolehan kalor dinding adalah pada pukul 11.00 adalah 51,24 Watt, pada pukul 12.00 adalah 58,46 Watt, pada pukul 13.00 adalah 75,66 Watt dan pada pukul 14.00 besar perolehan kalor dinding adalah 99,71 Watt.

DAFTAR PUSTAKA

ASHRAE. 2001. *Fundamental Handbook*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

Henry Nasution. 2002. *Teknik Pendingin*. Padang: Universitas Bung Hatta Padang.

Prajitno. 2003. *Pendingin dan Pemanas*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin FT UGM.

Rismarnawati A. Sinaga, dkk. 2006. *Desain Sistem Pengkondisian Udara pada Unit Bangunan Perpustakaan Terpadu (UPT II) Lantai Dua Universitas Gajah Mada*. Yogyakarta: UGM.

Syamsuri Hasan, dkk. 2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

Trane. 2000. *Cooling and Heating Load Estimation*. American Standard Inc. All rights reserved TRG-TRC002-EN.

Wiranto Arismunandar & Haizo S. 2005. *Penyegaran Udara*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

W. F. Stoecker. 1982. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Jakarta: Erlangga.