

ANALISA KEBUTUHAN BEBAN PENDINGIN DAN DAYA ALAT PENDINGIN AC UNTUK AULA KAMPUS 2 UM METRO.

Kemas Ridhuan, Andi Rifai

Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hjar Dewantara No. 116 Kampus Kota Metro
kmsridhuan@yahoo.co.id

Abstrak

Factor-faktor kenyamanan dari suatu ruangan sangat ditentukan oleh letak, karakteristik dan kegiatan yang ada di dalamnya. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu alat pendingin dengan beban pendinginan yang sesuai dengan kebutuhan ruang tersebut. Aula kampus 2 UM Metro sebagai tempat aktifitas akademik yang sangat beragam, setiap saat selalu ramai dengan kapasitas 250 orang, memerlukan beban pendingin yang memadai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beban pendinginan dan daya pendinginan dari alat AC yang diperlukan untuk ruang Aula tersebut. Metode penelitian yang dilakukan yaitu kajian pustaka dan observasi. Mengamati berbagai kejadian seperti sudut pancaran sinar matahari, mengukur suhu dinding luar, dinding dalam, berbagai aksesoris yang ada dan jenis kegiatan yang dilakukan. Kemudian melakukan perhitungan dengan kajian pustaka. Hasil penelitian yang didapat yaitu beban pendinginan dari seperti dinding bata dengan lapisan plester, kaca, atap dari paduan aluminium, lantai dari beton dan keramik, lampu, penghuni, peralatan elektronik dan 250 orang jumlah maksimal yang ada pada ruangan aula kampus 2 UM Metro didapat sebesar 47,87 kW dan besar daya sistem pendingin AC yang diperlukan untuk mendinginkan beban pendinginan dari daya kompresornya sebesar 1,77 kW. Apabila dikonversikan daya kompresor 1,77 kW setara dengan 2,4 PK. untuk pemasangan AC dari 2,4 PK dibutuhkan 5 unit alat pendingin yang masing-masing alat berkapasitas $\frac{1}{2}$ PK agar pendinginan diruang tersebut lebih efisien.

Kata Kunci : Beban, Pendingin, AC, Aula

PENDAHULUAN

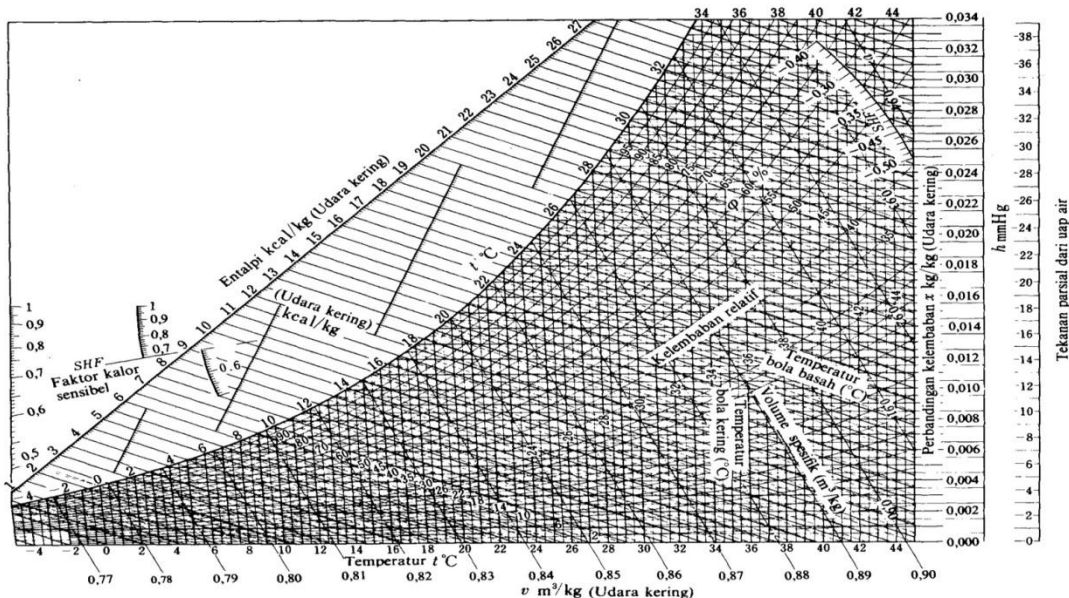
Penyegaran udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembapan yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu. Selain itu, mengatur aliran udara dan kebersihannya. Untuk dapat menghasilkan udara dengan kondisi yang diinginkan, maka peralatan yang dipasang harus mempunyai kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan yang dimiliki ruangan tersebut.

Proses penyegaran udara yaitu udara dalam ruangan yang ada pada temperatur dan kelembapan dihisap masuk ke dalam alat penyegar udara, kemudian bercampur dengan udara luar dan menghasilkan udara pada tingkat keadaan. Selanjutnya, udara didinginkan dengan jalan mengalirkannya melalui koil pendingin, setelah terlebih dahulu dibersihkan melalui saringan udara. Apabila permukaan koil pendingin bertemperatur lebih rendah dari pada titik embun dari udara, maka uap air dalam udara

akan mengembun pada permukaan koil pendingin. Air embun (kondensat) yang terjadi itu akan menetes dan dialirkan keluar, sehingga perbandingan kelembapan udara akan berkurang (Stoecker, 1982).

Psikometri

Psikometri merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air, yang mempunyai arti penting di dalam bidang teknik pengkondisian udara, karena udara atmosfer tidak kering betul tetapi merupakan campuran udara dan uap air. Pada beberapa proses pengkondisian udara, kandungan air sengaja disingkirkan dari udara, tetapi pada proses yang lain air ditambahkan. Ada beberapa istilah yang dipakai dalam diagram psikometri ini yaitu seperti temperatur bola kering, temperatur bola basah, kelembapan udara, kelembapan relatif, volume spesifik, titik embun dan entalpi (Arismunandar, 1991).



Gambar 1. Diagram Psikometri (Sumber: Arismunandar, 1991)

Cara kerja alat pendingin

Kompresor berfungsi sebagai pemampat fluida kerja (refrigeran), jadi refrigeran yang masuk ke dalam kompresor AC dialirkan dan dimampatkan ke kondensator yang kemudian dimampatkan di kondensator. Dibagian kondensator ini refrigeran yang dimampatkan akan berubah fase dari refrigeran fase uap menjadi refrigeran fase cair, maka refrigeran mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam refrigeran (Afendi, 2012).

Adapun besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondensator adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan (Stoecker, 1982).

Beban Kalor dan Sistem Penyegaran Udara (Stoecker, 1982) :

Beban kalor terdiri dari yaitu

- Beban pendinginan luar
- Beban pendinginan dalam
- Beban kalor ruangan
- Beban kalor dari udara luar yang masuk ke dalam alat penyegar
- Beban blower dan motor
- Kebocoran dari saluran, dan sebagainya.

Beban kalor ruangan dan beban alat penyegar udara pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi kalor sensibel dan kalor laten (Sumardi, 2004).

Beban pendinginan luar terdiri dari beban kalor melalui dinding, kaca, atap dan lantai. Koefisien perpindahan kalor (U) melalui nilai konduktivitas termal bahan. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$U = \frac{1}{R_{UL} + R_k + R_{UP}}$$

Keterangan :

R_{UL} = Resistansi termal permukaan luar ($m^2 \cdot K/W$)

R_{UP} = Resistansi termal permukaan dalam ($m^2 \cdot K/W$)

R_k = Resistansi termal bahan ($m^2 \cdot K/W$)

Panas melalui dinding dan yang lainnya terjadi oleh panas sinar matahari yang diserap oleh permukaan dinding dan oleh beda temperatur antara kondisi luar ruang dan dalam ruangan sebesar dapat dihitung dengan persamaan (Stoecker : 61) :

$$Q_{dinding} = A_{dinding} \cdot U_{dinding} \cdot (T_{d1} - T_{d2})$$

Dan besar beban pendinginan total yang terjadi dapat diketahui yaitu :

$$Q_{total\ luar} = Q_{dinding} + Q_{kaca} + Q_{atap} + Q_{lantai}$$

Beban pendinginan dalam terdiri dari beban kalor dari lampu, kalor dari penghuni dan kalor dari peralatan yang besarnya yaitu :

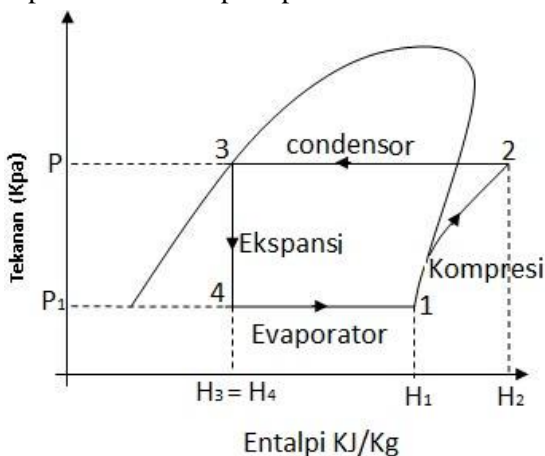
$$Q_{total\ dalam} = Q_{lampu} + Q_{penghuni} + Q_{peralatan}$$

beban pendinginan total merupakan total jumlah beban ruangan yang terdiri dari beban total pendinginan luar dan beban total pendinginan dalam. Beban pendinginan total dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$Q_{total\ pendinginan} = Q_{total\ pendinginan\ luar} + Q_{total\ pendinginan\ dalam}$$

Beban Mesin Pendingin AC

Untuk mengetahui besar beban pada mesin pendingin AC seperti ditunjukkan pada gambar 2, dimana system siklus pendingin memerlukan kerja pada masing-masing komponen, seperti kondensor, kompresor, evaporator dan katup ekspansi.



Gambar 2. Diagram tekanan dan entalpi siklus kompresi uap standar

Usaha pendinginan pada evaporator yaitu : (Stoecker, 1982).

$$W = h_1 - h_4$$

Keterangan :

h_1 = Entalpi refrigeran pada titik 1 (kJ/kg)

h_4 = Entalpi refrigeran pada titik 4 (kJ/kg)

Laju aliran pendinginan refrigeran merupakan jumlah refrigeran yang disirkulasikan tiap satuan waktu yaitu :

$$\dot{m} = \frac{Q_{total\ pendinginan}}{W}$$

Keterangan :

$Q_{total\ pendinginan}$ = Beban pendinginan total (kW)

W = Usaha pendinginan (kJ/kg)

Kerja kompresor berlangsung secara adiabatik yaitu tidak ada kalor yang masuk maupun keluar sistem yang besarnya :

$$P_k = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$$

Keterangan :

\dot{m} = Laju aliran refrigeran (kg/det)

h_2 = Entalpi refrigeran pada titik 2 (kJ/kg)

h_1 = Entalpi refrigeran pada titik 1 (kJ/kg)

Di kondensor, uap refrigeran diembunkan, panas dilepas ke lingkungan dan terjadi perubahan fase refrigeran dari uap ke cair. Dari kondensor dihasilkan refrigeran cair bertekanan tinggi dan bersuhu rendah. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut (Sungadiyanto, 2006) :

$$P_c = \dot{m} (h_2 - h_3)$$

Keterangan :

\dot{m} = Laju aliran refrigeran (kg/det)

h_2 = Entalpi refrigeran pada titik 2 (kJ/kg)

h_3 = Entalpi refrigeran pada titik 3 (kJ/kg)

Di evaporator, refrigeran cair mengambil panas dari lingkungan yang akan didinginkan dan menguap sehingga terjadi uap refrigeran bertekanan rendah. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_e = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

Keterangan :

\dot{m} = Laju aliran refrigeran (kg/det)

h_1 = Entalpi refrigeran pada titik 1 (kJ/kg)

h_4 = Entalpi refrigeran pada titik 4 (kJ/kg)

Kemampuan kerja suatu refrigerator dinilai dari besarnya koefisien kinerja. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

(Stoecker, 1982).

$$COP = \frac{Q_{total\ pendinginan}}{P_k}$$

Keterangan :

P_k = Daya kerja kompresor (kW)

$Q_{total\ pendinginan}$ = Beban pendinginan total (kW)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Aula Kampus 2 UM Metro. pada bulan Mei sampai Oktober 2013.

Metode penelitian yang dilakukan yaitu observasi lapangan dan kajian pustaka yaitu mengukur dan mencatat data-data yang didapat dari lapangan seperti ukuran bangunan panjang, lebar dan tinggi. Luas bidang tembok, kaca dan kayu. Jumlah pintu, jendela dan jumlah kapasitas

orang pada aula tersebut. Beberapa peralatan yang ada dalam ruang aula tersebut seperti lampu, alat elektronika dan sumber panas lainnya.

Kemudian dilanjutkan dengan metode kajian pustaka yaitu menghitung beban pendinginan ruang aula dan menghitung daya alat refrigerasi (pendingin udara) yang akan digunakan pada ruangan tersebut dengan menggunakan metode pendinginan beban perbedaan suhu (CLTD) (Afendi, 2012).

Data pengukuran :

Ruang aula :

- a) panjang 19,85 m, lebar 7,85 m dan tinggi 3,33 m.
- b) Kapasitas maksimal 250 orang
- c) Peralatan elektronik : 1 amply, 2 speaker, 20 lampu, 1 LCD dan 5 kipas angin yang berada di dalamnya.
- d) jendela 28 buah dan pintu 2 buah.
- e) Pada dinding di bagi menjadi 4 bagian yaitu dinding 1 dengan luas 48,8 m², dinding 2 dan 4 dengan luas 24,49 m², dinding 3 dengan luas 16,65 m², dan masing-masing dinding tebal 0,11 m.
- f) Pada kaca dibagi menjadi 2 bagian yaitu kaca 1 dengan luas 13,132 m², kaca 2 dengan luas 4,1552 m² dan tebal kaca 0,005 m.
- g) Pada bagian atap didapat luas 162,88 m² berbahan paduan alumunium dengan tebal 0,00035 m.
- h) Pada bagian lantai didapat luas 155,8225 m² dengan tebal 0,013 m.



Gambar 3. Ruang aula tampak dari belakang



Gambar 4. Ruang aula tampak dari samping



Gambar 5. Gedung aula tampak dari luar



Gambar 6. Jendela kaca ruang aula

- i) Untuk temperatur bola basah 29⁰C dan temperatur bola kering 32⁰C. dan data yang diperoleh dari diagram psikometri pada 16⁰C dengan kelembapan relatif 70 % didapat tekanan parsial uap jenuh 9,7 mm Hg, volume spesifik 0,83 m³/kg, titik embun 11⁰C dan perbandingan kelembapan 0,008.

PERHITUNGAN

a. Beban pendinginan luar

Koefisien perpindahan kalor melalui dinding tembok yaitu :

$$U_{dinding} = \frac{1}{R_{UL} + R_k + R_{UP}}$$

$$= 1 / (0,044 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} + 0,136 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} + 0,120 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W})$$

$$= 3,33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$Q_{dinding 1} = A_{dinding 1} \cdot U_{dinding} \cdot (T_{d1} - T_{d2})$$

$$= 48,8 \text{ m}^2 \cdot 3,33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} (309 \text{ K} - 307 \text{ K})$$

$$= 325 \text{ W}$$

Dengan cara yang sama maka dapat dihitung dan hasilnya sebagai berikut :

$$Q_{dinding 2} = 55,44 \text{ W}$$

$$Q_{dinding 3} = 81,55 \text{ W}$$

$$Q_{dinding 4} = 652,4 \text{ W}$$

Maka jumlah panas yang melewati didinding tembok keseluruhan yaitu :

$$Q_{dinding} = Q_{dinding 1} + Q_{dinding 2} + Q_{dinding 3} + Q_{dinding 4}$$

$$= 325 \text{ W} + 55,44 \text{ W} + 81,55 \text{ W} + 652,4 \text{ W}$$

$$= 1114,39 \text{ W}$$

Jumlah panas yang melewati kaca keseluruhan yaitu :

$$Q_{kaca} = Q_{kaca 1} + Q_{kaca 2}$$

$$= 77,74 \text{ W} + 24,56 \text{ W}$$

$$= 102,3 \text{ W}$$

Jumlah panas yang melewati atap yaitu :

$$Q_{atap} = A_{atap} \cdot U_{atap} \cdot (T_{a1} - T_{a2})$$

$$= 162,88 \text{ m}^2 \cdot 6,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} (332 \text{ K} - 310 \text{ K})$$

$$= 21858,5 \text{ W}$$

Jumlah panas yang melewati lantai yaitu :

$$Q_{lantai} = A_{lantai} \cdot U_{lantai} \cdot (T_{l1} - T_{l2})$$

$$= 155,8225 \text{ m}^2 \cdot 5,78 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} (306 \text{ K} - 304 \text{ K})$$

$$= 1801,3 \text{ W}$$

Beban Total Pendinginan Luar adalah :

$$Q_{total \text{ pendgn luar}} = Q_{dinding} + Q_{kaca} + Q_{atap} + Q_{lantai}$$

$$= 1114,39 \text{ W} + 102,3 \text{ W} + 21858,5 \text{ W} + 1801,3 \text{ W}$$

$$= 24876,49 \text{ W}$$

b. Beban pendinginan dalam

Beban panas dari lampu yaitu :

$$Q_{lampu} = Q_{lampu \text{ bulat}} + Q_{lampu \text{ panjang}}$$

$$= 220,32 \text{ W} + 114,24 \text{ W}$$

$$= 334,56 \text{ W}$$

Beban panas dari penghuni/orang yaitu :

$$Q_{penghuni} = z \cdot No \cdot CLFP$$

$$= 100 \text{ W} \cdot 250 \text{ orang} \cdot 0,89$$

$$= 22250 \text{ W}$$

Beban panas dari beberapa peralatan, seperti laptop, amply dan LCD, yaitu :

$$Q_{alat} = Q_{alat \text{ laptop}} + Q_{alat \text{ amply}} + Q_{alat \text{ LCD}}$$

$$= 64,98 \text{ W} + 34 \text{ W} + 312 \text{ W}$$

$$= 410,98 \text{ W}$$

Beban total pendinginan dalam adalah :

$$Q_{total \text{ pendgn dalam}} = Q_{lampu} + Q_{penghuni} + Q_{peralatan}$$

$$= 334,56 \text{ W} + 22250 \text{ W} + 410,98 \text{ W}$$

$$= 22995,54 \text{ W}$$

Beban pendinginan total/keseluruhan adalah

$$Q_{total \text{ pendinginan}} = Q_{total \text{ pendgn luar}} + Q_{total \text{ pendgn dalam}}$$

$$= 24876,49 \text{ W} + 22995,54 \text{ W}$$

$$= 47872,03 \text{ W} = 47,87 \text{ kW}$$

c. Beban mesin pendingin alat AC

Usaha pendinginan refrigeran yaitu :

$$W = h_1 - h_4$$

$$= 410,7 \text{ kJ/kg} - 249,7 \text{ kJ/kg}$$

$$= 161 \text{ kJ/kg}$$

Laju aliran pendinginan refrigerant yaitu :

$$\dot{m} = \frac{Q_{total \text{ pendinginan}}}{W}$$

$$= \frac{47,87 \text{ kW}}{161 \text{ kJ/kg}} = 0,30 \text{ kg/det}$$

Daya kerja kompresor yaitu :

$$P_k = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$$

$$= 0,30 \text{ kg/det} \cdot (416,6 - 410,7) \text{ kJ/kg}$$

$$= 1,77 \text{ kJ/det} = 1,77 \text{ kNm/det} = 1,77 \text{ kW}$$

Panas yang dilepaskan kondensor yaitu :

$$P_c = \dot{m} (h_2 - h_3)$$

$$= 0,30 \text{ kg/det} \cdot (416,6 - 249,7) \text{ kJ/kg}$$

$$= 50,1 \text{ kJ/det} = 50,1 \text{ kNm/det} = 50,1 \text{ kW}$$

Penyerapan panas evaporator yaitu :

$$P_e = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

$$= 0,30 \text{ kg/det} (410,7 - 249,7) \text{ kJ/kg}$$

$$= 48,3 \text{ kJ/det} = 48,3 \text{ kNm/det} = 48,3 \text{ kW}$$

Coefisien of performance (COP)

$$COP = \frac{Q_{total \text{ pendinginan}}}{P_k}$$

$$= \frac{47,87 \text{ kW}}{1,77 \text{ kW}}$$

$$= 27,04$$

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan beban pendinginan di dapat sebesar 47,87 kW. Hal ini di pengaruhi oleh beberapa faktor yaitu beban pendinginan luar, yang berupa panas pada dinding ruangan, kaca jendela, pintu, atap dan lantai ruangan. Yang cukup besar pengaruhnya yaitu pada dinding ruangan sebelah timur karena terkena sinar matahari langsung. Kemudian jendela kaca, semakin banyak jumlah jendela maka akan semakin banyak sinar matahari yang masuk menyinari ruang aula kemudian pintu, karena aka nada udara luar yang masuk dan udara di dalam keluar.

Untuk beban pendinginan dalam yaitu setiap komponen yang ada di dalam ruangan yang dapat menimbulkan panas seperti panas dari lampu, LCD, laptop, ample dan penghuni/orang. Factor yang cukup besar yaitu orang, karena sitiap orang akan mengeluarkan panas, semakin banyak orang maka akan semakin banyak panas yang dikeluarkan, kemudian LCD karena memang mengluarkan panas dan cahaya sehingga panas yang dihasilkan besar, lalu lampu penerangan karena sinarnya mengeluarkan panas dan cahaya.

Untuk beban yang lainnya dirasa tidak begitu besar pengaruhnya, karena panas yang dihasilkan kecil, seperti atap dan lantai ruangan serta dinding ruang yang lainnya juga alat leptop dan ampleplayer.

Kemudian untuk mengantisipasi besarnya daya panas yang ditimbulkan pada ruang aula tersebut, maka beban pendinginan yang diperlukan untuk menciptakan kondisi ruangan yang nyaman di dapat dari daya alat pendingin AC (daya kompresor) yang sesuai yaitu sebesar 1,77 kW atau setara 2,4 PK dan dibulatkan menjadi 2,5 PK.

Berdasarkan cara perhitungan beban pendinginan AC di lapangan atau toko yang biasa dilakukan yaitu hanya dengan menggunakan dasar ukuran panjang dan lebar ruangan saja. Maka untuk ruang aula yang berkuran panjang 19,85 m dan lebar 7,85 m didapat daya alat pendingin AC yang ideal atau sesuai yaitu sebesar 8,6 PK. Ini menunjukkan perbedaan yang cukup besar terjadi dari hasil perhitungan tersebut.

KESIMPULAN

Didalam hasil perhitungan di atas maka dapat disimpulkan bahwa ruang aula yang mempunyai ukuran panjang 19,85 m, lebar 7,85m, dan tinggi 3,33m dengan kapasitas 250 orang memiliki beban pendinginan sebesar 47,87 kW. Dan untuk mendapatkan dan mempertahankan kondisi ruangan aula yang nyaman maka diperlukan daya alat pendingin AC sebesar 1,77 kW atau setara 2,4 PK dibulatkan 2,5 PK.

Untuk mendapatkan pendinginan yang merata maka perlu dibagi menjadi 5 unit alat pendingin, masing-masing daya pendingin @ ½ PK yang disebar ke masing-masing bagian, jarak dan sisi, tiga sebelah kiri dan 2 bagian disebelah kanan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Afendi, ahmad Arif. Puad, Jamil M. Sonhaji, M. 2012. *Perhitungan Beban Pendinginan, Pemilihan dan Pemasangan Air Conditioning di Ruang Autocad*. Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.
2. Arismunandar, Wiranto. Saito, Heizo. 1991. *Penyegaran Udara*. PT. Pradya Paramitha Jakarta.
3. Badan Sstandar Nasional. 2011. *Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung*. Jakarta. BSN.
4. Stoecker, W,F. Jones, J.W. 1982. *Refrigrasi dan Pengkondisian Udara*. Jakarta Penerbit Erlangga Jakarta.
5. Sumardi, Syamsuar, Ariefin. *Analisis Beban Pendinginan Sistem Tata Udara (STU) Ruang Auditorium Lantai III Gedung Utama Politeknik Negeri Lhoksuemawe*. Teknik Mesin. Politeknik Negeri Lhoksuemawe Aceh
6. Sungadiyanto. 2006. *Studi eksperimental Performa Mesin Pengkondisian Udara (AC) MC Quay dengan Refrigeran R-22 pada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negri Semarang*. Universitas Negri Semarang. Semarang