

ANALISA OPTIMALISASI KEBUTUHAN DAYA KOIL PENDINGIN SISTEM PENGKONDISIAN UDARA PADA RANGKAIAN RUANG KELAS LANTAI 4 GEDUNG D UNIVERSITAS MERCUBUANA JAKARTA

Fikry Zulfikar

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mercubuana Jakarta

Abstrak - Sistem pengkondisian udara sangat banyak manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam kenyamanan bekerja dan belajar dalam ruangan. Besarnya daya yang dibutuhkan koil pendingin dalam sebuah sistem pengkondisian udara adalah salah satu faktor dalam mengukur tingkat prestasi sebuah mesin pengkondisian udara. Oleh karena itu diperlukan sebuah analisis dalam mencari optimalisasi besarnya daya yang dibutuhkan koil pendingin untuk mengukur tingkat performansi sebuah mesin pendingin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dalam mencari kebutuhan daya koil pendingin yang optimal dalam sistem pengkondisian udara di Gedung D lantai 4 Universitas Mercubuana berdasarkan faktor-faktor penelitian tertentu. Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan data-data primer dan sekunder yang diolah melalui analisis. Kemudian hasil analisis tersebut dibahas untuk ditarik sebuah kesimpulan dan terdapat saran pada bagian akhir. Pada hasil analisis berdasarkan faktor-faktor penelitian dipilihlah kondisi nomor 2 dari seluruh variasi kondisi sebagai kondisi dengan kebutuhan daya koil pendingin paling optimal karena kebutuhan energinya paling hemat yakni 124.747 W.

Kata kunci: sistem pengkondisian udara, koil pendingin, kebutuhan daya.

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan kita sehari-hari, tentu kita menginginkan kenyamanan dalam beraktivitas. Begitu pula dengan kegiatan belajar-mengajar dalam lingkungan kampus, kita menginginkan lingkungan yang kondusif dalam belajar. Salah satu faktor kenyamanan dalam kegiatan belajar mengajar adalah faktor pengkondisian udara dalam ruang kelas. Udara yang panas dalam ruang kelas membuat kita kurang nyaman dalam belajar. Oleh karena itu dibutuhkan alat pengkondisian udara (*Air Conditioning/AC*) untuk membantu mengatur pengkondisian udara dalam ruang kelas agar nyaman.

Besarnya daya yang dibutuhkan koil pendingin dalam sebuah sistem pengkondisian udara adalah salah satu faktor dalam mengukur tingkat prestasi sebuah mesin pengkondisian udara. Oleh karena itu diperlukan sebuah analisis dalam mencari optimalisasi besarnya daya yang dibutuhkan koil pendingin untuk mengukur tingkat performansi sebuah mesin pendingin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dalam mencari kebutuhan daya koil pendingin yang optimal dalam sistem pengkondisian udara di Gedung D lantai 4 Universitas Mercubuana berdasarkan faktor-faktor penelitian tertentu. Adapun faktor-faktor penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu dan kelembapan yang kita inginkan, dan laju aliran massa udara.

Objek dalam penelitian ini adalah gedung D lantai 4 Universitas Mercubuana Jakarta. Gedung ini terletak di Jakarta Barat, daerah ini terletak di Jl. Meruya Selatan, Kebon Jeruk – Jakarta Barat 11650 yang terletak pada 6° lintang selatan dan 106° bujur timur.

Rumusan masalah pada penelitian ini tidak lepas dari tema yang sudah ditentukan yaitu bagaimana cara menentukan sebuah kebutuhan daya koil pendingin yang optimal dari sistem pengkondisian udara terbaik berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh.

Melihat luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada, maka penulis membatasi penelitian agar dapat mempermudah proses perhitungan tanpa mengurangi keakuratan hasil penelitian, oleh karena itu penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. Variasi temperatur ruangan yang diinginkan adalah 23°C , 24°C , dan 25°C .
2. Variasi kelembapan ruangan yang diinginkan adalah 50% dan 60%.
3. Perhitungan beban pendinginan difokuskan pada beban *internal load* (manusia, lampu, dan peralatan) dan beban kalor matahari yang nanti dijumlahkan menjadi beban pendinginan total.
4. Ruangan kelas yang digunakan dalam perhitungan dan analisis adalah D-402, D-403, D-404, dan D-405.
5. Hasil penelitian bersifat rekomendasi.
6. Saluran ducting menggunakan sistem zona tunggal.
7. Aliran udara dalam saluran *ducting* tidak mengalami divergensi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

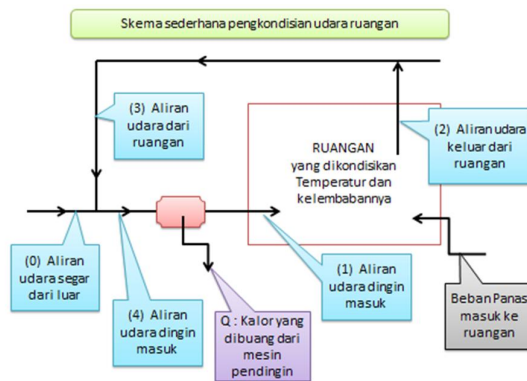
Tujuan pokok perhitungan perancangan sistem pengkondisian udara adalah untuk menentukan seberapa besar laju aliran udara dingin dan kapasitas mesin pendingin yang diperlukan bagi sistem pengkondisian udara untuk kondisi tertentu

temperatur dan kelembaban udara nyaman, karakteristik beban termal, jumlah penghuni, serta kondisi temperatur dan kelembaban udara atmosfer yang berada di luar ruangan.

Pada tahap pertama, berangkat dari kondisi udara nyaman yang diinginkan terjadi di dalam ruangan yang akan dikondisikan udaranya kita tentukan besarnya temperatur udara dingin yang masuk ke dalam ruangan atau yang berasal dari hasil pendinginan di coil pendingin.

Setelah itu, dengan menerapkan prinsip kesetimbangan energi pada aliran udara yang bersirkulasi di dalam ruangan kita tentukan besarnya laju aliran massa udara dingin yang diperlukan untuk mengatasi beban termal yang bekerja ke dalam ruangan.

Selanjutnya, berangkat dari data tingkat keadaan udara atmosfer yang akan disalurkan masuk ke dalam sistem pendingin kita tentukan besarnya laju kebutuhan udara segar dari luar ruangan. Setelah itu, dengan menerapkan prinsip kesetimbangan massa aliran dan kesetimbangan energi pada daerah pencampuran antara aliran udara atmosfer dari luar ruangan dengan aliran udara hangat yang datang dari keluaran ruangan yang dikondisikan maka kita tetapkan besarnya laju aliran massa udara hangat tersebut (laju aliran massa udara by-pass). Setelah itu, kita tetapkan juga besarnya enthalpi aliran refrigeran masuk ke coil pendingin. Pada tahap akhir kita dapat menentukan besarnya kapasitas mesin pendingin yang diperlukan.



Gambar Skema Sederhana Pengkondisian Udara Ruangan

2.1 Memperkirakan Besarnya Temperatur Udara Dingin yang Masuk ke Dalam Ruangan atau yang Berasal dari Hasil Pendinginan di Koil Pendingin (T_1)

Para perancang sistem pengkondisian udara menyarankan bahwa pada umumnya besarnya beda temperatur antara temperatur udara nyaman di dalam ruangan dengan temperatur udara dingin yang keluar dari cooling coil ($T_2 - T_1$) dapat dipilih di sekitar harga 7 °C sampai dengan 8 °C.

2.2 Memperkirakan Laju Aliran Udara Dingin yang Diperlukan Masuk ke Dalam Ruangan

Apabila pada aliran udara di dalam ruangan yang diperlihatkan pada gambar 2.25. kita terapkan prinsip kesetimbangan energi, dengan menganggap aliran udara adalah stasioner, maka kita memiliki persamaan :

Beban panas yang masuk ke ruangan (Q) = kenaikan energi panas ($E_2 - E_1$)

Selanjutnya apabila beda energi kinetik dan beda energi potensial di antara aliran udara di (1) dan di (2) kita abaikan karena bisa dianggap kecil, maka persamaan di atas menjadi:

Beban panas yang masuk ke ruangan (Q) = kenaikan energi enthalpi udara ($h_2 - h_1$) (2.35)

Atau :

$$Q = m_{ud} (h_2 - h_1) \text{ (J/s)}$$

Atau, besarnya laju aliran massa udara yang diperlukan bagi ruangan tersebut adalah :

$$m_{ud} = Q / (h_2 - h_1) \text{ (kg}_{\text{udara kering}} / \text{s)}$$

Di mana :

Q : beban panas yang masuk ke ruangan (J/s)

h_2 adalah enthalpi udara saat akan meninggalkan ruangan (J/kg_{udara kering})

h_1 adalah enthalpi udara dingin saat masuk ke dalam ruangan (J/kg_{udara kering})

2.3 Memperkirakan Besarnya Enthalpi Udara Dingin di Tingkat Keadaan (1)

Untuk memperkirakan besarnya enthalpi udara dingin di tingkat keadaan (1) Terlebih dahulu kita tentukan besarnya SHF (Sensibel Heat Factor) bagi sistem aliran udara di dalam ruangan:

$$SHF = Q_{\text{total}} / Q_{\text{sensibel}}$$

Tingkat keadaan (1) atau titik (1) pada diagram psikrometrik dapat ditentukan dengan menarik garis temperatur T_1 vertikal ke atas, dan kemudian mensuperposisikan dengan garis SHF pada diagram psikrometrik.

Setelah Tingkat keadaan (1) atau titik (1) pada diagram psikrometrik dapat ditentukan letaknya maka dengan mudah kita dapat menentukan harga enthalpi h_1 dan volume jenisnya v_1 ($\text{m}^3/\text{kg}_{\text{udara kering}}$)

Selanjutnya, dengan menggunakan persamaan :

$$m_{ud} = Q_{\text{total}} / (h_2 - h_1) \text{ (kg}_{\text{udara kering}} / \text{s)}$$

kita dapat menghitung besarnya laju aliran massa udara kering per detik.

Kemudian, debit aliran atau kapasitas aliran udara (Q_v) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q_v = m_{ud} \cdot v_1 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

2.4 Memperkirakan besarnya laju aliran massa udara by-pass (m_3)

Laju aliran massa udara by-pass (m_3) adalah laju aliran udara yang meninggalkan ruangan tetapi kemudian dibelokkan kembali ke arah hulu intake sistem pengkondisian udara untuk bercampur

dengan aliran udara atmosfer dari luar ruangan yang akan masuk ke dalam sistem.

Tinjau daerah pencampuran antara aliran udara atmosfer yang masuk dari tk (0) dengan aliran udara dari dalam ruangan yang masuk dari tk (3), kemudian keduanya bergabung menjadi tk (5) (lihat gambar 2.25).

Penerapan prinsip kesetimbangan massa aliran udara pada titik pencampuran tersebut memberikan persamaan:

$$m_0 + m_3 = m_5$$

Sementara itu, laju aliran massa udara yang kemudian melewati tk (5) selanjutnya akan mengalir melewati coil pendingin dan masuk ke dalam ruangan dengan laju aliran massa m_1 . Oleh karena itu:

$$m_5 = m_1$$

Oleh karena itu, besarnya Laju aliran massa udara by-pass (m_3) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$m_3 = m_5 - m_0$$

2.5 Memperkirakan Besarnya Enthalpi Refrigeran Saat Masuk ke Koil Pendingin (h_5)

Untuk menentukan besarnya enthalpi refrigeran saat mengalir masuk ke dalam koil pendingin maka kita Tinjau daerah pencampuran antara aliran udara atmosfer yang masuk dari tk (0) dengan aliran udara dari dalam ruangan yang masuk dari tk (3), kemudian keduanya bergabung menjadi tk (5) (lihat gambar 2.25).

Penerapan prinsip kesetimbangan energi pada aliran udara pada titik pencampuran tersebut memberikan persamaan:

$$m_0 h_0 + m_3 h_3 = m_5 h_5$$

Laju aliran massa udara di tk (0), m_0 pada prinsipnya telah dapat ditentukan besarnya dari perhitungan sebelum ini. Begitu pula dengan Laju aliran massa udara di tk (3), m_3 dan $m_5 = m_1$.

Kemudian enthalpi di tk (0) h_0 juga telah diketahui. Sementara itu enthalpi di tk (3) h_3 adalah sama dengan enthalpi di tk (2) h_2 . Oleh karena itu, melalui persamaan di atas, kita dapat dengan mudah menghitung besarnya h_5 .

2.6. Memperkirakan besarnya kapasitas mesin pendingin

Kapasitas mesin pendingin adalah kemampuan mesin pendingin menyerap energi panas yang diangkat oleh aliran udara hangat yang melewatinya. Besarnya laju Energi panas yang diserap oleh mesin pendingin dari aliran udara, dan kemudian dibuang ke lingkungan udara luar sehingga udara saat masuk ke dalam ruangan memiliki temperatur yang lebih rendah (lihat gambar 2.25) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_p = m_5 (h_5 - h_1)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Langkah-Langkah Penelitian

1. Observasi tentang objek penelitian
2. Mengidentifikasi tujuan dan manfaat penelitian
3. Memperdalam landasan teori yang berhubungan dengan kebutuhan koil pendingin
4. Menghimpun data dari objek penelitian yang berpotensi mengeluarkan energi kalor (beban kalor pendinginan)
5. Melakukan perhitungan-perhitungan dari data yang didapat terutama dalam hal beban kalor pendinginan total, laju aliran massa udara, kebutuhan udara segar, dan kebutuhan daya koil pendingin.
6. Menganalisis hasil perhitungan kapasitas pendinginan dan perhitungan kebutuhan daya koil pendingin yang diakhiri dengan kesimpulan dan rekomendasi.
7. Mendokumentasikan hasil penelitian

3.2. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah ruang-ruang kelas lantai 4 gedung D Universitas Mercubuana. Gedung ini terletak di Jakarta Barat, daerah ini terletak di Jl.Meruya Selatan, Kebon Jeruk – Jakarta Barat 11650 yang terletak pada 6° lintang selatan dan 106° bujur timur.

3.3. Alat Bantu Pengukuran

1. Termometer untuk mengukur suhu dari objek penelitian
2. Higrometer untuk mengukur kelembapan dari objek penelitian
3. Meteran gulung untuk mengukur dimensi objek penelitian (panjang, lebar, dan tinggi ruangan objek penelitian)

4. ANALISIS

4.1. Beban Kalor Pendinginan Total

Berikut adalah tabel hasil perhitungan beban kalor pendinginan total:

No	Keterangan	Jumlah beban kalor (W)
1	Beban kalor transmisi radiasi matahari melalui jendela di ruangan kelas D-405, D-406, D-407, dan D-408	33.072,08
2	Beban kalor melalui infiltrasi ventilasi di dalam ruangan kelas D-405, D-406, D-407, dan D-408	2,852
3	Beban kalor dari manusia di dalam ruangan kelas D-405, D-406, D-407, dan D-408	
	• Beban sensibel	19.041,52
	• Beban laten	21.228
4	Beban kalor dari penerangan di dalam ruangan kelas D-405, D-406, D-407, dan D-408	2380
5	Beban kalor dari peralatan di dalam ruangan kelas D-405, D-406, D-407, dan D-408	10.860
Total Beban Kalor Keseluruhan di dalam ruangan kelas D-405, D-406, D-407, dan D-408		89.433,6

4.2 Perhitungan Laju Aliran Massa Udara Pada Sistem Tata Udara

Dalam mencari besarnya kapasitas aliran udara dalam tata udara, terlebih dahulu kita harus menentukan variasi kenyamanan kondisi udara yang kita inginkan. Pada penjelasan sebelumnya kita menentukan perkiraan suhu udara yang dapat membuat kita nyaman belajar yakni 23 – 25°C dengan kelembapan relatif 50 - 60%. Maka tabel kondisi desain untuk mencari kapasitas aliran udara adalah sebagai berikut:

Kondisi	Temperatur (°C)	Kelembapan (%)
1	23	50
2	23	60
3	24	50
4	24	60
5	25	50
6	25	60

Dari data kondisi yang ada di tabel, maka kita dapat mencari kapasitas aliran udaranya dalam perhitungan sebagai berikut:

A. Kondisi 1

$$T_1 = T_2 = 23^\circ\text{C} = 296 \text{ K}$$

ΔT menurut saran desainer adalah 7 – 8°C, bila dipilih 7°C maka,

$$\Delta T = 23^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C} = 16^\circ\text{C}$$

Laju aliran udara yang masuk ke dalam ruangan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\dot{m} = \rho \times Q$$

$$Q_{in} = E_2 - E_1$$

$$Q_{in} = h_2 - h_1$$

$$Q_{in} = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m}_a = \frac{Q_{in}}{(h_2 - h_1)}$$

Menggunakan tabel psychrometric chart didapat nilai entalpi sebagai berikut:

$$h_2 = 46 \text{ KJ/Kg}$$

$$\text{SHF} = \frac{Q_{\text{sensibel}}}{Q_{\text{total}}} = \frac{65.356,452 \text{ W/s}}{89.433,6 \text{ W/s}} = 0,731$$

$$h_1 = 35 \text{ KJ/Kg}$$

$$V_1 = 0,83 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\dot{m}_a = \frac{89.433,6 \text{ W/s}}{46.000 - 35.000 \text{ W/Kg}} = 8,13 \text{ Kg/s}$$

Selanjutnya dengan cara perhitungan yang sama di dapat data perhitungan pada tabel sebagai berikut:

Kondisi	Temperatur (°C)	Kelembapan (%)	Laju Aliran Udara (kg/s)
1	23	50	8,13
2	23	60	9,94
3	24	50	8,94
4	24	60	11,17
5	25	50	8,95
6	25	60	11,18

4.3. Perhitungan Kebutuhan Udara Segar

Pada saat penelitian ini, suhu udara diluar gedung D Universitas Mercubuana adalah 33°C dengan kelembapan 90%. Jumlah penghuni 61 orang di tiap ruang kelasnya. Asumsikan 1 orang penghuni ruangan kelas membutuhkan 40 m³/jam udara segar (0,11m³/detik udara segar). Maka perhitungannya adalah:

$$Q_{vo}(\text{udara segar}) = 61 \times 40 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 2440 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 0,678 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ udara segar}$$

4.4 Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan Koil Pendingin (Cooling Coil)

Misalkan pada kondisi 1, daya yang dibutuhkan koil pendingin dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q_{cp} = m_a (h_{\text{masuk koil}} - h_{\text{keluar koil}})$$

Dari perhitungan kebutuhan udara segar (Q_{vo}) bisa kita tentukan nilai entalpi udara segar (h_o) menggunakan tabel psychrometric chart ($T = 33^\circ\text{C}$, $\phi = 90\%$) sebesar 110 KJ/Kg dengan volume jenis udara (V_o) sebesar 0,918 m³/Kg.

Entalpi pada saluran ducting sebelum bercampur dengan saluran udara segar (*mixing zone*) (h_3) dianggap sama dengan entalpi udara saat meninggalkan ruangan (h_2)

$$h_3 = h_2$$

Massa udara saat keluar dari koil pendingin (m_5) sama dengan massa udara masuk ruangan (m_a)

$$m_5 = m_a$$

Massa udara sebelum bercampur udara segar (*mixing zone*) (m_3) dapat dihitung dengan cara berikut:

$$m_3 = m_5 - m_o$$

Dimana,

$$m_o = \frac{Q_{vo}}{V_o} = \frac{0,678 \text{ m}^3/\text{s}}{0,913 \text{ m}^3/\text{Kg}} = 0,739 \text{ Kg/s}$$

$$m_3 = 8,13 \text{ Kg/s} - 0,739 \text{ Kg/s}$$

$$m_3 = 7,391 \text{ Kg/s}$$

Setelah ditemukan m_3 maka $h_{\text{masuk koil}}$ (h_5) dapat dicari dengan cara berikut:

$$h_5 = \frac{m_3 h_3 + m_o h_o}{m_5} = \frac{(7,391 \times 46) + (0,739 \times 110) [\text{Kg/s}] [\text{KJ/Kg}]}{8,13 [\text{Kg/s}]} =$$

$$51,82 \text{ KJ/Kg}$$

Maka, daya yang dibutuhkan koil pada kondisi 1 adalah:

$$Q_{cp} = m_a (h_{\text{masuk koil}} - h_{\text{keluar koil}})$$

$$Q_{cp} = m_5 (h_5 - h_1)$$

$$Q_{cp} = 8,13 (51,82 - 35) [\text{Kg/s}] [\text{KJ/Kg}]$$

$$Q_{cp} = 136,7466 \text{ KJ/s} = 136.746,6 \text{ W}$$

Selanjutnya dengan cara perhitungan yang sama di dapat data perhitungan pada tabel sebagai berikut:

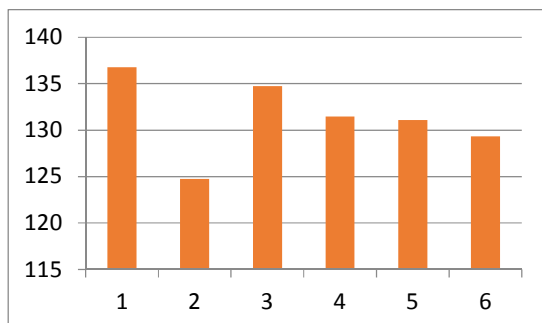
Kondisi	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Kelembapan (%)	Laju Aliran Udara (kg/s)	Daya Yang Dibutuhkan Koil Pendingin (W)
1	23	50	8,13	136.746
2	23	60	9,94	124.747
3	24	50	8,94	134.757
4	24	60	11,17	131.483
5	25	50	8,95	131.101
6	25	60	11,18	129.346

4.5 Analisis Daya Yang Dibutuhkan Koil Pendingin

Hasil perhitungan keseluruhan mengenai daya yang dibutuhkan koil pendingin pada sistem tata udara Gedung D lantai 4 Universitas Mercubuana Jakarta dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Kondisi	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Kelembapan (%)	Laju Aliran Udara (kg/s)	Daya Yang Dibutuhkan Koil Pendingin (W)
1	23	50	8,13	136.746
2	23	60	9,94	124.747
3	24	50	8,94	134.757
4	24	60	11,17	131.483
5	25	50	8,95	131.101
6	25	60	11,18	129.346

Dari data yang diperoleh, kondisi nomor 2 memiliki besar nilai daya yang dibutuhkan koil pendingin paling rendah yakni 124.747 Watt, sedangkan pada kondisi desain 1 memiliki besar nilai daya yang dibutuhkan koil pendingin paling tinggi yakni 136.746 Watt. Ternyata dari hasil perhitungan mengenai besar nilai daya yang dibutuhkan koil pendingin tergantung pada besarnya nilai temperatur, prosentase kelembapan, dan laju aliran massanya. Pada suhu temperatur yang semakin rendah dengan prosentase kelembapan yang semakin tinggi dan nilai laju aliran massa semakin besar, maka daya yang dibutuhkan koil pendingin akan semakin kecil. Berikut adalah grafik hasil perhitungan daya yang dibutuhkan koil pendingin di setiap variasi kondisi:



4.6. Pemilihan Kebutuhan Daya Koil Pendingin Yang Paling Optimal

Banyak faktor yang menentukan dalam memilih kebutuhan daya koil pendingin yang optimal pada sistem pengkondisian udara ruang-ruang kelas gedung D lantai 4 Universitas Mercubuana Jakarta. Diantara faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi dari sebuah sistem pengkondisian udara adalah temperatur yang kita inginkan, kelembapan yang kita inginkan, dan laju aliran massa udara yang keluar masuk. Dari semua variasi kondisi yang dianalisis, maka kebutuhan daya koil pendingin yang besarnya paling kecil adalah yang paling optimal. Hal ini disebabkan karena semakin kecil daya yang dibutuhkan koil pendingin maka semakin hemat besarnya energi yang dibutuhkan, sehingga menyebabkan performansi kerja mesin pengkondisian udara semakin baik. Jadi, dari ke enam variasi kondisi yang dianalisis maka kondisi nomor 2 memiliki kebutuhan daya koil pendingin yang paling optimal untuk sistem pengkondisian udara Gedung D lantai 4 Universitas Mercubuana Jakarta.

5. KESIMPULAN

1. Ada banyak sekali faktor dalam menentukan kondisi kebutuhan daya koil pendingin yang optimal pada sistem pengkondisian udara diantaranya adalah temperatur yang kita inginkan, kelembapan yang kita inginkan, dan laju aliran massa udara. Dalam penelitian ini menggunakan 6 kondisi yang berbeda.
2. Kondisi nomor 1 (dari 6 variasi) kondisi memiliki laju aliran massa udara paling rendah yakni 8,13 kg/s sedangkan pada kondisi nomor 6 memiliki laju aliran udara paling tinggi yakni 11,18 kg/s
3. Kondisi nomor 2 (dari 6 variasi) memiliki besar nilai daya yang dibutuhkan koil pendingin paling rendah yakni 124.747 Watt, sedangkan pada kondisi nomor 1 memiliki besar nilai daya yang dibutuhkan koil pendingin paling tinggi yakni 136.746 Watt.
4. Kebutuhan daya koil pendingin yang paling optimal dari sistem pengkondisian udara yang paling optimal adalah kondisi nomor 2 karena daya yang dibutuhkan koil pendingin paling rendah dibandingkan variasi kondisi lainnya sehingga bisa lebih menghemat energi dibandingkan variasi kondisi yang lain agar memperkuat akurasi dalam analisis perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASHRAE Research. 2006. *ASHRAE Handbook: Refrigeration*. Inch Pound Edition.

2. G. Pita, Edward . 1981 . *Air Conditioning Principles and Systems* . USA . John Wily and Sons. Inc.
3. Stoecker, Wilbert F., Jones, Jerold W., dan Supratman Hara. 1994. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Edisi kedua*. Jakarta: PT. Erlangga.
4. Wiranto Arismunandar, Heizo Saito. 1995. *Penyegaran Udara*. Cetakan keempat. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.