



TUGAS AKHIR – TM 1411585

**PERENCANAAN ULANG SISTEM PENGKONDISIAN
UDARA PADA LANTAI II MALL “XYZ” DI KEDIRI**

MOHAMMAD BINTANG FIKRI
NRP. 2111 100 087

Pembimbing:
Ary Bachtiar K. P., ST, MT, Ph.D

PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



FINAL PROJECT – TM 1411585

**REDESIGN OF AIR CONDITIONING SYSTEM ON
SECOND FLOOR OF “XYZ” MALL IN KEDIRI**

MOHAMMAD BINTANG FIKRI
NRP. 2111 100 087

Advisor Lecturer:
Ary Bachtiar K. P., ST, MT, Ph.D

**BACHELOR DEGREE
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**

**PERENCANAAN ULANG SISTEM
PENGKONDISIAN UDARA PADA LANTAI II
MALL “XYZ” DI KEDIRI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

**Bidang Studi Konversi Energi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**MOHAMMAD BINTANG FIKRI
NRP. 2111 100 087**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ary Bachtiar K.P., ST., MT., Ph.D...... (Pembimbing)
(NIP. 197105241997021001)
2. Prof.Dr.Ir.Djatmiko Ichsan, M.Eng...... (Penguji I)
(NIP.195310191979031002)
3. Ir.Kadarisman (Penguji II)
(NIP.194901091974121001)
4. Dr. Wawan Aries Widodo, S.T., M.T...... (Penguji III)
(NIP. 197104051997021001)

**SURABAYA
Januari 2016**

PERENCANAAN ULANG SISTEM PENGKONDISIAN UDARA PADA LANTAI II MALL “XYZ” DI KEDIRI

Nama : Mohammad Bintang Fikri
NRP : 2111100087
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ary Bachtiar K.P.,S.T.,M.T.,Ph.D

Abstrak

Setiap makhluk hidup di dunia diciptakan dengan kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan. Begitu pula dengan manusia. Tubuh manusia mampu menyesuaikan diri dalam kondisi termal yang cukup ekstrim, namun membutuhkan waktu yang lama. Karena itu, manusia akan tetap merasa tidak nyaman pada kondisi lingkungan yang buruk. Kondisi yang buruk ini dapat mengganggu aktifitas manusia. Oleh karena itu manusia menciptakan suatu sistem pengkondisian udara pada gedung- gedung yang merupakan tempat aktivitas mereka untuk menciptakan suatu kondisi yang nyaman. Perencanaan sistem pengkondisian udara harus dilakukan secara teliti, sehingga sistem dapat bekerja dengan efisien dan hemat energi.

Perencanaan ulang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bahwa peralatan yang telah terpasang dalam sistem telah sesuai dengan kebutuhan atau tidak sesuai, sehingga pada akhirnya dapat dilakukan penyesuaian dengan kebutuhan. Perencanaan ulang sistem pengkondisian udara dilakukan dengan perhitungan beban pendinginan dari setiap ruang yang dikondisikan, kebutuhan udara pada setiap ruang yang dikondisikan, dan kebutuhan static pressure fan. Metode yang digunakan dalam perhitungan adalah metode CLTD (cooling Load Temperature Difference) dengan desain temperatur ruangan sesuai standar zona kenyamanan ASHRAE.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini berupa nilai beban pendinginan, kebutuhan udara, dan nilai static pressure fan. Hasil perhitungan yang diperoleh digunakan sebagai rekomendasi untuk pihak manajemen mall dalam upaya penyesuaian sistem pengkondisian udara, sehingga kapasitas pendinginan yang dipilih sesuai dengan beban pendinginan pada gedung mall.

Kata kunci : Beban pendinginan, psikrometri, duct split air conditioner

REDESIGN OF AIR CONDITIONING SYSTEM ON SECOND FLOOR OF “XYZ” MALL IN KEDIRI

Name : Mohammad Bintang Fikri
NRP : 2111100087
Department : Mechanical Engineering FTI-ITS
Advisor Lecturer : Ary Bachtiar K.P.,S.T.,M.T.,Ph.D

Abstract

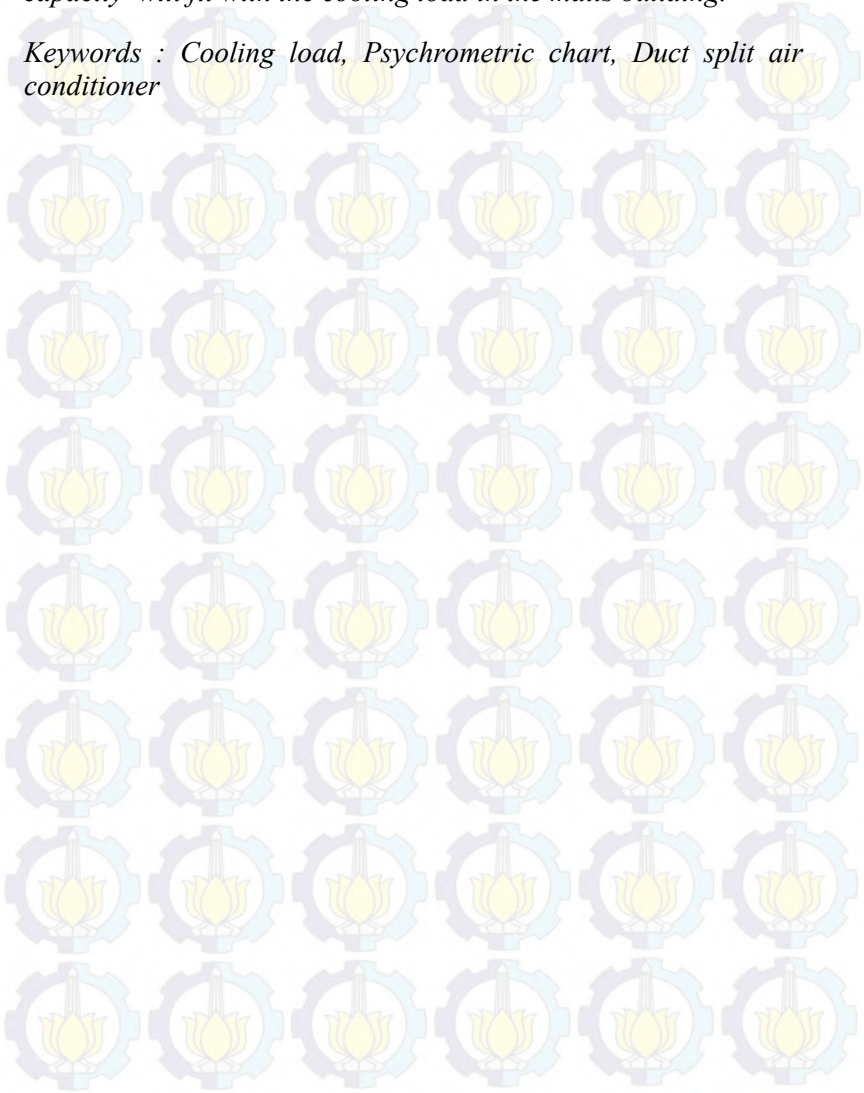
Every living things in the world was created with ability to adapt with their surroundings. So do human being. Human body can adapt in the extreme thermal condition, but to do that, a long time needed. Thats why human still feel discomfort under bad environmental condition. This worst condition will disturb humans activity. Because of that, human create an air conditioning system in the buildings where they do their activities, to make a comfort condition. The design of air conditioning system must be done with meticulous calculation, so the system can work efficiently and saving the energy

Redesign of air conditioning system was done in purpose of knowing that installed unit was already as needed or not. So, the unit can be adjusted as the needed. Redesign of air conditioning system was done by calculation of cooling load of each rooms that conditioned, air capacity needed by each conditioned rooms, and fans static pressure needed. Method that used in this calculation is Cooling Load Temperature Difference Method (CLTD) with rooms design temperature refer to ASHRAE comfort zone standard.

The results from this study were the value of cooling load, supply air needed, and fans static pressure needed. This result will be used as a recommendation to the mall management to

adjust the air conditioning system, so the chosen cooling capacity will fit with the cooling load in the malls building.

Keywords : Cooling load, Psychrometric chart, Duct split air conditioner



KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada ALLAH SWT atas segala rahmat, hidayah, rizki, kasih sayang dan ijin-Nya yang diberikan kepada Penulis sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini antara lain :

1. Bapak Ary Bachtiar K. P. ST, MT, Ph. D selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta nasihat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Bambang Pramujati, MSc, Eng, PhD selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS dan Bapak Arif Wahjudi selaku koordinator Tugas Akhir di Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS yang telah banyak membantu selama proses perkuliahan.
3. Bapak dan ibu , serta saudara yang telah memberikan do'a, dorongan semangat, perhatian dan kasih sayang sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan pendidikan S1 dengan baik.

4. Pihak Manajemen Kediri Mall dan Sri Ratu, Pak Dhiyan, Pak Hess, Pak Aris, Pak Hani, serta bagian diesel dan mekanik, yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan penelitian di Kediri Mall.
5. Bapak Ir. Kadarisman, Bapak Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M. Eng., Bapak Dr. Wawan Aries Widodo, S.T., M.T., selaku dosen penguji Sidang Tugas Akhir ini.” Terimakasih atas ilmu dan saran yang diberikan untuk Tugas Akhir saya.”
6. Seluruh dosen S1 Teknik Mesin FTI-ITS yang tidak dapat Penulis sebutkan satu per satu.
7. Cak To, Mbak Sri, Pak No, Pak Jo, dan seluruh karyawan Teknik Mesin FTI-ITS terimakasih atas bantuan yang diberikan kepada Penulis selama kuliah.
8. Koordinator Lab Pendingin Pak Minto dan Mas Erdin atas dukungan doa dan semangat kepada Penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.
9. Partner Tugas Akhir Sholeh Yuatmoko terimakasih atas segala dukungan doa serta semangat dan juga susah senang yang dilalui bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir dan pendidikan S1 di Teknik Mesin ITS ini.

10. Anggota seperjuangan Tugas Akhir di Lab. Pendingin dan Pengkondisian Udara: Sholeh, Mas Mirza, Mas Irul, Rae, Wahyu, Awan, Edo dan Mas Fuad selalu semangat dan semoga sukses.
11. Teman-teman angkatan 2011 yang sama-sama berjuang di kampus Teknik Mesin ITS.
12. Seluruh pihak yang belum disebutkan satu per satu terimakasih atas bantuan, doa, dukungan, serta motivasi kepada Penulis sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu saran dan masukan dari semua pihak sangat penulis harapkan. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat.

Surabaya, Januari 2016

Penulis



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Pengkondisian Udara.....	6
2.2.1 Udara	7
2.2.2 Temperatur Udara	7
2.2.3 Dry Bulb Temperature	7
2.2.4 Wet Bulb Temperature.....	7
2.2.3 Kelembaban.....	8
2.3 Sistem Pengkondisian Udara.....	8
2.4 Psycrometrik	10
2.4.1 Psycrometrik Chart.....	11
2.4.2 Garis Beban Ruang.....	12
2.4.3 Garis Beban Peralatan	13
2.4.4 Zona Kenyamana.....	14
2.5 Beban Pendinginan (<i>Cooling Load</i>).....	15
2.5.1 Beban Transmisi Melalui Dinding Luar, Atap dan Kaca.....	15
2.5.2 Beban Radiasi Matahari Melalui Kaca.....	17
2.5.3 Beban Pendinginan Melalui Ventilasi dan Infiltrasi	17
2.5.4 Beban Pendinginan Melalui Partisi (<i>Partition</i>).....	18

2.5.5 Beban Penerangan	19
2.5.6 Beban Penghuni	20
2.5.7 Beban Peralatan	20
2.5.8 Total Beban Pendinginan	20
2.6 Sistem Saluran Udara	21
2.7 Rancangan Sistem Saluran Udara.....	22
2.7.1 Metode Kecepatan	22
2.7.2 Metode <i>Equal Friction</i>	22
2.8 Penurunan Tekanan Pada Saluran Lurus	24
2.9 Penurunan Tekanan Pada <i>Fitting</i>	25
BAB III METODOLOGI PERCOBAAN	
3.1 Peralatan	29
3.2 Langkah - Langkah Penelitian	
3.2.1 Tahap Persiapan	31
3.2.2 Pengambilan Data.....	31
3.3 Data Hasil <i>Survey</i>	32
3.3.1 Data Umum	32
3.4.2 Kondisi Ruang.....	32
3.4.3 Data <i>Air Conditioner</i>	33
3.4 Denah.....	36
3.5 Konstruksi.....	41
3.5.1 Atap	41
3.5.2 Dinding.....	41
3.5.3 Pintu	46
3.6 Data Jumlah Pengunjung	46
3.7 Data Peralatan Elektronik yang Digunakan.....	47
3.8 Data Lampu	48
3.9 Kondisi Rancangan ruang.....	51
3.10 Kondisi Rancangan Lingkungan Luar	51
3.11 Skema Sistem Pengkondisian Udara	52
3.12 Metode Pengambilan Data.....	52
3.13 Diagram Alir Penelitian.....	55
3.14 Diagram Alir Perhitungan Beban Pendinginan	56
3.15 Diagram Alir Perhitungan <i>Static Pressure fan</i>	57

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

4.1 Perhitungan Beban Pendinginan	59
4.1.1 Perhitungan Beban Transmisi Melalui Kaca	60
4.1.2 Perhitungan Beban Transmisi Melalui Dinding	65
4.1.3 Perhitungan Beban Radiasi Melalui Kaca	69
4.1.4 Perhitungan Beban Penerangan	75
4.1.5 Perhitungan Beban Partisi	77
4.1.6 Perhitungan Beban Infiltrasi	80
4.1.7 Perhitungan Beban Penghuni	84
4.1.8 Perhitungan Beban Peralatan	87
4.1.9 Perhitungan Beban Pendinginan pada Saluran Udara	89
4.1.10 Perhitungan Beban Pendinginan Pada <i>Fan</i>	99
4.1.11 Perhitungan Beban Pendinginan Total Ruang	99
4.1.12 Desain Hour	105
4.1.13 Perhitungan <i>Room Sensible Heat Factor</i> (RSHF)	106
4.1.14 Aplikasi <i>Psychrometric</i>	107
4.1.15 Distribusi Udara Zona Mall	108
4.2 Perencanaan Sistem Pengkondisian Udara	110
4.2.1 Perhitungan Beban Perhitungan Kecepatan Aliran Udara	110
4.2.2 Perhitungan Reynold Number (Re)	111
4.2.3 Perhitungan Penurunan Tekanan Pada Saluran Lurus	112
4.2.4 Perhitungan Penurunan Tekanan pada Elbow	115
4.2.5 Perhitungan Penurunan Tekanan pada Diverging wye	116
4.2.6 Total Penurunan Tekanan pada Saluran Udara	120
4.2.7 Perbandingan Perhitungan Ulang dengan Desain Awal	121
4.2.8 Analisa Kebutuhan <i>Fresh Air</i>	122

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	125
5.2 Saran	126

DAFTAR PUSTAKA	127
-----------------------------	-----

LAMPIRAN

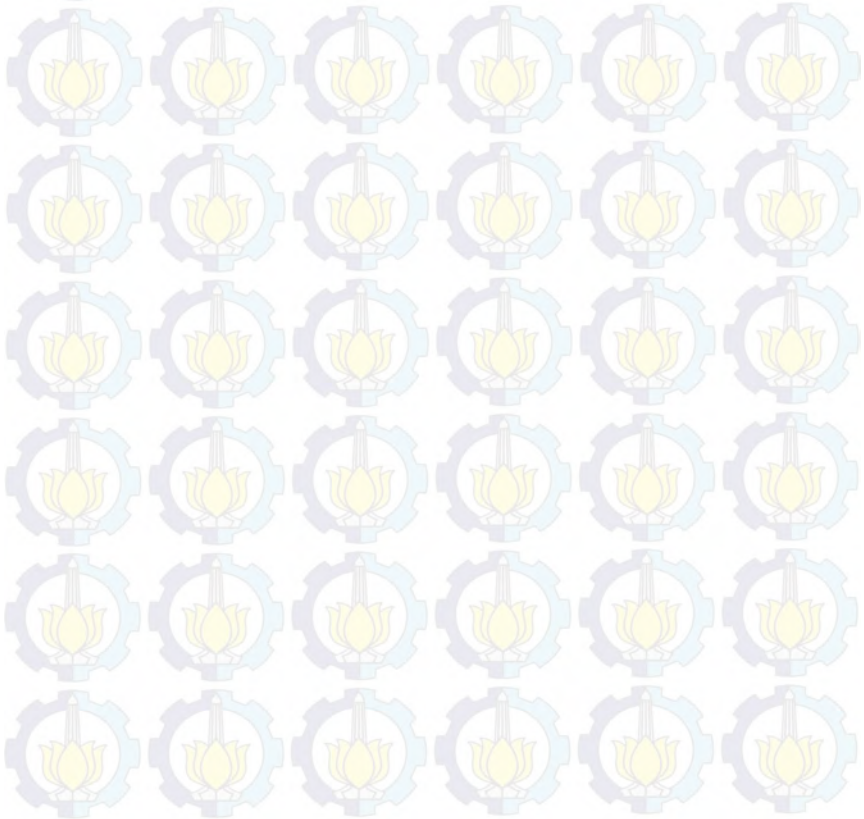


(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan Psikrometrik	11
Gambar 2.2	Garis RSHF	13
Gambar 2.3	Garis GSHF	14
Gambar 2.4	Zona Kenyamana	15
Gambar 2.5	Friction Chart Aliran Udara dalam Saluran	23
Gambar 2.6	Penampang Saluran Persegi	25
Gambar 2.7	Aliran Melalui Bagian Saluran Yang Mengecil	26
Gambar 2.8	Aliran Melalui Belokan	26
Gambar 3.1	<i>Laser distance meter</i>	29
Gambar 3.2	<i>Environmental meter</i>	30
Gambar 3.3	<i>Infrared thermometer</i>	30
Gambar 3.4	Denah lantai II mall XYZ Kediri	36
Gambar 3.5	<i>Layout Ducting AC MZ-08</i>	37
Gambar 3.6	<i>Layout Ducting AC MZ-04</i>	38
Gambar 3.7	<i>Layout Ducting AC MZ-05</i>	38
Gambar 3.8	<i>Layout Ducting AC MZ-07</i>	39
Gambar 3.9	<i>Layout Ducting AC MZ-06</i>	39
Gambar 3.10	<i>Layout Ducting AC MZ-11</i>	40
Gambar 3.11	<i>Layout Ducting AC MZ-12</i>	41
Gambar 3.12	Konstruksi dinding D1 dan D2	42
Gambar 3.13	Skema Sistem Pengkondisian Udara	52
Gambar 3.14	Diagram Alir Penelitian	55
Gambar 3.15	Diagram Alir Perhitungan Beban Pendinginan	56
Gambar 3.16	Diagram Alir Perhitungan <i>Static Pressure Fan</i>	57
Gambar 4.1	Beban transmisi melalui kaca	65
Gambar 4.2	Beban tranmisi melalui dinding	69
Gambar 4.3	Beban radiasi	74
Gambar 4.4	Beban akibat penerangan	77
Gambar 4.5	Beban pendinginan akibat partisi	80
Gambar 4.6	Beban pendinginan akibat iniltrasi	83
Gambar 4.7	Beban sensibel penghuni	86
Gambar 4.8	Beban laten penghuni	87
Gambar 4.9	Beban pendinginan akibat peralatan elektronik	89

Gambar 4.10	<i>Heat gain</i> pada saluran udara	98
Gambar 4.11	<i>Room Sensible Heat Gain</i>	103
Gambar 4.12	<i>Room Latent Heat Gain</i>	104
Gambar 4.13	Beban Pendinginan Total	105
Gambar 4.14	<i>Plotting</i> temperatur rancangan pada Psychrometric Chart.....	108
Gambar 4.15	Skema sederhana sistem pengkondisian udara pada mall “XYZ”	110
Gambar 4.16	<i>Diverging wye</i>	117



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kecepatan Udara Maksimum Dalam Saluran	24
Tabel 3.1 Luas lantai tiap tenant pada lantai II mall XYZ kota Kediri.....	32
Tabel 3.2 Konstruksi Bahan Dinding 1 (D1).....	42
Tabel 3.3 Konstruksi Bahan Dinding 2 (D2).....	42
Tabel 3.4 Luas Dinding tiap Tenant pada Lantai II Mall XYZ	43
Tabel 3.5 Luas Pintu Masuk Pada Lantai II Mall XYZ Kediri ...	46
Tabel 3.6 Jumlah Pengunjung Pada Lantai II Mall XYZ di Kediri	46
Tabel 3.7 Jumlah Peralatan Elektronik Pada Lantai II Mall XYZ di Kediri.....	47
Tabel 3.8 Jumlah Lampu di Lantai II Mall XYZ di Kediri	48
Tabel 3.9 Jumlah Lampu Koridor Lantai II	50
Tabel 3.10 Kondisi Rancangan Ruang	51
Tabel 3.11 Kondisi Rancangan Udara Luar	51
Tabel 4.1 Kondisi Rancangan	59
Tabel 4.2 Penyesuaian Arah Mata Angin.....	60
Tabel 4.3 CLTD untuk kaca	61
Tabel 4.4 Beban transmisi melalui kaca.....	62
Tabel 4.5 Cooling Load Temperature Different ($^{\circ}$ F)	66

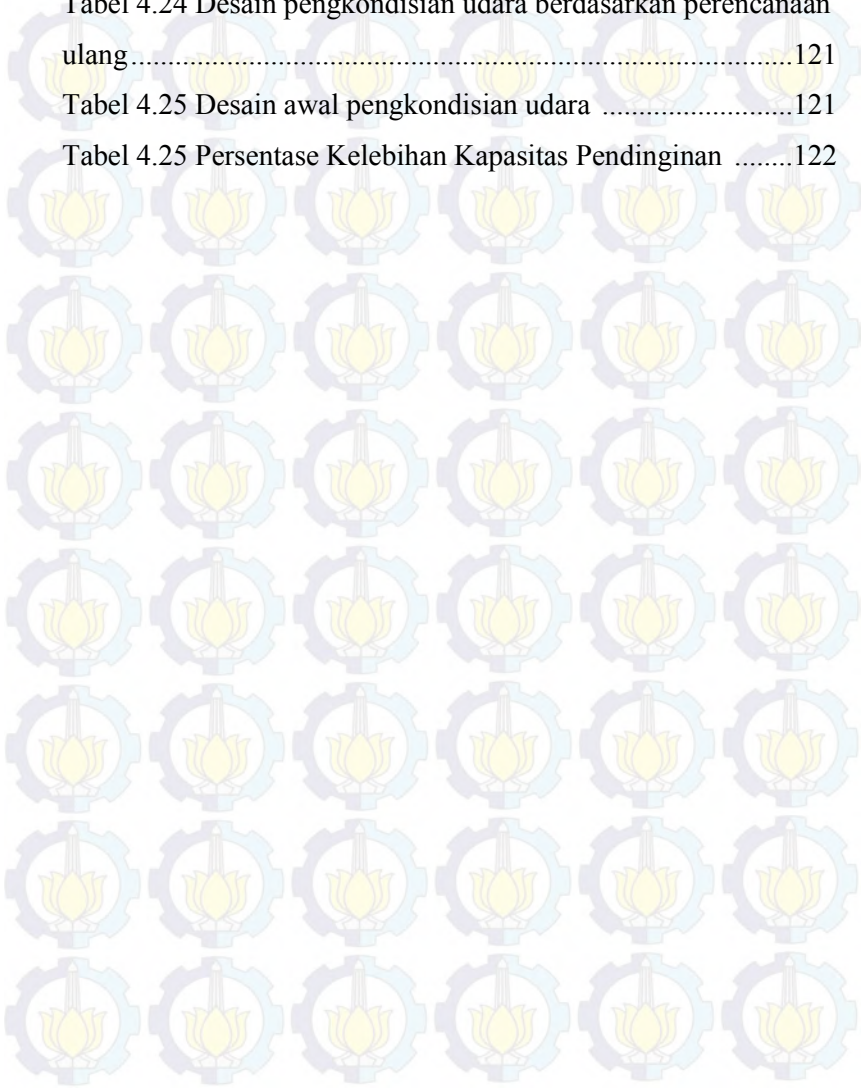
Tabel 4.6 CLTDC untuk dinding ($^{\circ}$ F)	67
Tabel 4.7 Beban transmisi melalui dinding pada lantai II mall “XYZ”	67
Tabel 4.8 <i>Solar Heat Gain Factor</i> (SHGF) bulan Mei.....	70
Tabel 4.9 <i>Cooling Load Factor</i> (CLF)	70
Tabel 4.10 Beban radiasi melalui kaca.....	71
Tabel 4.11 Beban pendinginan akibat kalor dari lampu	75
Tabel 4.12 Beban partisi pada lantai II mall “XYZ”	78
Tabel 4.13 Beban infiltrasi pada lantai II mall “XYZ”	82
Tabel 4.14 Beban pendinginan akibat penghuni.....	85
Tabel 4. 15 Beban pendinginan akibat peralatan pada unit MZ-08	88
Tabel 4.16 Beban Pendinginan pada saluran udara.....	97
Tabel 4.17 Beban pendinginan total ruangan untuk unit MZ-07	100
Tabel 4.18 Nilai <i>Room Sensible Heat Factor</i> (RSHF)	107
Tabel 4.19 Perhitungan debit udara tiap unit pengkondisian udara	109
Tabel 4.20 Penurunan tekanan pada saluran lurus AC MZ-08	113
Tabel 4.21 Penurunan tekanan pada elbow di saluran AC MZ-08	115
Tabel 4.22 Penurunan tekanan pada <i>diverging wye</i> AC MZ-08	119

Tabel 4.23 Total penurunan tekanan pada saluran udara120

Tabel 4.24 Desain pengkondisian udara berdasarkan perencanaan ulang.....121

Tabel 4.25 Desain awal pengkondisian udara121

Tabel 4.25 Persentase Kelebihan Kapasitas Pendinginan122





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB 1 **PENDAHULUAN**

1.1 LATAR BELAKANG

Setiap makhluk hidup di dunia diciptakan dengan kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan. Begitu pula dengan manusia, manusia memiliki kemampuan beradaptasi yang menakjubkan. Tubuh manusia mampu menyesuaikan diri dalam kondisi termal yang cukup ekstrim, namun untuk beradaptasi di lingkungan yang ekstrim tubuh membutuhkan jangka waktu yang lama. Karena membutuhkan waktu yang lama, maka dalam kondisi lingkungan yang buruk dan berubah-ubah, manusia tetap merasakan suatu keadaan yang tidak nyaman. Walaupun kondisi ini masih bisa diterima, hal ini akan mengganggu aktivitas manusia. Oleh karena itu manusia menciptakan suatu sistem pengkondisian udara pada gedung- gedung yang merupakan tempat aktivitas mereka untuk menciptakan suatu kondisi yang nyaman.

Sistem pengkondisian udara memiliki peranan penting dalam suatu bangunan. Dalam suatu gedung, sistem pengkondisian udara dirancang untuk menciptakan lingkungan interior gedung yang nyaman. Kenyamanan termal ini dipengaruhi oleh suhu udara, suhu permukaan-permukaan yang ada di sekitar, kelembaban dan kecepatan udara. Oleh karena itu, sistem pengkondisian udara banyak diaplikasikan pada gedung-gedung komersil yang mengutamakan kenyamanan bagi pengunjungnya. Saat ini, dengan banyaknya pembangunan gedung komersil seperti mall dan hotel, maka penggunaan sistem pengkondisian udara pun juga semakin banyak. Padahal, sistem pengkondisian udara memberikan kontribusi yang cukup tinggi dalam konsumsi energi listrik dalam suatu bangunan, yaitu berkisar antara 45-70%. Hal tersebut juga menyebabkan meningkatnya konsumsi energi listrik Indonesia. Oleh karena itu diperlukan suatu rancangan sistem pengkondisian udara yang seefisien mungkin untuk mengurangi konsumsi energi



listrik. Perhitungan ulang suatu sistem pengkondisian udara yang telah terpasang pun juga diperlukan untuk menganalisa sistem tersebut dan diharapkan dapat memberikan suatu rekomendasi agar sistem tersebut lebih efisien dan pada akhirnya dapat mengurangi pemborosan energi.

Dengan pemilihan sistem pengkondisian yang sesuai dengan beban pendinginan yang tepat, pemasangan yang sesuai spesifikasi, pengoperasian dan perawatan yang benar, maka kenyamanan dalam gedung dapat terpenuhi serta dapat membantu menurunkan tingkat pemborosan energi. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengangkat kasus tentang perencanaan ulang sistem pengkondisian udara di salah satu gedung mall yang berada di Kediri.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang akan dibahas oleh penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah beban pendinginan untuk sistem pengkondisian udara pada ruang pertokoan mall “XYZ” di Kediri.
2. Bagaimanakah kebutuhan dan distribusi udara untuk tiap ruang pertokoan mall “XYZ” di Kediri.

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam evaluasi kebutuhan energi listrik pada sistem pengkondisian udara dan sistem penerangan adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data hanya pada lingkup ruang pertokoan di lantai II mall “XYZ” di Kediri yang memberikan izin pengambilan data.
2. Analisa data yang dilakukan adalah pada sistem pengkondisian udara.
3. Pada sistem pengkondisian udara, perhitungan beban pendinginan mengacu pada standar *ASHRAE*



Fundamental 1997 dengan metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)*.

4. Kondisi desain ruangan didasarkan pada *comfort zone* untuk standar *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)* dengan temperature ruangan yang konstan.
5. Lay out *Air Conditioner* dan *Ducting* telah ditentukan sebelumnya.
6. Letak geografis bangunan Kediri Mall berada pada posisi $7^{\circ}48'57,6''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}01'07,5''$ Bujur Timur
7. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data dalam kondisi baik dan sudah terkalibrasi.
8. Bayangan akibat dari luas bangunan, pepohonan dan bangunan di sekitar objek penelitian diabaikan.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adaah sebagai berikut:

1. Mengetahui beban pendinginan untuk sistem pengkondisian udara pada ruang pertokoan lantai II mall “XYZ” di Kediri.
2. Mengetahui kebutuhan dan distribusi udara untuk tiap ruang pertokoan lantai II mall “XYZ” di Kediri.

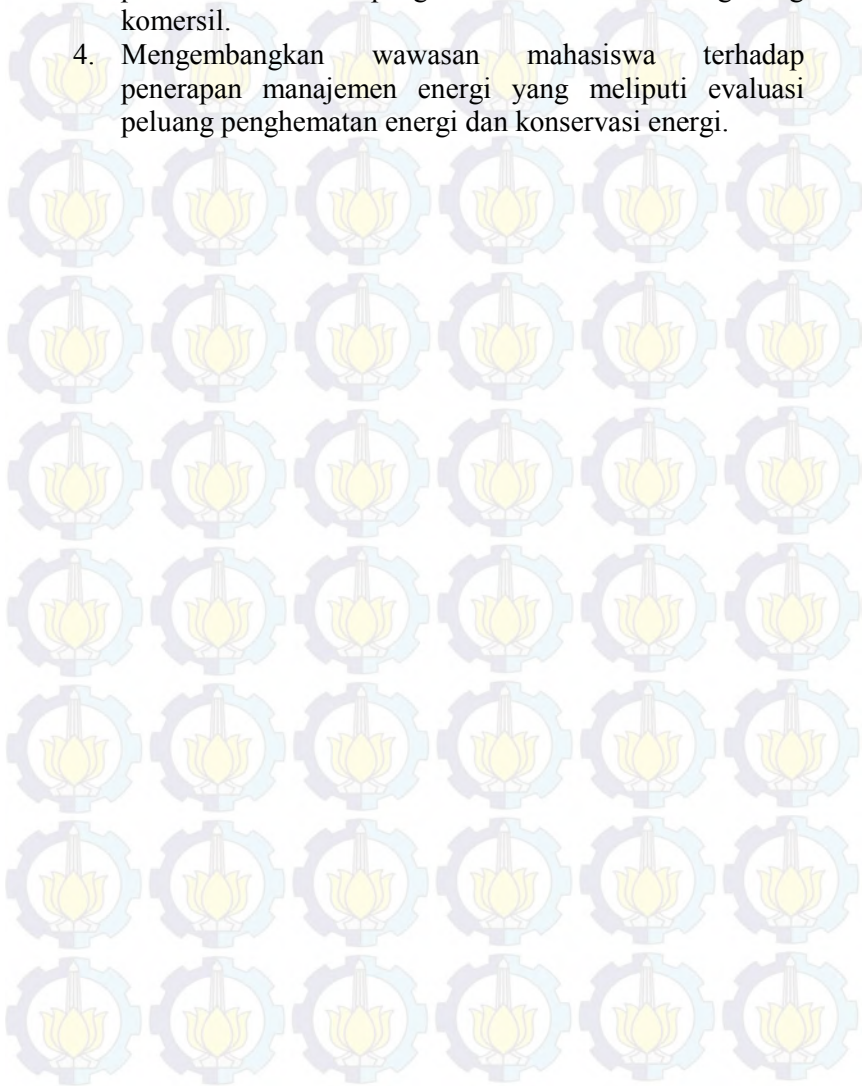
1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui kondisi nyata penggunaan energi yang digunakan dalam hal pengkondisian udara pada salah satu gedung komersil yaitu di mall “XYZ”.
2. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan rekomendasi pada pengelola gedung mall”XYZ” untuk standar kenyamanan dan potensi penghematan energi listrik.



3. Mengembangkan wawasan mahasiswa dalam perencanaan sistem pengkondisian udara untuk gedung komersil.
4. Mengembangkan wawasan mahasiswa terhadap penerapan manajemen energi yang meliputi evaluasi peluang penghematan energi dan konservasi energi.





BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Meilani Nur Hasanah (2015) dalam tugas akhir yang berjudul “*Perencanaan Ulang Sistem Pengkondisian Udara Pada Lantai Ground Salah Satu Mall di Surabaya*”. Melakukan penelitian dengan menghitung beban pendinginan total, *fan static pressure*, dan kebutuhan udara pada beberapa *Air Handling Unit* (AHU) yang menyuplai udara ke tenant di lantai *ground*. Perhitungan beban pendinginan yang dilakukan meliputi beban eksternal yang terdiri dari beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca, beban radiasi matahari melalui kaca, beban infiltrasi serta beban ventilasi. Sedangkan beban internal terdiri dari beban partisi, beban penghuni, beban penerangan, dan beban peralatan. Dari perhitungan yang dilakukan, diperoleh beban pendinginan untuk AHU 1-1 sebesar 112,01 kW, AHU 1-2 sebesar 75,03 kW, AHU 1-13 sebesar 66,61 kW, AHU 1-14 sebesar 290,82 kW, AHU 1-15 sebesar 122,01 kW, AHU 1-16 sebesar 24,28 kW, AHU 1-17 sebesar 122,01 kW, AHU 1-18 sebesar 178,70 kW, AHU 1-20 sebesar 33,63 kW, kebutuhan udara untuk AHU 1-1 sebesar 7,33 m³/s, AHU 1-2 sebesar 7,07 m³/s, AHU 1-13 sebesar 6,06 m³/s, AHU 1-14 sebesar 6,61 m³/s, AHU 1-15 sebesar 5,41 m³/s, AHU 1-16 sebesar 4,78 m³/s, AHU 1-17 sebesar 8,30 m³/s, AHU 1-18 sebesar 4,15 m³/s, AHU 1-20 sebesar 4,18 m³/s, dan kebutuhan *fan static pressure* untuk AHU 1-1 sebesar 85,95 Pa, AHU 1-2 sebesar 246,85 Pa, AHU 1-13 sebesar 201,50 Pa, AHU 1-14 sebesar 118,21 Pa, AHU 1-15 sebesar 75,99 Pa, AHU 1-16 sebesar 100,73 Pa, AHU 1-17 sebesar 118,21 Pa, AHU 1-18 sebesar 71,24 Pa, AHU 1-20 sebesar 89,42 Pa. Meilani memberikan rekomendasi berupa pemasangan sensor kecepatan udara pada ducting, sehingga kapasitas udara yang dibutuhkan dapat dicontrol dengan baik, serta pemasangan sensor pada input dan output AHU, sehingga



akan memudahkan saat perbaikan jika terjadi deviasi yang terlalu besar pada temperatur udara.

Titin Hadriana Rosari Nasution (2011) dalam tugas akhir yang berjudul “*Perhitungan Ulang Sistem Pengkondisian Udara di Food Court Area Mall City of Tomorrow Surabaya*”. Melakukan penelitian dengan menghitung beban pendinginan total, kebutuhan udara, dan *fan static pressure Air Handling Unit (AHU)* yang menyuplai udara ke *Food Court Mall City of Tomorrow*. Perhitungan beban pendinginan yang dilakukan meliputi beban eksternal yang terdiri dari beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca, beban radiasi matahari melalui kaca, beban infiltrasi serta beban ventilasi. Sedangkan beban internal terdiri dari beban partisi, beban penghuni, beban penerangan, dan beban peralatan. Hasil yang didapatkan dari perhitungan ulang tersebut menunjukkan bahwa pada kedua AHU, yaitu AHU-101 dan AHU 102 memiliki kebutuhan udara dan *static pressure fan* yang lebih besar daripada desain awal. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, Titin memberikan rekomendasi berupa penambahan air conditioner diluar ac sentral. Hal ini bertujuan untuk menurunkan suhu return air yang mengalami kenaikan akibat dari tingginya beban sensibel yang ditanggung Air Handling Unit .

2.2 Pengkondisian Udara

Pengkondisian udara merupakan suatu proses terhadap udara yang meliputi pengaturan temperatur, kelembaban , pergerakan udara dan sirkulasi, serta *filtering, cleaning, dan purification*, sehingga sesuai dengan kondisi udara internal yang diharapkan. Suatu sistem pengkondisian udara yang baik harus dapat mengontrol faktor tersebut secara akurat dan otomatis.

Untuk memahami sistem pengkondisian udara, perlu dipahami terlebih dahulu beberapa hal, antara lain udara, temperatur udara, *dry bulb temperature, wet bulb temperature*, Kelembaban, *Psychrometric*, dan zona kenyamanan.



2.2.1 Udara

Udara merupakan campuran gas yang mengelilingi bumi. Udara tidak terlihat, tidak berbau dan tidak memiliki rasa. Ketebalan udara yang mengelilingi bumi adalah sekitar 400 mil. Gas yang terkandung dalam udara antara lain Nitrogen, Oksigen, Karbon Dioksida, Hidrogen, Debu, Air, dan gas yang lainnya. Debu dan air merupakan substansi udara yang penting untuk dipertimbangkan dalam pengkondisian udara. Air ada pada udara dalam bentuk uap air. Kandungan uap air dalam udara relatif kecil.

Adanya kandungan lain dalam udara menyebabkan ketidakmurnian udara. Ketidakmurnian udara bisa berasal dari banyak penyebab, antara lain:

1. Debu (partikel padat dengan ukuran 1 sampai 150 mikron)
2. *Fumes* (partikel dengan ukuran 0,2 sampai 1 mikron)
3. Asap (partikel dengan ukuran kurang dari 0,3 mikron)
4. Bakteri
- 5.

2.2.2 Temperatur Udara

Temperatur udara di Indonesia untuk daerah pantai dan dataran rendah memiliki rata-rata 28 °C , untuk dataran tinggi sebesar 26° C dan untuk pegunungan sebesar 23° C. Temperatur yang diharapkan dalam perencanaan adalah 24 °C.

2.2.3 *Dry Bulb Temperature*

Dalam pengkondisian udara, temperatur udara yang terindikasi merupakan *dry bulb temperature* yang dibaca oleh elemen sensitif termometer pada kondisi kering.

2.2.4 *Wet Bulb Temperature*

Jika kasa basah diletakkan pada termometer bulb, evaporasi moisture dari kasa basah akan menurunkan pembacaan termometer. Temperatur yang terbaca pada kondisi ini disebut *wet bulb temperature*.



2.2.5 Kelembaban

Kelembaban merupakan istilah yang digunakan untuk mendiskripsikan keberadaan uap air dalam udara. Jumlah uap air yang dapat berada dalam udara tergantung pada temperatur udara. Udara yang lebih hangat akan memiliki kandungan uap air yang lebih banyak daripada udara dingin. Besar kelembaban udara mempengaruhi tingkat evaporasi pada perspirasi dari tubuh manusia. Udara kering menyebabkan evaporasi yang cepat, sehingga dapat mendinginkan permukaan tubuh. Udara yang lembab memperlambat evaporasi, sehingga menyebabkan rasa yang lebih hangat walaupun termometer mengindikasikan temperatur yang sama.

2.3 Sistem Pengkondisian Udara

Ada beberapa jenis sistem pengkondisian udara yang telah ada, antara lain:

1. Sistem udara
 - a. Sistem volume konstan
 - I. Pemanasan ulang pada terminal
 - II. Dua saluran atau zona ganda
 - b. Sistem volume variabel
 - I. Pendinginan atau pemanasan berfungsi tunggal
 - II. Pendinginan dengan pemanasan ulang
 - III. Dua saluran volume-variabel
2. Sistem Air
3. Sistem Unitary
 - Sistem udara volume konstan dengan pemanasan ulang pada terminal

Pada sistem ini suhu udara diturunkan hingga sekitar 13° agar terjadi penurunan kelembaban udara. Termostat pada tiap zona mengatur koil pemanas sehingga temperatur udara yang masuk ke zona sesuai dengan yang diinginkan.

- Sistem udara volume konstan dengan dua saluran



Pada sistem ini terdapat dua buah saluran yang menyalurkan udara hangat dan udara yang didinginkan oleh koil pendingin. Kemudian kedua udara tersebut dicampurkan dalam kotak pencampur untuk mencapai temperatur yang diharapkan.

- Sistem volume variabel dengan pendinginan atau pemanasan tunggal

Pada sistem ini, semua zona atau ruang dilayani oleh arus tunggal udara dingin. Untuk mengendalikan laju aliran udara menuju tiap zona, dipasang sebuah termostat yang mengatur damper pada tiap zona. Karakteristik sistem ini adalah, pada beban pendinginan yang rendah, laju aliran udara diturunkan sehingga kapasitas pendinginan pada koil pendingin juga menurun. Kelemahan dari sistem ini adalah ketika beban pendinginan yang sangat rendah, laju aliran udara menurun drastis, sehingga distribusi udara dan atau ventilasi menjadi buruk.

- Sistem unitary

Sistem unitary adalah sistem pengkondisian udara yang unit-unit penyusunnya telah dibuat atau di rancang dalam bentuk satuan paket yang berisi koil *evaporator*, kipas, kompresor, kondensor, dan kendali-kendali, atau bisa juga berupa unnit terpisah (*split*) dengan kondensor dan kompresor berada di luar ruangan.

Kelebihan sistem unitary adalah, karena sistem ini dibuat dalam pabrik secara masal, maka biaya awal dan biaya instalasi akan lebih rendah. Apabila pemilihan dan pengendalian sistem ini dilakukan dengan tepat, maka biaya operasional pun juga lebih rendah.

Kelemahan sistem unitary adalah karena sistem ini sudah berupa *package*, mengakibatkan sedikitnya pilihan ukuran *evaporator*, kondensor, kompresor, dan kendali-kendali. Selain itu, karena setiap unit harus mampu memikul beban puncak ruang yang dilayani, maka kapasitas terpasang dan beban listrik akan lebih besar daripada sistem sentral.

Macam-macam sistem unitary adalah unit jendela, unit tembus dinding, unit atas atap, dan unit terpisah. Unit jendela



biasa digunakan pada rumah tinggal, dan tidak punya distribusi udara yang disalurkan. Jumlah pemakai unit ini dapat dibilang sedikit, karena panampilannya dan kebisingan yang timbul ketika beroperasi. Unit tembus dinding lebih sering digunakan di rumah tinggal, motel, fasilitas pendinginan untuk kesehatan, sekolah, dan kantor. Unit atas atap biasa digunakan pada bangunan-bangunan yang rendah dengan atap datar, seperti pertokoan, pusat perbelanjaan dan pabrik. Agar pendistribusian udara lebih baik, udara yang telah dikondisikan harus disalurkan dari unit tersebut menuju terminal-terminal yang berjumlah banyak.

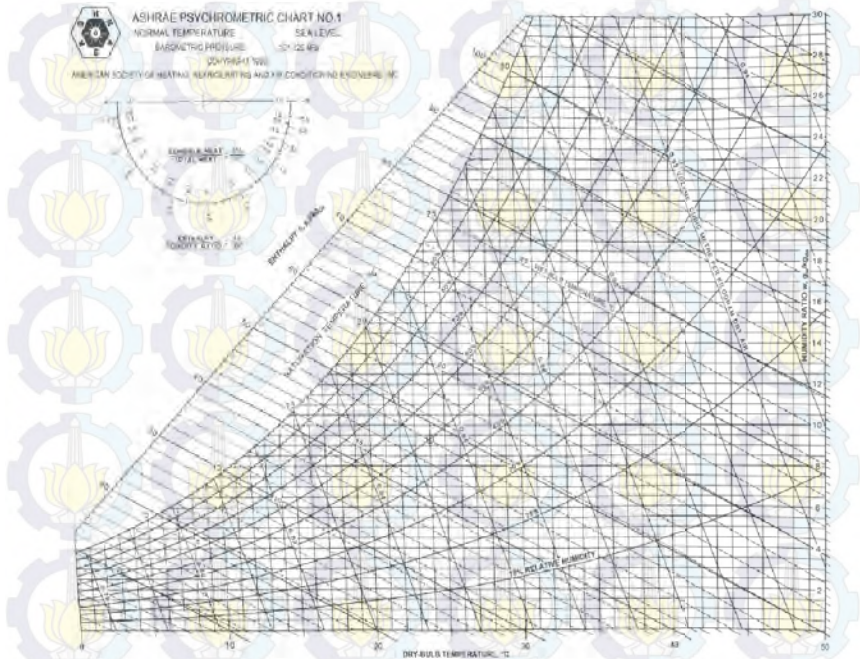
2.4 Psychrometric

Psychrometric merupakan ilmu yang mempelajari campuran udara dan cara mengontrolnya. ilmu ini khususnya menangani campuran udara kering (*dry air*) dan uap air. *Psychrometric* mempelajari *specific heat* udara kering dan volumenya. Selain itu juga membahas *heat of water, liquid, heat of vaporization or condensation*, dan panas spesifik uap yang mengacu pada pencampuran *moisture* dengan udara kering. Saat ini telah dikembangkan suatu tabel dan grafik yang menunjukkan tekanan, temperatur, *enthalpy*, dan volume udara beserta kandungan uapnya.



2.4.1 Psychrometric chart

Psychrometric chart sangat perlu dipelajari secara mendalam, karena dari bagan ini dapat menunjukkan udara dalam berbagai macam kondisi dan dapat digunakan untuk menentukan hasil dari pencampuran udara dari berbagai macam properti.



Gambar 2.1 *psychrometric chart*

Dari bagan tersebut, dapat diketahui beberapa sifat udara, antara lain:

Dry bulb , dinyatakan oleh nilai yang berada pada sumbu horizontal.

Wet bulb, dinyatakan oleh nilai yang berada pada garis yang sama dengan garis kelembaban 100%.

Dew point, merupakan temperatur dimana jika sejumlah udara didinginkan, maka uap air yang terkandung didalamnya



akan mulai mengembun. Nilai yang menyatakan titik pengembunan ini juga berada pada garis kelembaban 100%.

Humidity ratio, merupakan berat uap air per pound udara kering. Ditunjukkan pada sumbu vertikal.

Relative humidity, didefinisikan sebagai perbandingan fraksi molekul uap air di dalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama.

Enthalpy, didefinisikan sebagai kandungan panas dari udara per unit berat udara kering dalam satuan J/Kg udara kering

Specific volume, didefinisikan sebagai volume udara campuran dengan satuan m³/Kg udara kering.

2.4.2 Garis Beban Ruang

Garis beban ruang atau garis RSHF (*Room Sensible Heat Factor*) adalah perbandingan antara beban panas sensible ruangan dengan jumlah beban total ruangan (sensible dan laten). Perbandingan ini dilihat dalam persamaan berikut:

$$RSHF = \frac{RSH}{RSH+RLH} = \frac{RSH}{RTH} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

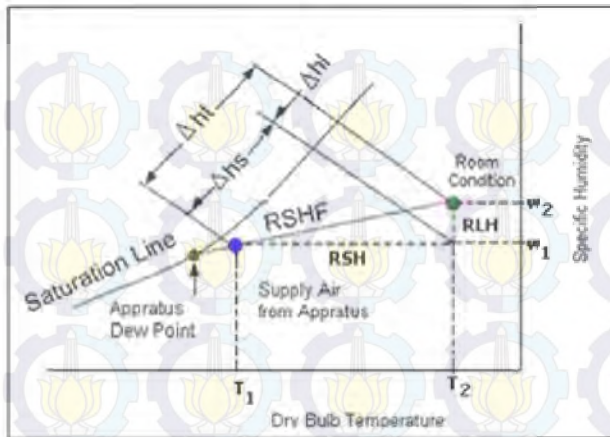
RSHF : *Room Sensible Heat Factor*

RSH : *Room Sensible Heat*

RLH : *Room Latent Heat*

Udara suplai yang didistribusikan ke suatu ruangan harus mampu mengimbangi beban panas sensible dan laten ruangan tersebut.

Kemiringan dari garis RSHF mengilustrasikan perbandingan antara beban panas sensible ruangan yang disimbolkan dengan Δh_s , dengan beban laten ruangan yang disimbolkan dengan Δh_l .



Gambar 2.2 Garis RSHF yang diplotkan pada bagan psikrometrik

2.4.3 Garis Beban Peralatan

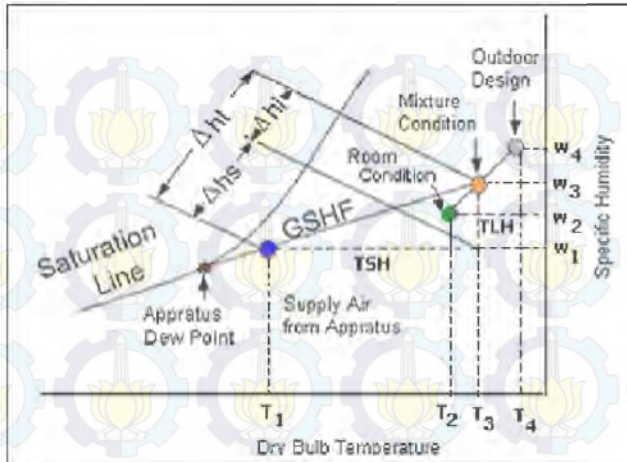
Garis beban peralatan atau garis GSHF (*Grand Sensible Heat Factor*) adalah perbandingan total panas sensible udara luar dengan total panas udara luar seluruhnya yang harus ditanggung oleh peralatan pengkondisian udara. Perbandingan ini dilihat dari persamaan berikut:

$$GSHF = \frac{OASH}{OASH + OALH} = \frac{OASH}{OATH} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

- GSHF : *Grand Sensible Heat Factor*
- OASH : *Outside Air Sensible Heat*
- OALH : *Outside Air Latent Heat*
- OATH : *Outside Air Total Heat*

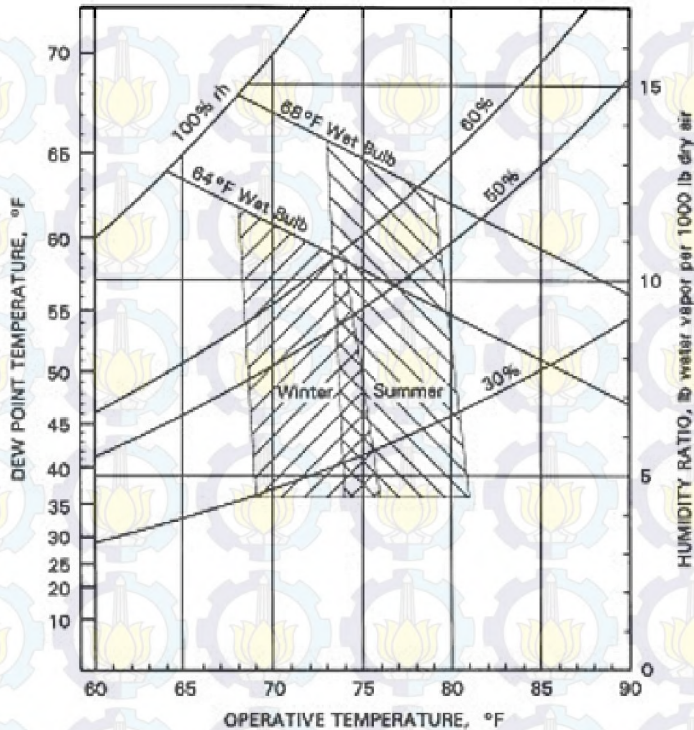
Garis beban peralatan merupakan garis yang menghubungkan antara kondisi campuran (kondisi ruangan dengan lingkungan) dengan kondisi udara meninggalkan *apparatus*.



Gambar 2.3 Garis GSHP diplotkan pada bagan psikrometrik

2.4.4 Zona kenyamanan

Kondisi nyaman didapatkan dari kombinasi temperatur, kelembaban, gerakan udara dan kebersihan udara yang diharapkan. Namun, manusia memiliki kenyamanan yang berbeda-beda berdasarkan nilai-nilai faktor tersebut. Standar kenyamanan termis di Indonesia berpedoman pada standart [ANSI/ASHRAE 55-1992] merekomendasikan suhu nyaman $24^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$, atau rentang antara 22°C hingga 26°C .



Gambar 2.4 Zona Kenyamanan

2.5 Beban Pendinginan

Perhitungan Beban Pendinginan dengan Metode CLTD (*Cooling Load Temperature Different*)

2.5.1 Beban Transmisi Melalui Dinding Luar, Atap dan Kaca

Beban transmisi adalah beban yang diakibatkan oleh perpindahan panas konduksi yang mengalir dari luar ruangan ke dalam ruangan melalui bagian dinding bagian luar, atap, dan kaca.



Beban transmisi pada dinding luar, atap dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$q = U \times A \times (\text{CLTD}_c) \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

q = Beban Transmisi melalui dinding, atap, dan kaca, BTU/hr

U = Overall heat transfer coefficient, BTU/hr.ft².°F

A = Luasan dinding, atap, dan kaca, ft²

CLTD_c = Cooling Load Temperature Difference, °F

Untuk kondisi berbeda, nilai CLTD_c dihitung menggunakan koreksi pada persamaan berikut ini:

Untuk CLTD_c pada dinding dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{CLTD}_c = \{(\text{CLTD} + \text{LM}) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85)\} \dots\dots(2.4)$$

Untuk CLTD_c pada atap dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$\text{CLTD}_c = \{(\text{CLTD} + \text{LM}) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85)\} \times f \dots\dots(2.5)$$

Sedangkan CLTD_c pada kaca dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{CLTD}_c = \text{CLTD} + (78 - t_R) + (t_o - 85) \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana:

CLTD = Perbedaan temperature pendinginan, °F

Harga CLTD di dapat dari ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental

CLTD Atap dapat langsung menggunakan data dari tabel 3.8

CLTD Dinding dapat langsung menggunakan data dari tabel 3.10

CLTD Kaca dapat langsung menggunakan data dari tabel 3.23

LM = Faktor koreksi (Latitude Month)

Harga LM didapat dari Tabel 3.12 ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental

K = faktor penyesuaian warna dinding.

$K = 1$ untuk warna gelap atau daerah industri



$K = 0,83$ untuk warna atap cerah

$K = 0,65$ untuk warna dinding cerah.

t_R = Temperatur udara ruang rancangan, K

f = Koreksi untuk ceiling ventilation

$f = 0,75$ untuk attic fan

$f = 1$ untuk yang lainnya

t_o = Suhu udara luar yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$t_o = \left\{ \text{Design Outside Temperature} - \left(\frac{\text{Daily range}}{2} \right) \right\} K$$

daily range = Temperatur harian rata-rata

2.5.2 Beban Radiasi Matahari Melalui Kaca

Beban radiasi adalah beban yang disebabkan oleh panas matahari yang diterima oleh permukaan. Energi matahari yang memasuki ruangan bisa melalui komponen bangunan yang tembus pandang atau penyerapan oleh komponen bangunan yang tidak tembus cahaya. Beban radiasi kaca dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$q = \text{SHGF} \times A \times \text{SC} \times \text{CLF} \quad (2.7)$$

dimana:

q = Beban radiasi melalui kaca, BTU/hr

SHGF = Faktor panas matahari, BTU/(hr.ft²)

Harga SHGF didapat dari Tabel 3.25 ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental

A = Luasan kaca, ft²

SC = Koefisien bayangan

Harga SC didapat dari Tabel 3.18 ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental

CLF = Faktor beban pendinginan untuk kaca.

Harga CLF didapat dari Tabel 3.27 dan Tabel 3.28 ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental

2.5.3 Beban Pendinginan Melalui Ventilasi dan Infiltrasi

Masuknya udara luar ke dalam ruangan akan mempengaruhi suhu udara dan kelembaban di dalam ruang



tersebut. Infiltrasi didefinisikan sebagai masuknya udara luar tanpa kendali, yang disebabkan oleh gaya-gaya alamiah, misalnya angin dan daya apung akibat perbedaan suhu antara didalam dan diluar ruangan. Infiltrasi bisa terjadi melalui celah dan bukaan lainnya dan akibat penggunaan pintu luar gedung. Sedangkan ventilasi adalah udara yang dibawa ke dalam bangunan dengan sengaja secara mekanis. Beban infiltrasi dan ventilasi dibedakan menjadi dua, yaitu beban sensible dan beban laten. Besarnya beban ventilasi dan infiltrasi dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$Q_s = 1.1 \times \Delta t \times \text{CFM} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Q_l = 4840 \times \Delta w \times \text{CFM} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana:

Q_s = kalor sensible dari ventilasi dan infiltrasi udara
(BTU/hr)

Q_l = kalor laten dari ventilasi dan infiltrasi udara,
(BTU/hr)

CFM = infiltrasi udara atau kecepatan ventilasi, (ft³/min)

Δt = selisih temperatur di dalam dan di luar ruangan (°F)

Δw = selisih rasio kelembaban di dalam dan di luar ruangan (lb/lb.a)

2.5.4 Beban Pendinginan Melalui Partisi (*partition*)

Beban partisi disebabkan karena adanya penambahan kalor melalui partisi, langit-langit dan lantai. Penambahan kalor ini dapat terjadi apabila ruang yang berada disamping, atas atau bawah tidak dikondisikan, sehingga akan terjadi perbedaan suhu antara ruang yang dikondisikan dengan yang tidak dikondisikan. Perbedaan suhu inilah yang menyebabkan perambatan kalor dari ruang yang tidak dikondisikan menuju ruang yang dikondisikan.



Besarnya penambahan kalor dapat dicari dari persamaan di bawah ini :

$$q = U \times A \times TD \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- q = Kalor perpindahan panas (BTU/hr)
- U = Koefisien seluruh perpindahan panas untuk lantai, partisi, dan langit-langit (BTU/hr.ft².F)
- A = Luas area dari langit-langit dan lantai (ft²)
- TD = selisih temperatur (°F)

2.5.5 Beban Penerangan

Jumlah perolehan kalor dari ruangan yang disebabkan oleh penerangan tergantung pada daya dan jenis pemasangannya. Energi radiasi dari lampu, mula-mula akan diserap oleh lantai dan peralatan-peralatan didalam ruangan hingga suhunya naik dengan laju yang ditentukan oleh massanya. Oleh karena suhu permukaan-permukaan benda-benda tersebut naik diatas suhu udara, maka dari permukaan-permukaan tersebut kalor dikonveksikan sehingga akhirnya menjadi beban bagi sistem pendinginan. Berikut merupakan rumusan untuk perhitungan beban penerangan:

$$Q = \text{Daya lampu} \times F_u \times F_b \times CLF \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan :

- Q = Sensibel cooling load (Btu/hr)
- F_u = Fraksi lampu yang terpasang
- F_b = Faktor Balast, F_b = 1,2 (untuk fluorescent biasa);
F_b = 1.0 (untuk incandescent)

CLF = Faktor beban pendinginan untuk lampu (dapat dilihat pada tabel 4-6 Refrigeration and Air Conditioning, Second Edition.



2.5.6 Beban Penghuni

Beban penghuni adalah beban yang berasal dari manusia yang berada di dalam ruangan tersebut. Beban penghuni dipengaruhi oleh jumlah penghuni ruangan, total jam, dan kegiatan yang dilakukan oleh penghuni.

Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung beban sensibel dan laten penghuni,

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \quad (\text{BTU/hr}) \dots \dots \dots (2.12)$$

Untuk beban laten manusia:

$$Q_L = q_L \times n \quad (\text{BTU/hr}) \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan:

q_s, q_L = Panas sensibel dan laten manusia

n = Banyaknya manusia

CLF = Faktor beban pendinginan untuk manusia

$CLF = 1$ (Dengan kepadatan tinggi atau 24 jam operasi kerja dan pendinginan dan atau jika pendinginan mati pada malam hari atau selama weekends).

2.5.7 Beban Peralatan

Beban peralatan adalah beban yang diperhitungkan akibat kalor yang keluar dari peralatan peralatan yang mempengaruhi besarnya beban pendinginan..

2.5.8 Beban Pendinginan Total

Beban pendinginan total (*Grand Total Heat/ GTH*) didapatkan dari penjumlahan beban pendinginan total ruangan (*Room Total Heat Gain/ RTHG*) dengan beban pendinginan total udara luar (*Outside Air Total Head/ OATH*). Beban pendinginan ruangan dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu beban pendinginan sensibel (*Room Sensible Heat Gain/ RSHG*) dan beban pendinginan laten (*Room Latent Heat Gain/RLHG*).Beban pendinginan udara luar juga dibedakan menjadi dua bagian, yaitu beban pendinginan sensibel (*Outside Air Sensible Heat/ OASH*) dan beban pendinginan laten (*Outside Air Latent Heat/OALH*)



- Total beban sensibel ruangan:
$$RSHG = Q_{\text{transmisi}} + Q_{\text{radiasi}} + Q_{\text{infiltrasi}} + Q_{\text{penghuni}} + Q_{\text{peralatan}} + Q_{\text{duct}} \dots (2.14)$$
- Total beban laten ruangan:
$$RLHG = Q_{\text{infiltrasi}} + Q_{\text{penghuni}} \dots (2.15)$$
- Total beban pendinginan ruangan:
$$RTHG = RSHG + RLHG \dots (2.16)$$
- Total beban sensibel udara luar:
$$OASH = Q_{\text{ventilasi}} + Q_{\text{return duct}} \dots (2.17)$$
- Total beban laten udara luar:
$$OALH = Q_{\text{ventilasi}} \dots (2.18)$$
- Total beban pendinginan udara luar:
$$OATH = OASH + OALH \dots (2.19)$$
- Total beban pendinginan:
$$GTH = (RSHG + OASH) + (RLHG + OALH) \dots (2.20)$$

2.6 Sistem Saluran Udara (*Air Ducts*)

Untuk mendistribusikan udara menuju ruangan yang dikondisikan, diperlukan penyalur udara. Penyalur ini dinamakan *duct*. *Air duct* terbuat dari lempengan metal atau material yang tidak mudah terbakar.

Air duct bekerja berdasarkan prinsip perbedaan tekanan udara. Jika terdapat perbedaan tekanan, udara akan bergerak dari tekanan yang lebih tinggi menuju ke tekanan yang lebih rendah. Semakin besar perbedaan tekanan, semakin cepat pula aliran udara di dalam *duct*.

Ada dua jenis *duct* yang sering digunakan, yaitu: *round duct* dan *rectangular duct*. Berdasarkan volume udara yang dibawa per perimeter, *round duct* memiliki efisiensi yang lebih besar. Oleh karena itu, untuk membuat *duct* yang cukup besar untuk membawa udara yang dibutuhkan, diperlukan material yang lebih sedikit. Di lain sisi, *rectangular duct* memiliki bentuk yang selaras dengan konstruksi bangunan serta sesuai dengan bentuk dinding dan atap. Hal ini membuat *rectangular duct* lebih mudah dipasang daripada *round duct*.



2.7 Rancangan Sistem Saluran Udara

Pada umumnya, sistem saluran udara terdiri dari saluran lurus, belokan, percabangan, damper, dan unit terminal seperti pengatur debit dan difuser. Hal yang perlu diperhatikan dalam suatu sistem saluran udara adalah, sistem dapat mengalirkan udara dengan laju tertentu ke ruang yang telah ditentukan, sistem harus ekonomis, dan tidak mengeluarkan suara bising. Ada banyak metode dalam merancang suatu sistem saluran udara, diantaranya adalah metode kecepatan dan metode *equal friction*.

2.7.1 Metode Kecepatan

Dalam metode ini, kecepatan aliran udara pada saluran utama dan cabang-cabang ditentukan terlebih dahulu, kemudian penurunan tekanan pada semua aliran dihitung. Dari hasil perhitungan penurunan tekanan akan digunakan untuk memilih kipas yang akan dipakai. Kipas dipilih yang dapat menghasilkan tekanan yang memenuhi kebutuhan pada saluran udara yang memiliki penurunan tekanan terbesar.

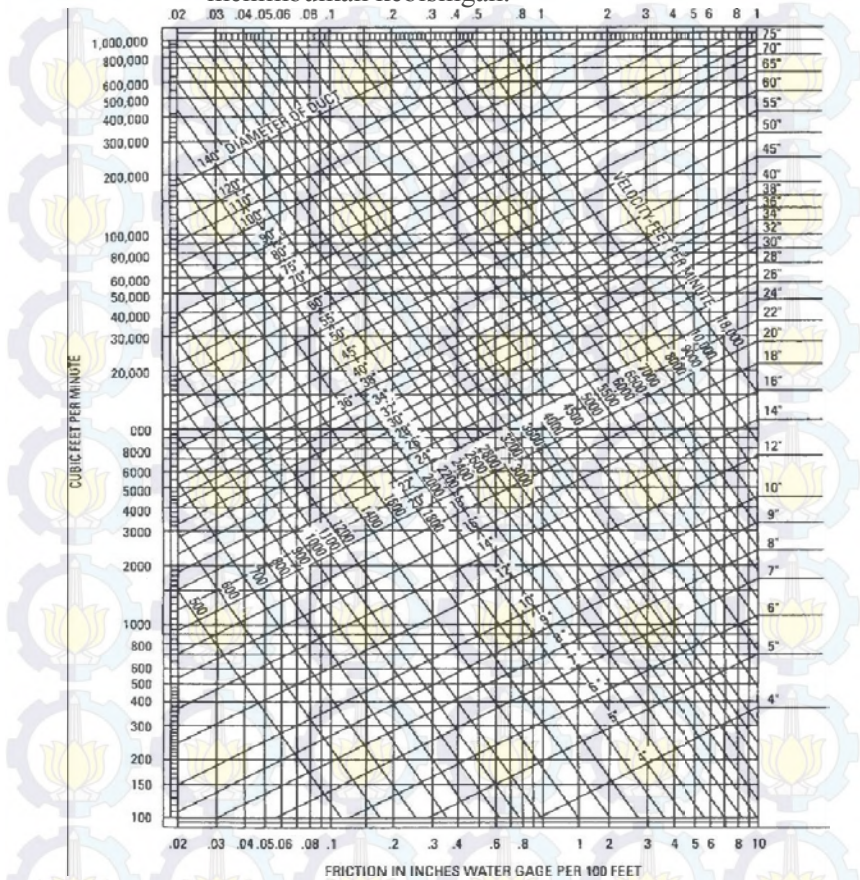
2.7.2 Metode *equal friction*

Pada metode ini, Penurunan tekanan yang disediakan di dalam sistem dipilih, kemudian menentukan ukuran saluran-saluran untuk menyebarkan tekanan tersebut. Adapun langkah dalam metode ini adalah:

1. Menentukan nilai penurunan tekanan yang akan disediakan.
2. Menghitung panjang ekuivalen seluruh saluran.
3. Membagi penurunan tekanan dengan panjang ekuivalen yang terbesar
4. Dengan gradien tekanan yang didapat dari langkah 3, dan laju aliran udara pada tiap bagian dari jalur yang terpanjang, dapat ditentukan ukuran saluran semua bagian dengan menggunakan gambar (2.5)
5. Untuk bagian lainnya, ukuran saluran ditentukan dengan menggunakan penurunan tekanan tersebut,



namun tetap berada pada kecepatan yang tidak menimbulkan kebisingan.



Gambar 2.5 *Friction Chart* aliran udara dalam saluran

Selain mampu menyalurkan udara sesuai kebutuhan ruangan, dalam merencanakan saluran udara, yang perlu diperhatikan adalah kecepatan udara dalam saluran tidak boleh melebihi nilai-nilai tertentu yang dapat menyebabkan kebisingan.



Standar kecepatan udara maksimum di dalam saluran adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kecepatan Udara Maksimum Dalam Saluran Udara-
Ft/Min.

Structure	Supply Outlet	Return Opening	Main Supply	Branch Supply	Main Return	Branch Return
Residential	500-750	500	1000	600	800	600
Apartments, Hotel Bedrooms, Hospital Bedrooms	500-750	500	1200	800	1000	800
Private Office, Libraries, Schools	500-1000	600	1500	1200	1200	1000
General Office, Deluxe Restaurants, Deluxe Stores, Bank	1200-1500	700	1700	1600	1500	1200
Average Stores, Cafeterias	1500	800	2000	1600	1500	1200

2.8 Penurunan Tekanan Pada Saluran Lurus

Persamaan dasar untuk menghitung penurunan tekanan fluida ang mengalir melalui saluran udara lurus dengan penampang persegi, adalah:

$$\Delta p = f \frac{L}{D_{eq}} \frac{v^2}{2} \rho \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana:

- Δp = Penurunan tekanan, Pa
- f = Faktor gesekan, tak berdimensi



- L = panjang, m
- Deq = Diameter equivalen saluran, m
- V = Kecepatan rata-rata aliran fluida, m/det
- ρ = massa jenis fluida, kg/m³

Faktor gesekan f adalah fungsi dari bilangan Reynolds dan kekasaran relatif (relative roughness) permukaan pipa (ϵ/D), dengan ϵ adalah kekasaran absolute (m). Nilai factor gesekan didapatkan dengan cara mengplotkan bilangan Reynolds dan Relative Roughness pada *diagram moody* (terlampir). Sedangkan Deq dihitung dengan rumus:

$$Deq = \frac{4 \times \text{luas penampang}}{\text{perimeter}} = 4 \frac{ab}{2(a+b)} = \frac{2ab}{a+b} \dots\dots\dots (2.22)$$



Gambar 2.6 Penampang saluran persegi

2.9 Penurunan Tekanan dalam Sambungan (*Fitting*)

a. Pengecilan Penampang

Persamaan bernoulli digunakan sebagai dasar untuk menghitung penurunan tekanan pada suatu pengecilan penampang.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} \dots\dots\dots (2.23)$$

karena : $\frac{V_2}{V_1} = \frac{A_2}{A_1}$

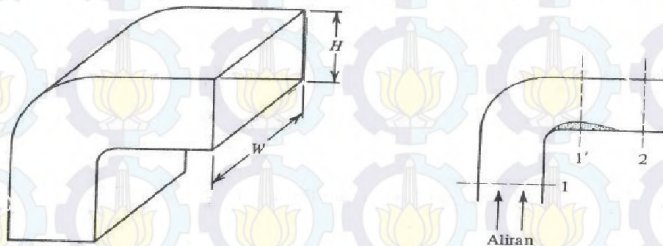
$$p_1 - p_2 = \rho \frac{V_1^2}{2} \left[\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right] \dots\dots\dots (2.24)$$



Gambar 2.7 Aliran melalui bagian saluran yang mengecil

b. Elbow (Belokan)

Elbow yang paling sering digunakan pada sistem saluran udara adalah jenis elbow 90°. Menurut Weisbach, penurunan tekanan di dalam suatu belokan disebabkan oleh pentempatan penampang pada bagian 1' menuju penampang pada bagian 2.



Gambar 2.8 Aliran yang memisah didalam suatu belokan

Berikut ini merupakan rumusan yang nantinya akan digunakan untuk mencari nilai rugi tekanan pada elbow 90°:

$$\Delta P = C \times \frac{v^2}{2} \times \rho \dots\dots\dots(2.25)$$

dengan:

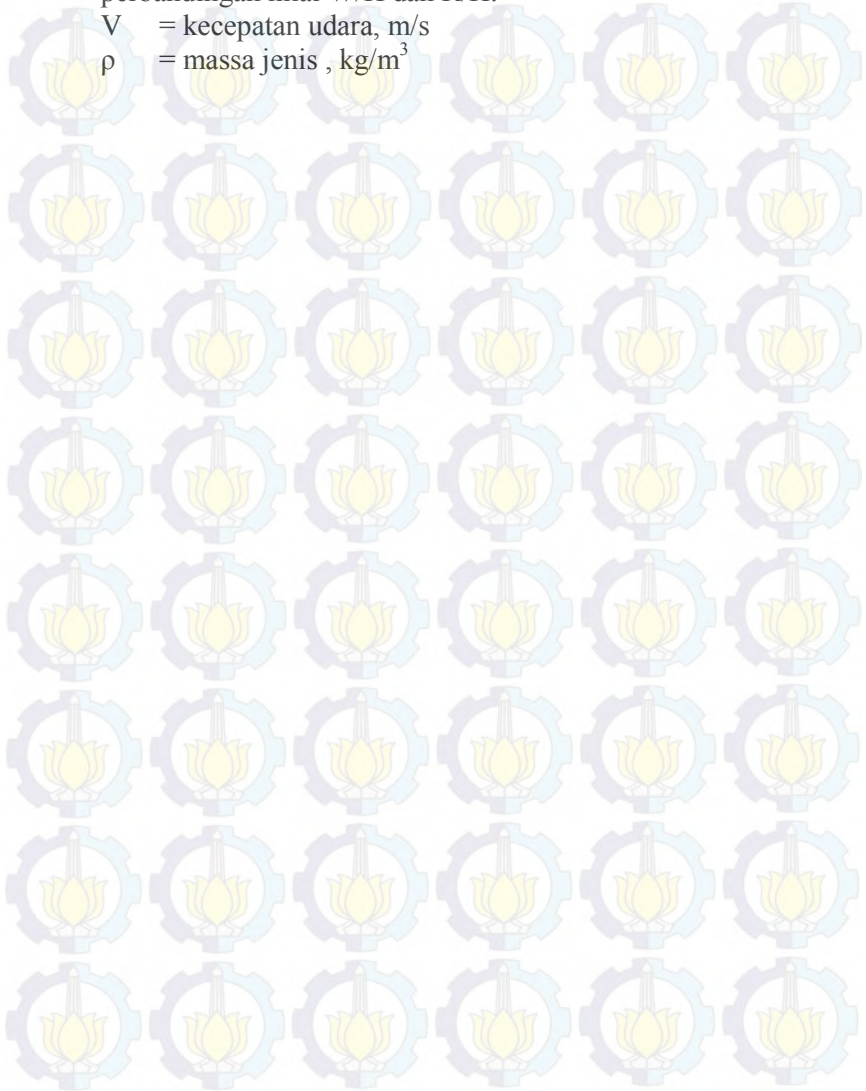
ΔP = Penurunan Tekanan, Pa



C = nilai koefisien *losses*, yang didapatkan dari perbandingan nilai W/H dan R/H .

V = kecepatan udara, m/s

ρ = massa jenis, kg/m^3







BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Peralatan

Peralatan yang dipergunakan dalam pengambilan data pada penelitian ini antara lain:

a. Laser Distance Meter DT300

Merupakan alat untuk mengukur jarak dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Jarak ukur 0.05 m sampai 50 m.
- Mampu mengukur luas hingga 999.00 m².
- Mampu mengukur volume hingga 999.99 m³.
- Tingkat akurasi ± 1.5 mm.
- Dimensi 115 x 48 x 28 mm.



Gambar 3.1 Laser Distance Meter

b. Environmental Meter EN300

Alat ukur lingkungan dengan fungsi dan spesifikasi sebagai berikut:

- Mampu mengukur kecepatan udara (m/s atau ft/s), *humidity* (%), *light* (lux), temperature ($^{\circ}$ C atau $^{\circ}$ F) dan *sound level* (db).
- *Humidity* maksimum 80% RH.
- Temperatur 0 – 50 $^{\circ}$ C.
- Dimensi 248 x 70 x 34 mm.



Gambar 3.2 Environmental Meter

c. *Infrared Thermometer Fluke Model 65*



Gambar 3.3 *Infrared thermometer*

Alat ukur dengan fungsi dan spesifikasi sebagai berikut:

- Mampu mengukur temperatur dengan range -40°C sampai 500°C
- *Response time* 0.8 second
- Akurasi : dibawah 0°C : $\pm 5^{\circ}\text{C}$
diatas 0°C : $\pm 2^{\circ}\text{C}$
diatas 100°C : $\pm 2\%$ dari temperatur terbaca
- Dimensi : 38.1 mm x 63.5 mm x 185.4 mm
- Berat : 283.5 gram



3.2 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah- langkah dan prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

3.2.1 Tahap Persiapan

Tahap ini meliputi beberapa hal, yaitu:

- Penentuan tema awal tugas akhir, yaitu tentang sistem pengkondisian udara di lantai II mall “XYZ”.
- Studi Literatur
Dalam studi literatur ini akan dipelajari buku-buku yang menjadi referensi tentang pengkondisian udara beserta standarisasinya, dan perencanaan instalasi saluran udara. Referensi ini didapatkan dari literatur mata kuliah dan laporan tugas akhir terdahulu yang berhubungan dengan tujuan pengambilan data tugas akhir ini.
- Persiapam alat ukur, yaitu mempersiapkan alat ukur yang digunakan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan di lapangan.

3.2.2 Pengambilan Data

Kegiatan ini meliputi survei lapangan dan pengambilan data yang dibutuhkan. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi nyata instalasi serta jenis peralatan yang digunakan. Dengan didampingi pembimbing lapangan, diharapkan ada komunikasi dua arah yang dapat memberikan gambaran secara jelas data-data yang kita perlukan untuk analisa perhitungan.



3.3 Data Hasil Survey

3.3.1 Data Umum

- Objek Penelitian : area perbelanjaan lantai II
- Fungsi Gedung : Komersial
- Letak Geografis : 7°48'57,6" LS dan 112°01'07.5" BT
- Warna Dinding : Light Color (cerah)
- Jenis Kaca : Single Glass
- Jarak Lantai -Atap : ±3,0 meter
- Jam Kerja : 10.00-22.00 WIB

3.3.2 Kondisi Ruang

Jumlah ruang pertokoan di lantai II mall XYZ yaitu 25 tenant, dan hanya 22 tenant yang diijinkan untuk pengambilan data. Berikut adalah luas ruang yang dikondisikan:

Tabel 3.1 Luas tiap tenant pada lantai II mall XYZ kota Kediri

No	Tenant	Luas	
		(m ²)	(ft ²)
1	Buti	259,84	2796,89
2	Mutiara	38,08	409,889
3	Naughty	64,96	699,224
4	Bloom	43,68	470,167
5	Raviola	13,2	142,084
6	Malibo	13,2	142,084
7	Horli	16,72	179,973
8	Azola	16,72	179,973
9	Lina	15,2	163,611
10	Salwa	16,72	179,973
11	Izone	31,2	335,834
12	Paris	27,2	292,778
13	Love	15,2	163,611
14	Liana	15,2	163,611



15	Bella	33,44	359,945
16	35net	16,72	179,973
17	Jade	42,56	458,112
18	Samsat	15,84	170,5
19	Elvis	15,2	163,611
20	Eravone	30,4	327,223
21	Faza	15,2	163,611
22	Zona 35	16,72	179,973

3.3.3 Data Air Conditioner

Air Conditioner yang digunakan adalah jenis *Ducted Split* dengan data sebagai berikut:

Unit Mz-04 :

Merk : Fujiaire ducted type air conditioner.

Tipe : FDA 100 (unit *indoor*)

FLA 100 x1 (unit *outdoor*)

Kapasitas Pendinginan : 100000 Btu/hr

Air Flow : 3200 CFM

Unit Mz-05 :

Merk : Mc Quay.

Tipe : MDB 200 (unit *indoor*)

MMC 100 x2 (unit *outdoor*)

Kapasitas Pendinginan : 197600 Btu/hr

Air Flow : 6400 CFM



Unit Mz-06 :

Merk :Fujiiaire ducted type air conditioner.

Tipe : FDA 300 (unit *indoor*)

FLA 100 x3 (unit *outdoor*)

Kapasitas Pendinginan : 300000 Btu/hr

Air Flow : 9000 CFM

Unit Mz-07 :

Merk :Fujiiaire ducted type air conditioner.

Tipe : FDA 400 (unit *indoor*)

FLA 100 x4 (unit *outdoor*)

Kapasitas Pendinginan : 400000 Btu/hr

Air Flow : 12000 CFM

Unit Mz-08 :

Merk :Fujiiaire ducted type air conditioner.

Tipe : FDA 200 (unit *indoor*)

FLA 100 x2 (unit *outdoor*)

Kapasitas Pendinginan : 200000 Btu/hr

Air Flow : 6400 CFM



Unit Mz-11 :

Merk :Fujiare ducted type air conditioner.

Tipe : FDA 100 (unit *indoor*)

FLA 100 x1 (unit *outdoor*)

Kapasitas Pendinginan : 100000 Btu/hr

Air Flow : 3200 CFM

Unit Mz-12 :

Merk :Fujiare ducted type air conditioner.

Tipe : FDA 100 (unit *indoor*)

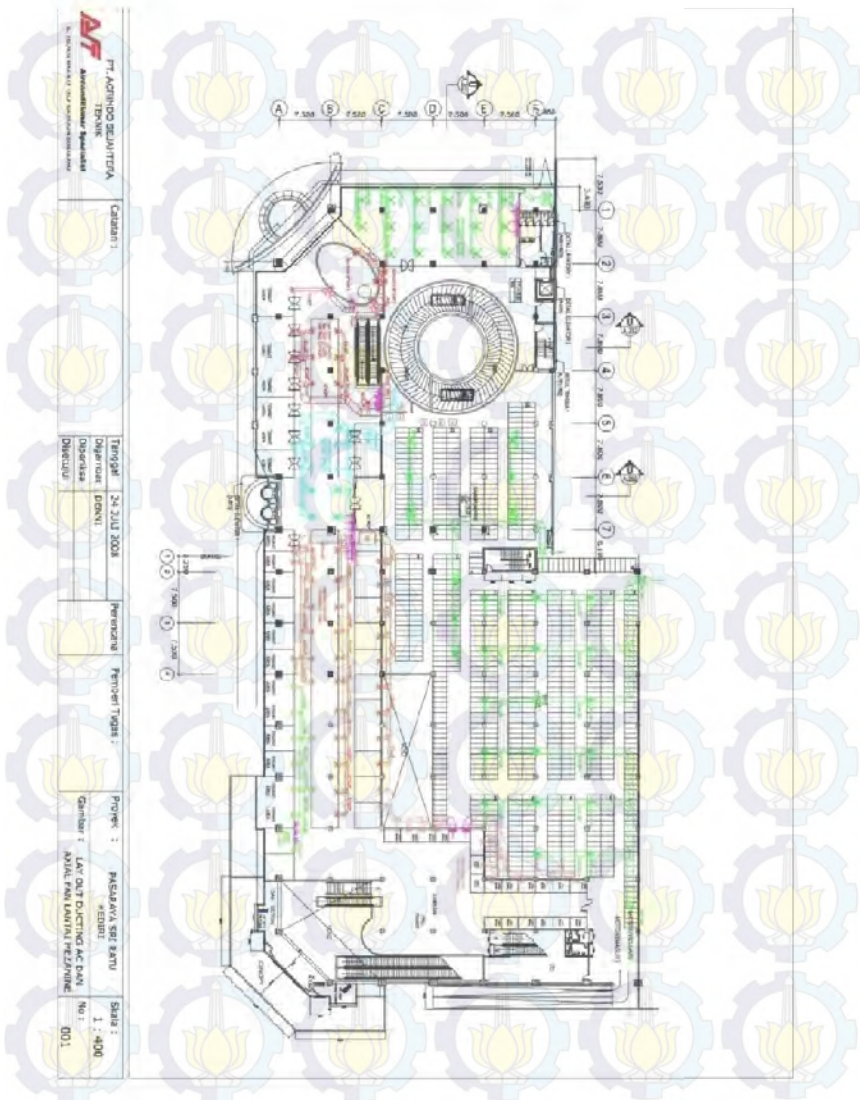
FLA 100 x1 (unit *outdoor*)

Kapasitas Pendinginan : 100000 Btu/hr

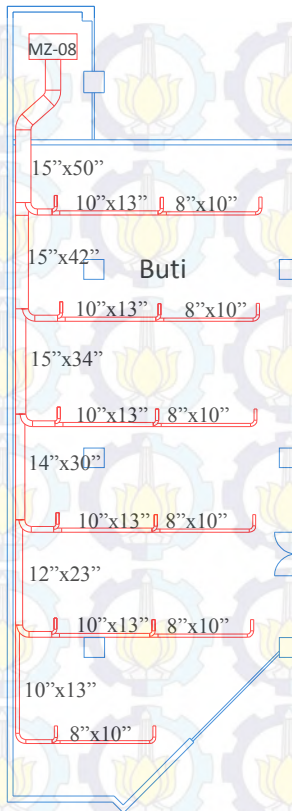
Air Flow : 3200 CFM



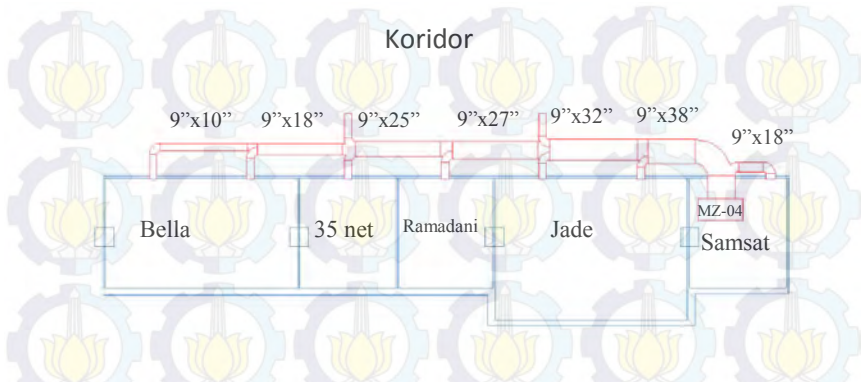
3.4 Denah



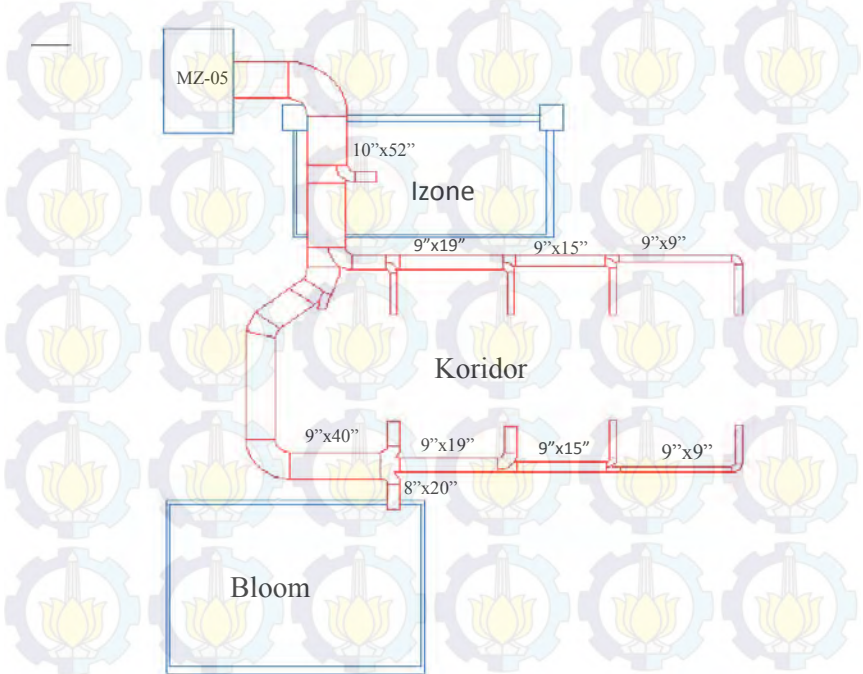
Gambar 3.4 denah lantai II mall XYZ



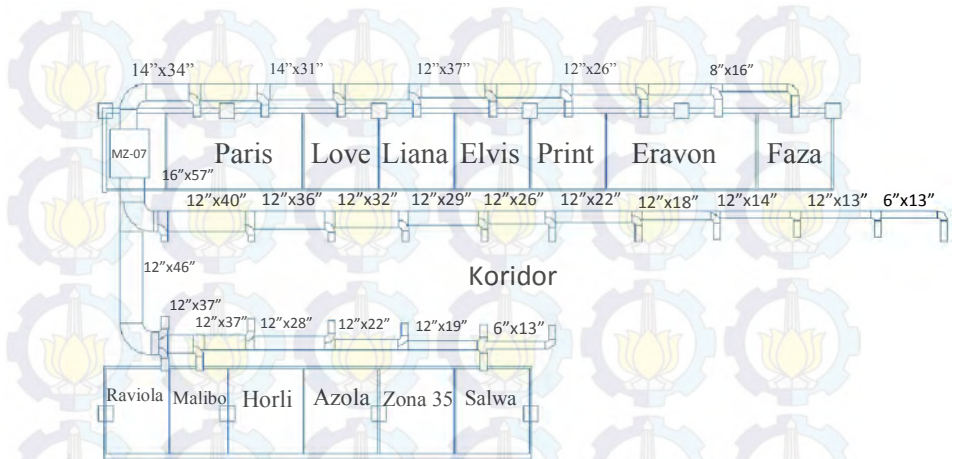
Gambar 3.5 Layout ducting AC MZ-08



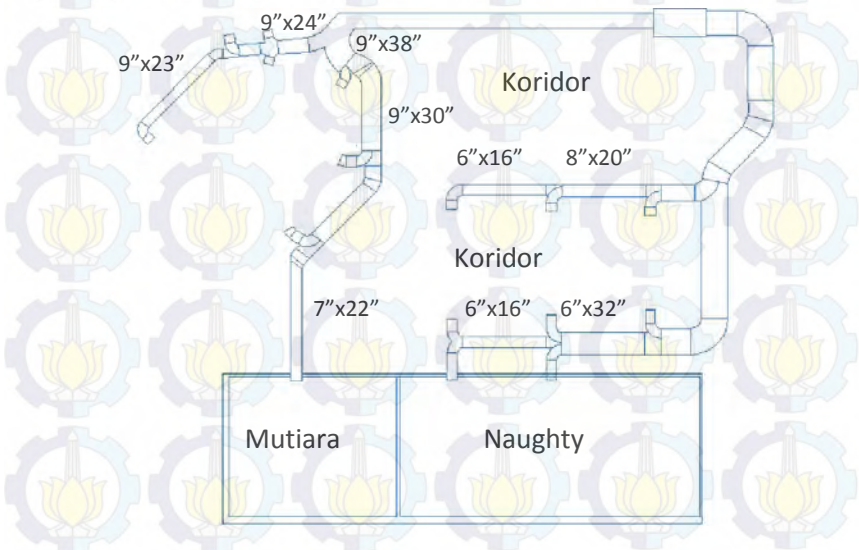
Gambar 3.6 Layout ducting AC MZ-04



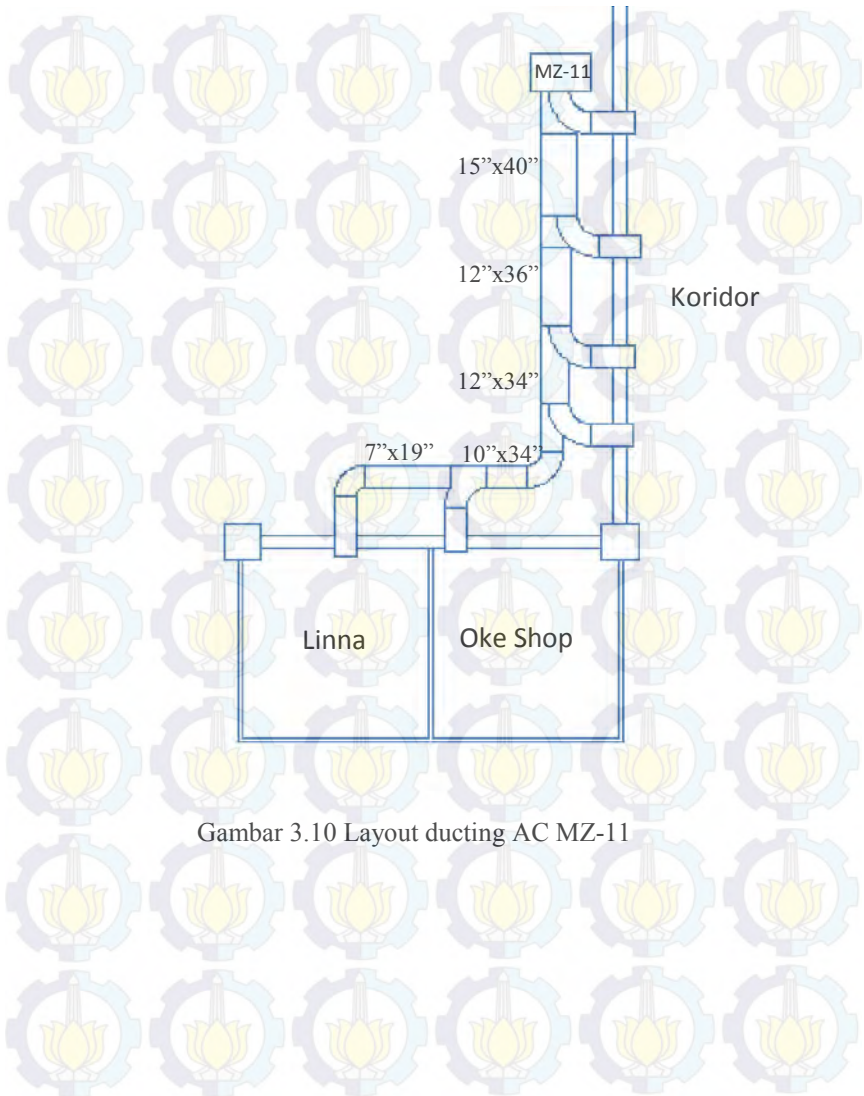
Gambar 3.7 Layout ducting AC MZ-05



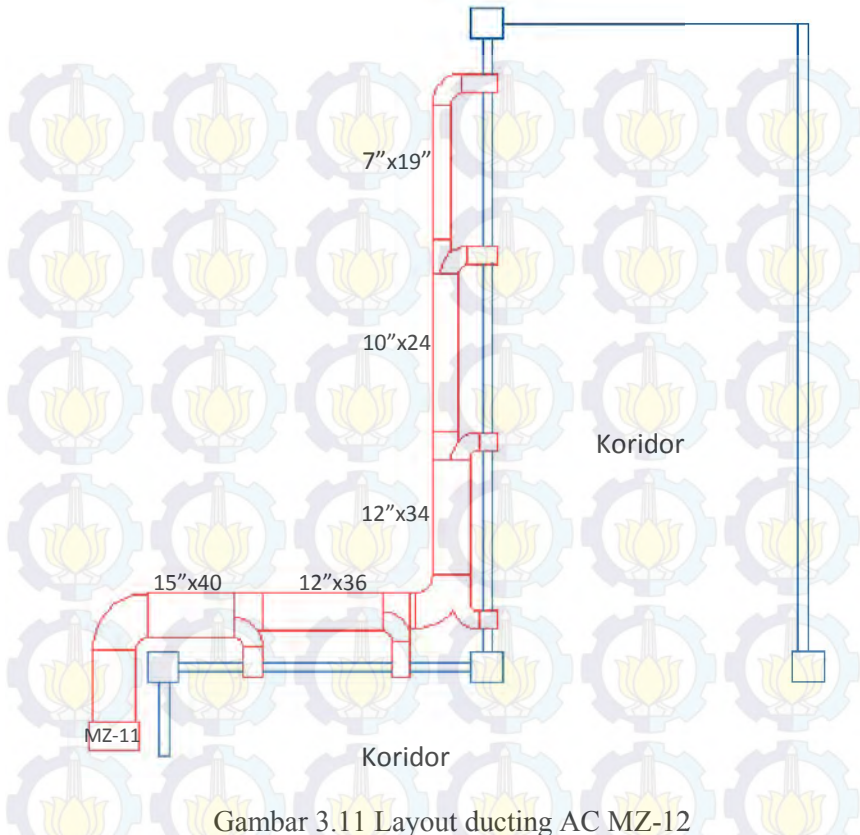
Gambar 3.8 Layout ducting AC MZ-07



Gambar 3.9 Layout ducting AC MZ-06



Gambar 3.10 Layout ducting AC MZ-11



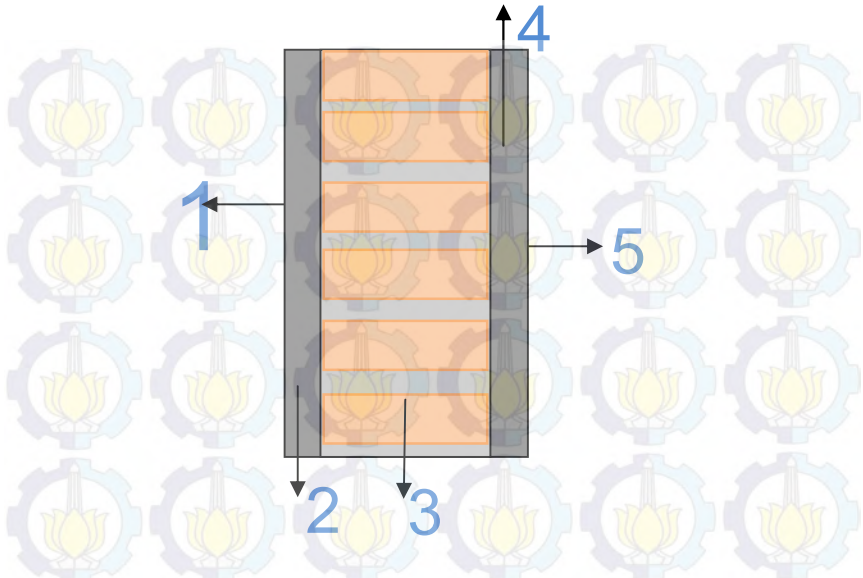
3.5 Data Konstruksi

3.5.1 Atap

Objek penelitian terletak pada lantai II, sehingga tidak ada atap yang terkena matahari.

3.5.2 Dinding

Jenis dinding pada gedung mall XYZ ada dua jenis, yakni jenis dinding D1 dan D2. Yang membedakan antara dinding D1 dan D2 adalah tebal dari bata yang digunakan. Adapun konstruksi dinding seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.12 Konstruksi dinding D1 dan D2

Tabel 3.2 Konstruksi Bahan Dinding 1 (D1)

No.	Bahan	R (hr.ft ² .°F)/Btu
1	Outside surface resistance	0,17
2	Cement plaster, sand aggregate 0,6 in	0,12
3	Common brick 8 in	1,6
4	Cement plaster, sand aggregate 0,6 in	0,12
5	Inside surface resistance	0,68
TOTAL		2,69
Nilai U (Btu/hr.ft².°F)		0,372

Tabel 3.3 Konstruksi Bahan Dinding 2 (D2)

No.	Bahan	R (hr.ft ² .°F)/Btu
1	Outside surface resistance	0,68
2	Cement plaster, sand aggregate 0,6 in	0,12



3	Common brick 4in	0,8
4	Cement plaster, sand aggregate 0,6 in	0,12
5	Inside surface resistance	0,68
TOTAL		2,4
Nilai U (Btu/hr.ft².°F)		0,417

Luas dinding tiap tenant pada gedung mall XYZ Kediri sebagai berikut:

Tabel 3.4 Luas Dinding Tiap Tenan Pada Lantai II Mall XYZ

No	Tenant	Posisi	Panjang (ft)	Tinggi (ft)	Luas Dinding (ft ²)	Jenis dinding
1	Buti	N	1,312	9,842	12,913	Kaca
		N	11,811	6,726	79,441	Kaca
		N	11,811	3,117	36,815	D1
		NW	31,496	9,842	309,984	Kaca
		W	23,622	9,842	232,488	Kaca
		W	15,748	9,842	154,992	D1
		E	85,302	9,842	839,542	Kaca
		S	38,058	9,842	374,566	D2
2	Mutiarra	N	22,310	9,842	219,575	Kaca
		E	18,373	9,842	180,827	Kaca
		S	22,310	9,842	219,575	
		W	18,373	9,842	180,827	D2
3	Naughty	N	38,058	9,842	374,567	Kaca
		E	18,373	9,842	180,827	D2
		S	38,058	9,842	374,567	
		W	18,373	9,842	180,827	D2
4	Bloom	N	26,247	9,842	251,867	Kaca
		E	18,373	9,842	180,827	D2
		S	26,247	9,842	251,867	
		W	18,373	9,842	180,827	D2
5	Bella	N	24,934	9,842	245,4	Kaca
		E	14,436	9,842	142,079	D2
		S	24,934	9,842	245,4	



6	35net	W	14,436	9,842	142,079	D2
		N	12,467	9,842	122,7	Kaca
		E	14,436	9,842	142,079	D2
		S	12,467	9,842	122,7	D2
		W	14,436	9,842	142,079	D2
7	Jade	N	24,934	9,842	245,4	Kaca
		E	18,373	9,842	180,827	D2
		E	3,895	9,842	38,334	Kaca
		S	24,934	9,842	245,4	D2
		W	3,895	9,842	38,334	Kaca
8	Samsat	W	18,373	9,842	180,827	D2
		N	11,811	9,842	116,243	D1
		E	14,436	9,842	142,079	D2
		S	5,250	9,842	51,67	Kaca
		W	14,436	9,842	142,079	D2
9	Izone	N	15,748	9,842	154,912	Kaca
		E	6,562	9,842	64,583	Kaca
		S	24,934	9,842	251,867	D1
		W	13,123	9,842	129,156	D1
10	Paris	N	22,31	9,842	219,575	D2
		E	13,123	9,842	129,156	D1
		S	22,31	9,842	219,575	D2
		W	13,123	9,842	129,156	D2
11	Love	N	12,467	9,842	122,7	D2
		E	13,123	9,842	129,156	D1
		S	12,467	9,842	122,7	D2
		W	13,123	9,842	129,156	D2
12	Liana	N	8,53	9,842	83,952	Kaca
		N	3,937	3,28	12,913	Kaca
		E	13,123	9,842	129,156	D2
		S	12,467	9,842	122,7	D1
		W	13,123	9,842	129,156	D2
13	Raviola	N	9,842	9,842	96,865	Kaca
		E	8,514	9,842	83,794	D1
		E	5,918	9,842	58,245	Kaca
		S	4,921	9,842	48,432	Kaca
		W	14,436	9,842	142,079	



14	Malibo	N	9,842	9,842	96,865	Kaca
		E	14,436	9,842	142,079	D2
		S	9,842	9,842	96,865	
		W	14,436	9,842	142,079	D2
15	Horli	N	12,467	9,842	122,7	Kaca
		E	14,436	9,842	142,079	D2
		S	12,467	9,842	122,7	
		W	14,436	9,842	142,079	D2
16	Azola	N	12,467	9,842	122,7	Kaca
		E	14,436	9,842	142,079	D2
		S	12,467	9,842	122,7	
		W	14,436	9,842	142,079	D2
17	Lina	N	12,467	9,842	122,7	
		E	13,123	9,842	129,156	D2
		S	12,467	9,842	122,7	D1
		W	13,123	9,842	129,156	D2
18	Salwa	N	12,467	9,842	122,7	Kaca
		E	14,436	9,842	142,079	D2
		S	12,467	9,842	122,7	
		W	14,436	9,842	142,079	D2
19	Elvis	N	12,467	9,842	122,7	
		E	13,123	9,842	129,156	D2
		S	12,467	9,842	122,7	D1
		W	13,123	9,842	129,156	D2
20	Eravone	N	24,934	9,842	245,4	
		E	13,123	9,842	129,156	D2
		S	24,934	9,842	245,4	D1
		W	13,123	9,842	129,156	D2
21	Faza	N	12,467	9,842	122,7	
		E	13,123	9,842	129,156	D2
		S	12,467	9,842	122,7	D1
		W	13,123	9,842	129,156	D2
22	Zona 35	N	12,467	9,842	122,7	Kaca
		E	14,436	9,842	142,079	D2
		S	12,467	9,842	122,7	
		W	14,436	9,842	142,079	D2



3.5.3 Pintu

Di area lantai II terdapat 2 buah pintu masuk Mall “XYZ” Kediri. Berikut ini merupakan luasan pintu tersebut:

Tabel 3.5 Luas Pintu Masuk Pada Lantai II Mall XYZ Kediri

No.	Pintu	Luasan (ft ²)
1.	Pintu Tengah	80,729
2.	Pintu Barat	53,819
3	Pintu Karyawan timur	53,819
4	Pintu Karyawan Selatan	26,909
5	Pintu Gudang I	26,909
6	Pintu Gudang I	26,909

3.6 Data Jumlah Pengunjung

Berikut ini merupakan tabel jumlah pengunjung pada lantai II mall XYZ di Kediri:

Tabel 3.6 Jumlah Pengunjung Pada Lantai II Mall XYZ di Kediri

No.	Tenant	Jumlah Pengunjung
1	Buti	142
2	Mutiara	4
3	Naughty	120
4	Bloom	30
5	Izone	22
6	Bella	50
7	35 net	200
8	Samsat	125
9	Paris	100
10	Love	90
11	Liana	40
12	Elvis	40



13	Eravone	20
14	Faza	20
15	Malibo	15
16	Salwa	20
17	Jade	25
18	Reviola	10
19	Horli	30
20	Azola	25
21	Lina	15
22	Zona 35	30
24	Koridor	500

3.7 Peralatan Elektronik yang Digunakan

Berikut adalah tabel peralatan elektronik yang digunakan pada Lantai II Mall XYZ di Kediri :

Tabel 3.7 Tabel Peralatan Elektronik di Lantai II Mall XYZ di Kediri

No	Tenant	Peralatan Elektronik								
		Komputer	Telepon	Printer	Scanner	Speaker	Tv	DVD	Tape	Mesin Kasir
1	Buti	2	1	1		2				
2	Mutiara									
3	Naughty	1		1	1					
4	Bloom	1	1	1						
5	Izone	1			1					
6	Reviola	1		1						
7	Malibu					2		1		
8	Salwa								1	
9	Bella									
10	35 Net									



11	Jade					1		1		1
12	Samsat	2		1	1					
13	Paris					2	1	1		
14	Love					1		1		
15	Liana		1							
16	Elvis									
17	Erafone	1	1				1			
18	Faza					1	1	1		
19	Azola									
20	Horli									
21	Zona 35					1		1		
22	Linna		1							
23	Koridor	4				7		3		

3.8 Data Lampu

Berikut adalah tabel jumlah dan jenis lampu yang digunakan pada Lantai II Mall XYZ di Kediri :

Tabel 3.8 Tabel Jumlah Lampu di Lantai II Mall XYZ di Kediri

No	Tenant	JenisLampu	Daya (Watt)	Flux (Lumens)	JumlahLampu
1	Buti	Krisbow LED tracklight	8	680	81
		Tornado cooldaylight	24	1520	82
		LED Grilled light	36	3600	24
2	Mutiara	Philip helix	32	2150	2
		Philip helix	42	2650	2
		Philip MHN TD	70	6200	1
3	Naughty	Tornado cooldaylight	24	1520	30
		Philip LED	14	1400	15
4	Bloom	Tornado cooldaylight	12	700	7



		Tornado cooldaylight	24	1520	22
5	Izone	Philip plusline compact	100	1550	12
		Philip esensial	14	810	6
6	Bella	Philip genie warmwhite	18	1100	20
		Philip plusline compact	100	1550	8
7	35 net	Tornado cooldaylight	24	1520	4
		Tornado cooldaylight	20	1200	8
8	Samsat	Panasonic cooldaylight	19	1250	4
		Philip genie cooldaylight	8	415	2
		Philip genie cooldaylight	5	235	2
9	Paris	Tornado cooldaylight	24	1520	6
		Panasonic cooldaylight	22	1450	2
		Philip esensial	23	1380	2
		Philip LED	12	1055	2
10	Love	Philip LED	12.5	1055	6
		Osramdulux star	16	827	5
11	Liana	Philip TL-D	36	2850	2
		Philip LED	9	906	2
		Tornado cooldaylight	15	900	2
		Tornado cooldaylight	20	1200	1
12	Elvis	Philip helix	42	2650	2
		Philip TL5	28	2000	5
		Philip TL5	21	1400	17
		Philip TL5	14	850	2
		Philip TLD	36	2850	2
13	Eravone	Krisbow LED tracklight	8	680	4
		Philip genie cooldaylight	18	1050	8
		Tornado cooldaylight	20	1200	2
14	Faza	Philip TL5	14	850	4



		Tornado cooldaylight	12	700	4
		Philip genie cooldaylight	5	235	2
		Tornado cooldaylight	24	1520	5
15	Malibo	Tornado cooldaylight	24	1520	4
		Tornado cooldaylight	20	1200	4
		Superdaylightnerolight	40	2400	1
16	Salwa	Philip TL5	21	1400	4
		Philip CDM TD	70	6000	2
		Tornado cooldaylight	24	1520	3
17	Jade	Tornado cooldaylight	20	1200	6
		Philip plusline compact	100	1550	11
		Philip esensial	23	1380	18
18	Reviola	Philip TL5	14	1200	5
		Panasonic cooldaylight	19	1250	6
19	Horli	Panasonic cooldaylight	19	1250	2
		Philip esensial	18	1020	4
20	Azola	Tornado cooldaylight	20	1200	2
		Tornado cooldaylight	12	700	4
21	Lina	Tornado cooldaylight	12	700	1
		Philip LED	7	600	1
		Philip esensial	14	810	3
22	Zona 35	Philip genie cooldaylight	5	235	2
		Philip genie cooldaylight	18	1050	2
		Panasonic cooldaylight	19	1250	2

Tabel 3.9 Tabel Jumlah Lampu Koridor Lantai II

No	Tenan	JenisLampu	Daya (Watt)	Jumlah
		HPIT Indor	70	9
		Philip DownlightTusuk	18	62



1	Koridor	Philip Downlight Tornado	18	57
		Halogen Mini	50	6
		RM 3 Neon 3x18	18	22
		Philip DownlightUlirLilin	18	16
		Neon V shape 2x36	36	34
		PLC Ulir Tornado 2x18	18	6

3.9 Kondisi Rancangan Ruang

Berdasarkan zona kenyamanan untuk standar ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*), temperatur dan kelembaban relatif rancangan dipilih sebagai berikut:

Tabel 3.10 Kondisi Rancangan Ruang

Uraian	Keterangan
Temperatur rancangan ruang	24°C
Kelembaban relatif	50%

3.10 Kondisi Udara Lingkungan Luar

Berdasarkan data dari BMKG, kondisi udara terpanas pada daerah Kediri pada bulan November adalah sebagai berikut:

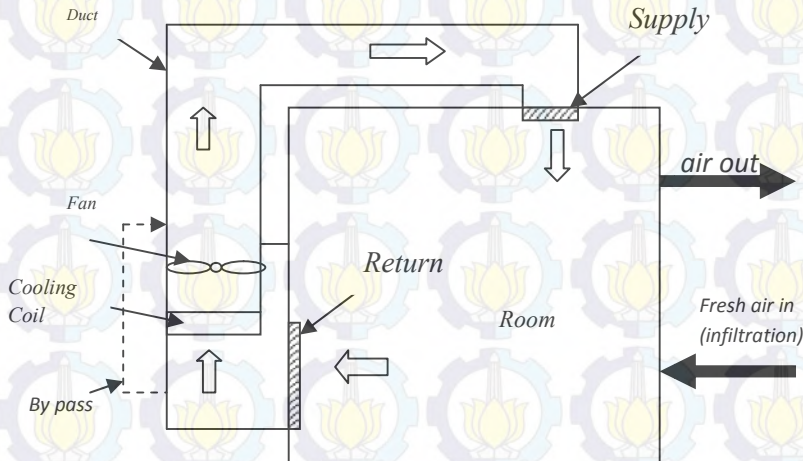
Tabel 3.11 Kondisi Rancangan Udara Luar

Uraian	Keterangan
Temperatur udara luar	33.6 °C
Kelembaban relatif	76,4%



3.11 Skema Sistem Pengkondisian Udara

Skema sistem pengkondisian udara pada Lantai II Mall XYZ di Kediri adalah sebagai berikut:



Gambar 3.13 Skema sistem pengkondisian udara

3.12 Metode Pengambilan Data

3.12.1 Beban pendinginan

Berikut ini merupakan sumber yang berpengaruh pada beban pendinginan:

a. Manusia

Data yang diperlukan adalah jumlah orang dan aktivitas yang dilakukan dalam satu ruangan. Data diperoleh dari pihak manajemen.

b. Lampu

Data yang diperlukan adalah daya total dari lampu yang digunakan dalam satu ruangan. Untuk memperoleh data tersebut dapat dilakukan dengan pengamatan langsung.

c. Dinding



Data yang diperlukan adalah material dinding, ketebalan dinding, luas dinding, posisi dinding. Data ini diperoleh dengan pengukuran langsung dan dari pihak manajemen.

d. Jendela

Data yang diperlukan adalah posisi jendela, tipe kaca, dan luasan jendela. Data ini dapat diperoleh dari hasil pengamatan langsung dan juga pengukuran

e. Lantai

Data yang diperlukan adalah material lantai, luasan lantai dan ketebalan lantai. Data ini diperoleh dengan pengamatan langsung dan dari pihak manajemen.

f. Atap

Data yang diperlukan adalah material dari atap dan ketebalannya. Data diperoleh dari pihak manajemen.

g. Infiltrasi

Data yang diperlukan adalah perbedaan temperatur antara di dalam gedung dan luar gedung. Data ini diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan termometer.

h. Ventilasi

Data yang diperlukan adalah jumlah udara di dalam gedung dan diluar gedung, kelembapan udara di dalam maupun di luar gedung. Data ini diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan higrometer.

i. Saluran Udara

Data yang diperlukan adalah dimensi dan geometri saluran udara, material penyusun saluran udara, dan temperatur udara di dalam saluran udara. Data fisik saluran udara diperoleh dari pihak manajemen, sedangkan data temperatur diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan termometer.

3.12.2 Unit Sistem Pengkondisian Udara dan Saluran Udara

Data yang diperlukan untuk menganalisa sistem pengkondisian udara beserta salurannya adalah:

a. Unit Pengkondisian Udara



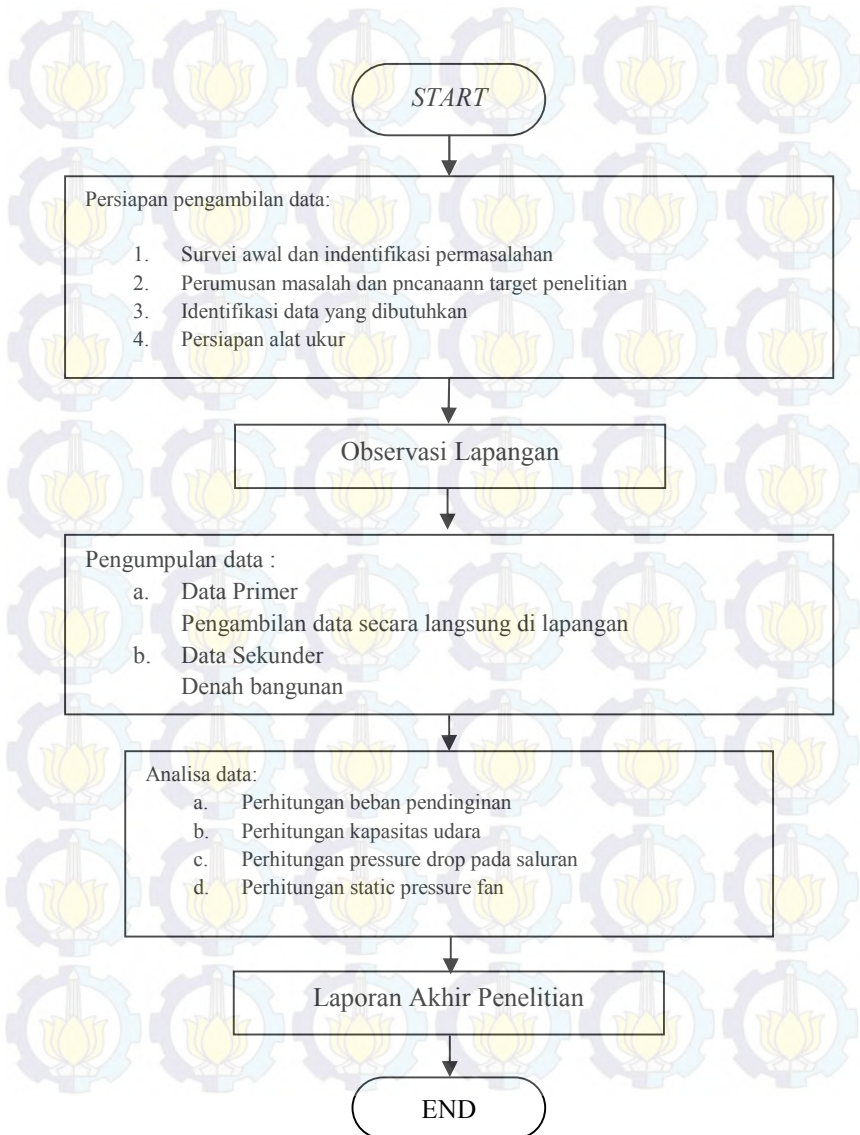
Data yang diperlukan adalah spesifikasi unit yang didalamnya termasuk merk, tipe, kapasitas pendinginan, kapasitas udara. Data diperoleh dari pihak manajemen.

b. Saluran Udara

Data yang diperlukan adalah dimensi dan geometri saluran udara, material penyusun saluran udara, dan temperatur udara di dalam saluran udara. Data fisik saluran udara diperoleh dari pihak manajemen, sedangkan data temperatur diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan termometer

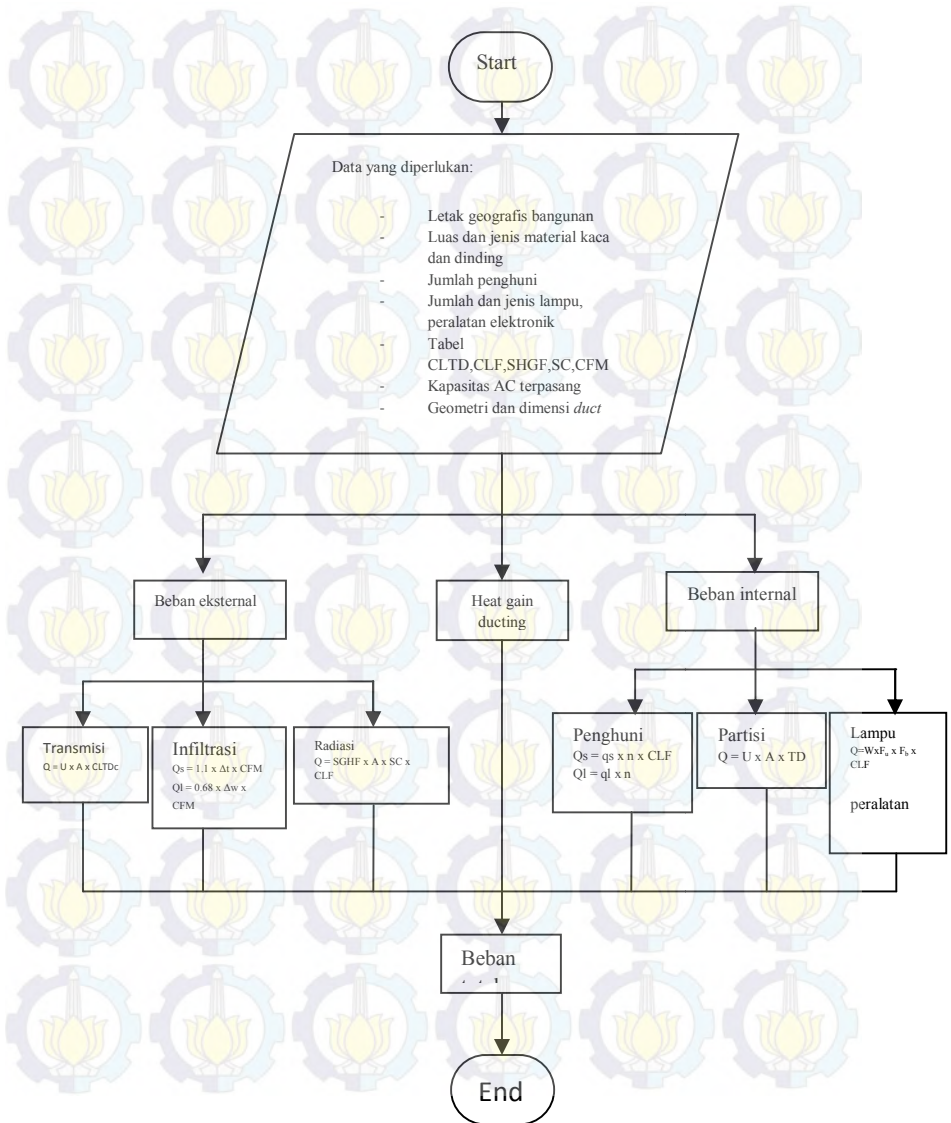


3.13 Diagram Alir Penelitian



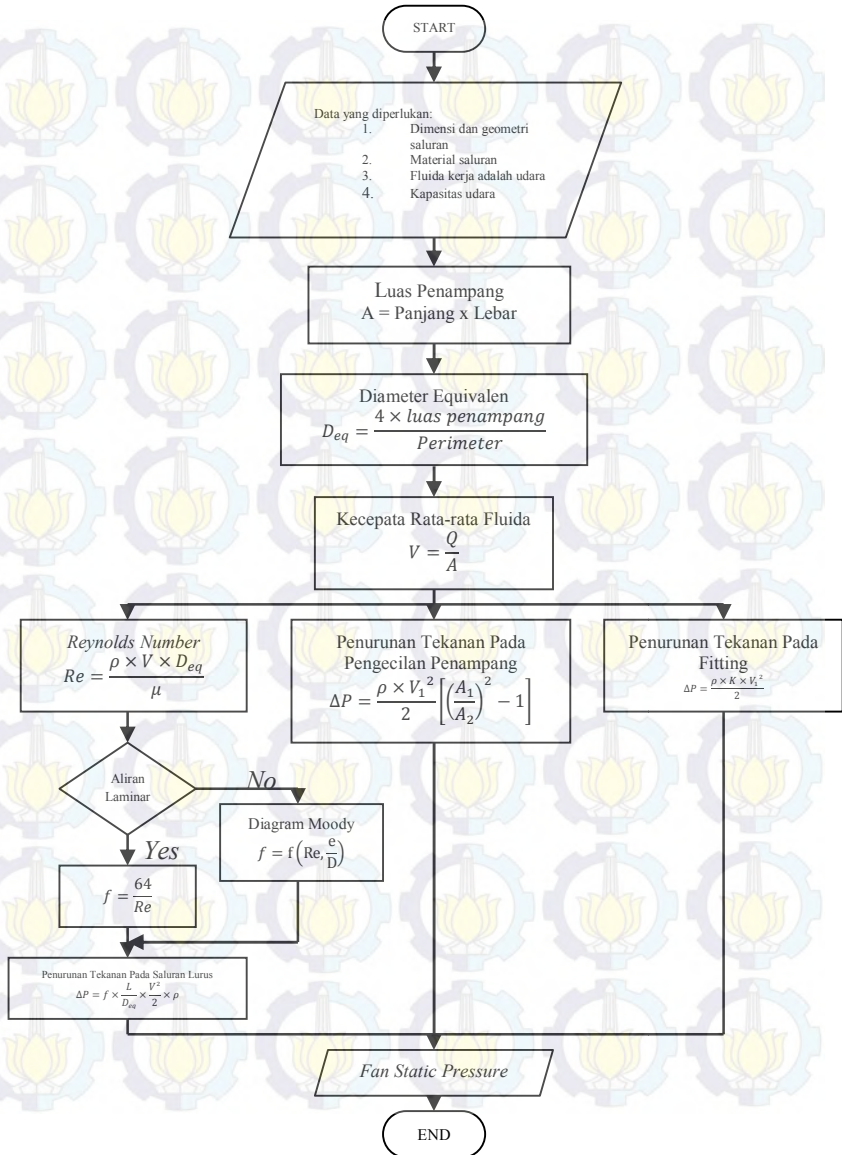


3.14 Diagram Alir Perhitungan Beban Pendinginan





3.15 Diagram Alir Perhitungan *Fan Static Pressure*





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB 4 PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

4.1 Perhitungan Beban Pendinginan

Dalam perencanaan sistem pengkondisian udara, perlu diketahui terlebih dahulu beban pendinginan pada objek yang diamati sebelum memilih unit pengkondisian udara yang tepat. Beban pendinginan tersebut berasal dari beberapa sumber. Sumber tersebut antara lain adalah kalor yang berasal dari radiasi matahari, kalor yang merambat secara konduksi melalui dinding, kaca, dan pintu, kalor yang dikeluarkan peralatan elektronik, lampu, dan manusia, serta udara luar yang masuk kedalam ruangan. Untuk dapat menghitung besarnya beban pendinginan yang berasal dari sumber-sumber tersebut, perlu diketahui terlebih dahulu letak bangunan, orientasi arah bangunan, dimensi, kondisi fisik bangunan, temperatur rancangan ruangan, temperatur serta kondisi luar ruangan.

Dalam perencanaan sistem pengkondisian ini, digunakan metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)*. Metode ini mengacu pada ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*). Pada perencanaan ini, kondisi yang digunakan sebagai dasar perencanaan adalah:

Tabel 4.1 Kondisi Rancangan

Uraian	Keterangan
Letak Geografis	7°48'57,6" LS dan 112°01'07,5"
Temperatur Luar	91,4°F
RH luar	76,4%
Temperatur Ruang Rancangan	75,2°F
RH Ruang Rancangan	50%
Bulan Perencanaan	November



Untuk dapat menerapkan kondisi rancangan tersebut pada tabel-tabel dan analisa ASHRAE, perlu dilakukan penyesuaian terlebih dahulu. Hal ini disebabkan tabel-tabel dan analisa pada ASHRAE mengacu pada wilayah lintang utara, sedangkan letak geografis objek penelitian berada pada lintang selatan. Penyesuaian dilakukan dengan menambah bulan perencanaan menjadi 6 bulan dari bulan perencanaan sebenarnya. Selain itu arah mata angin juga perlu disesuaikan. Hasil penyesuaian untuk objek penelitian ini adalah bulan perencanaan Mei dan arah mata angin sebagai berikut:

Tabel 4.2 Penyesuaian Arah Mata Angin

Lintang Utara	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Lintang Selatan	S	SE	E	NE	N	NW	W	SW

Setelah dilakukan penyesuaian bulan rancangan dan arah mata angin, beban pendinginan pada objek penelitian dapat dihitung dan dianalisa.

4.1.1 Perhitungan Beban Transmisi Melalui Kaca

Sisi utara dan timur gedung ini menggunakan kaca *single glass* sebagai penyusun bangunan. Pada bagian ini panas akan merambat secara konduksi dari luar menuju ke dalam ruangan, dan akan menjadi beban pendinginan ruangan yang disebut beban transmisi. Untuk menghitung besar beban transmisi melalui kaca, digunakan persamaan (2.3)

Berdasarkan persamaan tersebut, dibutuhkan nilai koefisien perpindahan panas (U), luas kaca, dan CLTDc. Nilai koefisien perpindahan panas untuk *single glass* dapat diperoleh dari tabel terlampir, yaitu sebesar 1,04 untuk kaca tanpa *shading*. Nilai CLTD untuk tiap jamnya dapat diperoleh dari tabel berikut:



Tabel 4.3 CLTD untuk kaca

solar time											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	-1	-2	-2	-2	-2	1	2	4	7	9
solar time											
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
12	13	14	14	13	12	10	8	6	4	3	2

Sedangkan CLTD_c dapat dihitung dari persamaan (2.6). Dari persamaan ini dibutuhkan nilai desain temperatur ruangan, yaitu sebesar 75,2° F, dan temperatur desain luar ruangan (T_o) dapat dihitung sebagai berikut:

$$T_o = \left\{ T_{o\max} - \left(\frac{T_{o\max} - T_{o\min}}{2} \right) \right\}$$

$$T_o = \left[\left(914 - \frac{914 - 716}{2} \right) \right] \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_o = 81.5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Dengan desain temperatur ruangan sebesar 75.2 °F dan desain temperatur luar ruangan sebesar 81,5°F maka nilai CLTD_c dapat diperoleh. Sebagai contoh perhitungan CLTD_c pada Solar Time 10 adalah sebagai berikut:

$$CLTD_C = \{ CLTD + (78 - t_R) + (t_o - 85) \}$$

$$CLTD_C = \{ 4 + (78 - 75.2) + (81.5 - 85) \} \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$CLTD_C = 3.3 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Dari data yang telah ditabelkan diatas maka beban transmisi melalui kaca luar dapat dihitung sebagai berikut :

Sebagai contoh, untuk tenan Buti dengan luasan kaca A = 944.808 ft² pada *Solar Time* 10.



$$Q = U \times A \times CLTDc$$

$$Q = 1.04 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} \times 944.808 \text{ ft}^2 \times 3.3 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q = 3242.581 \text{ Btu/hr}$$

Berikut ini merupakan tabel beban transmisi melalui kaca pada lantai II Mall “XYZ”

Tabel 4.4 Beban transmisi melalui kaca

AC	Tenan	Luas kaca ft2	U	Solar Time		
				1	2	3
MZ 04	Bella	245,4	1,04	76,5648	-178,651	-433,867
	35 Net	122,7	1,04	38,2824	-89,3256	-216,934
	Jade	245,4	1,04	76,5648	-178,651	-433,867
	Q Total			191,412	-446,628	-1084,67
MZ 05	Bloom	251,867	1,04	78,5825	-183,359	-445,301
MZ 06	Mutiara	219,575	1,04	68,5074	-159,851	-388,209
	Naughthy	374,567	1,04	116,8649	-272,685	-662,234
	Koridor	361,6443	1,04	112,833	-263,277	-639,387
	Q Total			298,2053	-695,812	-1689,83
MZ 07	Raviola	96,865	1,04	30,22188	-70,5177	-171,257
	Malibo	96,865	1,04	30,22188	-70,5177	-171,257
	Horli	122,7	1,04	38,2824	-89,3256	-216,934
	Azola	122,7	1,04	38,2824	-89,3256	-216,934
	Salwa	122,7	1,04	38,2824	-89,3256	-216,934
	Zona 35	122,7	1,04	38,2824	-89,3256	-216,934
	Q Total			213,5734	-498,338	-1210,25
MZ 08	Buti	944,808	1,04	294,7801	-687,82	-1670,42



Solar Time				
4	5	6	7	8
-689,083	-689,083	-689,083	-689,083	76,5648
-344,542	-344,542	-344,542	-344,542	38,2824
-689,083	-689,083	-689,083	-689,083	76,5648
-1722,71	-1722,71	-1722,71	-1722,71	191,412
-707,243	-707,243	-707,243	-707,243	78,5825
-616,567	-616,567	-616,567	-616,567	68,5074
-1051,78	-1051,78	-1051,78	-1051,78	116,8649
-1015,5	-1015,5	-1015,5	-1015,5	112,833
-2683,85	-2683,85	-2683,85	-2683,85	298,2053
-271,997	-271,997	-271,997	-271,997	30,22188
-271,997	-271,997	-271,997	-271,997	30,22188
-344,542	-344,542	-344,542	-344,542	38,2824
-344,542	-344,542	-344,542	-344,542	38,2824
-344,542	-344,542	-344,542	-344,542	38,2824
-344,542	-344,542	-344,542	-344,542	38,2824
-1922,16	-1922,16	-1922,16	-1922,16	213,5734
-2653,02	-2653,02	-2653,02	-2653,02	294,7801

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
1277,38	3242,581	6190,382	8155,583	11103,38	12085,98	13068,58	13068,58
296,8654	753,5814	1438,655	1895,371	2580,445	2808,803	3037,161	3037,161
506,4146	1285,514	2454,163	3233,262	4401,911	4791,461	5181,011	5181,011
488,9431	1241,163	2369,493	3121,714	4250,044	4626,154	5002,264	5002,264
1292,223	3280,259	6262,312	8250,347	11232,4	12226,42	13220,44	13220,44
340,5242	864,4075	1650,233	2174,116	2959,941	3221,883	3483,824	3483,824
331,7808	842,2128	1607,861	2118,293	2883,941	3139,157	3394,373	3394,373



Tugas Akhir Bidang Studi Konversi Energi

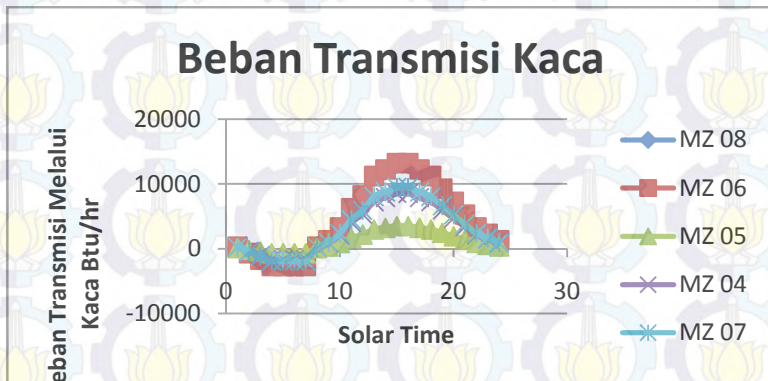
165,8904	421,1064	803,9304	1059,146	1441,97	1569,578	1697,186	1697,186
331,7808	842,2128	1607,861	2118,293	2883,941	3139,157	3394,373	3394,373
829,452	2105,532	4019,652	5295,732	7209,852	7847,892	8485,932	8485,932
130,9615	332,4407	634,6595	836,1387	1138,357	1239,097	1339,837	1339,837
130,9615	332,4407	634,6595	836,1387	1138,357	1239,097	1339,837	1339,837
165,8904	421,1064	803,9304	1059,146	1441,97	1569,578	1697,186	1697,186
165,8904	421,1064	803,9304	1059,146	1441,97	1569,578	1697,186	1697,186
165,8904	421,1064	803,9304	1059,146	1441,97	1569,578	1697,186	1697,186
165,8904	421,1064	803,9304	1059,146	1441,97	1569,578	1697,186	1697,186
925,4846	2349,307	4485,041	5908,863	8044,597	8756,508	9468,419	9468,419

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
12085,98	11103,38	9138,183	7172,982	5207,782	3242,581	2259,981	1277,38
2808,803	2580,445	2123,729	1667,013	1210,297	753,5814	525,2234	296,8654
4791,461	4401,911	3622,812	2843,713	2064,613	1285,514	895,9643	506,4146
4626,154	4250,044	3497,824	2745,604	1993,383	1241,163	865,0532	488,9431
12226,42	11232,4	9244,365	7256,33	5268,294	3280,259	2286,241	1292,223
3221,883	2959,941	2436,058	1912,174	1388,291	864,4075	602,4659	340,5242
3139,157	2883,941	2373,509	1863,077	1352,645	842,213	586,997	331,781
1569,578	1441,97	1186,754	931,538	676,322	421,106	293,498	165,890
3139,157	2883,941	2373,509	1863,077	1352,645	842,2128	586,997	331,781
7847,892	7209,852	5933,772	4657,692	3381,612	2105,532	1467,492	829,452
1239,097	1138,357	936,878	735,4	533,92	332,440	231,701	130,962
1239,097	1138,357	936,878	735,399	533,92	332,441	231,701	130,962
1569,578	1441,97	1186,754	931,538	676,322	421,106	293,498	165,890
1569,578	1441,97	1186,754	931,538	676,322	421,106	293,498	165,890
1569,578	1441,97	1186,754	931,538	676,322	421,106	293,498	165,890
1569,578	1441,97	1186,754	931,538	676,322	421,106	293,498	165,890



8756,508	8044,597	6620,774	5196,952	3773,129	2349,307	1637,396	925,485
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	---------

Berikut ini merupakan grafik beban transmisi melalui kaca untuk tiap unit pengkondisian udara pada lantai II mall “XYZ”:



Gambar 4.1 Beban transmisi melalui kaca

Berdasarkan Grafik tersebut, beban transmisi melalui kaca terbesar berada pada *solar time* 15 dan 16. Besar beban terbesar tersebut adalah 8485,932 Btu/hr untuk AC MZ 4, 3483,824 Btu/hr untuk AC MZ 5, 13220,44 Btu/hr untuk AC MZ 6, 9468,419 Btu/hr untuk AC MZ 7, dan 13068,58 Btu/hr untuk AC MZ 8. AC MZ 6 dan MZ 8 memiliki beban transmisi yang lebih tinggi dari unit lain disebabkan tenan yang ditangani oleh unit ini memiliki luasan kaca yang lebih besar dibandingkan tenan lain.

4.1.2 Perhitungan Beban Transmisi Melalui Dinding

Pada perhitungan ini, konstruksi dinding luar gedung terdiri dari *cement plester (1.2 in)* dan *common brick (8 in)*. Persamaan 2.3 digunakan untuk melakukan perhitungan beban transmisi melalui dinding luar. Dimana CLTDc merupakan *Cooling Load Temperature Different correction* pada dinding dan nilainya



ditentukan dari persamaan 2.4. Dari lampiran A, diketahui bahwa dinding luar termasuk dalam grup B dimana harga koefisien perpindahan panasnya (U) adalah 0.372 Btu/hr ft² °F. Dan dari lampiran ini, didapatkan harga CLTD untuk dinding utara sebagai berikut:

Tabel 4.5 Cooling Load Temperature Different (°F)

solar time											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11
solar time											
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21

Harga LM didapatkan dari lampiran A tabel pada lampiran, yang didasarkan pada letak geografis gedung mall. Sementara untuk nilai K ditentukan berdasarkan warna dinding, dimana pada mall ini dinding berwarna terang dengan nilai K = 0.65. Untuk *Outdoor Design Temperature* (To) dihitung sebagai berikut :

$$T_o = \left\{ T_{\text{omax}} - \left(\frac{T_{\text{omax}} - T_{\text{omin}}}{2} \right) \right\}$$

$$T_o = \left[\left(914 - \frac{914 - 716}{2} \right) \right] \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_o = 81.5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Dengan desain temperatur ruangan sebesar 75.2 °F dan desain temperatur luar ruangan sebesar 81.5 °F maka nilai CLTDc dapat diperoleh. Sebagai contoh perhitungan CLTDc pada Solar Time 10 adalah sebagai berikut:

$$CLTD_C = \{ (CLTD + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85) \}$$

$$CLTD_C = [((11-7) \times 0.65) + (78-75.2) + (81.5-85)] \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$CLTD_C = 1 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Tabel 4.6 CLTDc untuk dinding (°F)



Solar Time											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7,5	6,85	6,2	5,55	4,9	3,6	2,95	2,3	1,65	1	1	1
Solar Time											
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1,65	2,95	3,6	4,9	6,2	6,85	7,5	8,15	8,15	8,15	7,5

Dari data yang telah ditabelkan diatas maka beban transmisi pada dinding luar dapat dihitung sebagai berikut :

Sebagai contoh, untuk tenan Buti dengan orientasi dinding luarnya adalah utara dengan luasan $A = 36.815 \text{ ft}^2$ pada Solar Time 10.

$$Q = U \times A \times CLTDC$$

$$Q = 0.372 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \times 36.815 \text{ ft}^2 \times 1 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q = 13.696 \text{ Btu/hr}$$

Berikut ini merupakan tabel beban transmisi melalui dinding pada lantai II Mall “XYZ”:

Tabel 4.7 Beban transmisi melalui dinding pada lantai II mall “XYZ”

AC	Tenan	Luas Dinding ft2	U	Solar Time		
				1	2	3
MZ 04	Samsat	116,243	0,372	324,318	296,2104	268,1029
MZ 08	Buti	36,815	0,372	102,7139	93,81198	84,91012
MZ 11	Koridor	465,989174	0,372	2201,519	2088,843	1976,167
MZ 12	Koridor	128,14284	0,372	605,398	574,4131	543,4282

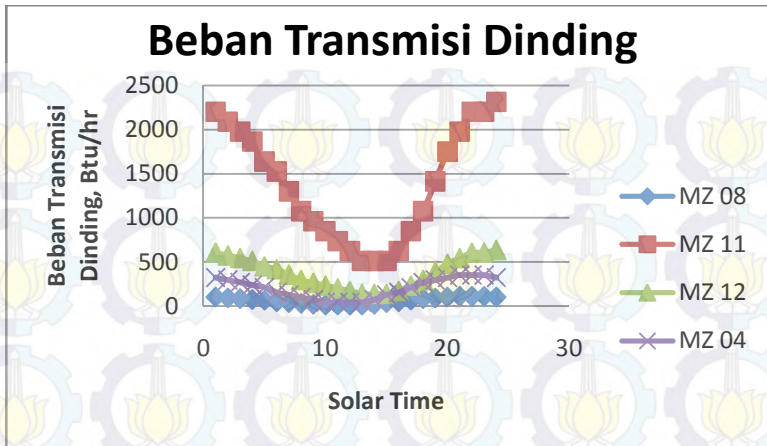


Solar Time				
4	5	6	7	8
239,9953	211,8877	155,6726	127,5651	99,45751
76,00825	67,10638	49,30265	40,40078	31,49891
1863,491	1638,138	1525,462	1300,11	1074,757
512,4432	450,4733	419,4884	357,5185	295,5486

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
71,350	43,242	43,242	43,242	43,242	71,35	127,5651	155,673
22,597	13,695	13,695	13,695	13,695	22,597	40,401	49,303
962,081	849,405	736,729	624,053	511,376	511,377	511,377	624,053
264,564	233,579	202,594	171,609	140,624	140,624	140,624	171,609

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
211,888	268,103	296,210	324,318	352,426	352,426	352,426	324,318
67,1064	84,9101	93,812	102,714	111,616	111,616	111,616	102,714
849,405	1074,757	1412,786	1750,815	1976,167	2201,519	2201,519	2314,195
233,579	295,548	388,504	481,458	543,428	605,398	605,398	636,383

Berikut ini merupakan grafik beban transmisi dinding pada lantai II mall “XYZ”:



Gambar 4.2 Beban tranmisi melalui dinding

Berdasarkan Grafik tersebut, beban transmisi melalui dinding terbesar berada pada *solar time* 21,22 dan 23 untuk unit MZ-04 dan MZ-08, pada *solar time* 24 untuk unit MZ-11 dan MZ-12. Besar beban terbesar tersebut adalah 352,426 Btu/hr untuk AC MZ-04, 111,616 Btu/hr untuk AC MZ 8, 2314,195 Btu/hr untuk AC MZ 11, dan 636,383 Btu/hr untuk AC MZ 12. AC MZ 11 memiliki beban transmisi yang lebih tinggi dari unit lain disebabkan zona yang ditangani oleh unit ini memiliki dinding yang bersinggungan langsung dengan lingkungan luar luasannya lebih besar dibandingkan tenan lain, sehingga lebih banyak panas yang merambat melalui dinding ke dalam ruangan.

4.1.3 Perhitungan Beban Radiasi Melalui Kaca

Beban pendinginan radiasi melalui kaca dapat dihitung dengan persamaan 2.7 Untuk menentukan nilai *Solar Heat Gain Factor* (SHGF) pada persamaan tersebut, dapat diperoleh dari tabel terlampir. Dalam pemilihan nilai SHGF didasarkan pada letak geografis mall yaitu pada (7° LS) dan perencanaan pada bulan November. Setelah dilakukan penyesuaian arah mata angin



dan bulan perencanaan, didapatkan nilai SHGF maksimum pada bulan Mei sebagai berikut:

Tabel 4.8 *Solar Heat Gain Factor* (SHGF) bulan Mei

S	E	N	W	SE	NE	SW	NW
74	209	38	209	198	97	198	97

Kaca yang digunakan dalam gedung mall ini adalah kaca *Single Clear Glass*. Kaca jenis ini memiliki nilai *Shading Coefficient* (SC) sebesar 0.94. Selanjutnya, nilai *Cooling Load Factor* (CLF) didapatkan dari tabel terlampir, dengan konstruksi gedung medium construction dan orientasi kaca menghadap timur, utara dan timur laut. Nilai CLF dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.9 *Cooling Load Factor* (CLF)

Dir	Solar Time											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,18	0,33	0,44	0,5	0,51	0,46	0,39
NE	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,14	0,26	0,38	0,48	0,54	0,56	0,51
N	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,08	0,11	0,14	0,21	0,31	0,42	0,52

Dir	Solar Time											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
E	0,35	0,31	0,29	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,1	0,08
NE	0,45	0,4	0,36	0,33	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,1
N	0,57	0,58	0,53	0,47	0,41	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14

Dari data yang telah diperoleh, maka beban radiasi melalui kaca dapat dihitung sebagai berikut:



Sebagai contoh, tenan Buti dengan orientasi kaca menghadap timur memiliki luas kaca 839.542 ft² pada solar time 10.

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF$$

$$Q = 209 \text{ Btu/hr.ft}^2 \times 839.542 \text{ ft}^2 \times 0.94 \times 0.51$$

$$Q = 84117.57 \text{ Btu/hr}$$

Berikut ini merupakan beban radiasi melalui kaca pada lantai II Mall "XYZ" :

Tabel 4.10 Beban radiasi melalui kaca

AC	Tenan	Arah	Luas Kaca ft ²	SC	Solar Time					
					1	2	3	4	5	6
MZ 04	Bella	N	245,4	0,94	1051,883	964,2257	788,9119	701,255	613,5982	701,255
	35 Net	N	122,7	0,94	525,9413	482,1128	394,456	350,6275	306,7991	350,6275
	Jade	N	245,4	0,94	1051,883	964,2257	788,9119	701,255	613,5982	701,255
	Q total					2629,706	2410,564	1972,28	1753,138	1533,995
MZ 05	Bloom	N	251,867	0,94	1079,603	989,6358	809,702	719,7351	629,7682	719,7351
MZ 06	Mutiara	N	219,575	0,94	941,1863	862,7541	705,8897	627,4575	549,0253	627,4575
	Naughty	N	374,567	0,94	1605,544	1471,749	1204,158	1070,363	936,5673	1070,363
	koridor	NE	361,6443	0,94	1162,614	1033,435	904,2554	775,0761	645,8967	1808,511
	Q total					3709,344	3367,937	2814,303	2472,896	2131,489
MZ 07	Raviola	N	96,865	0,94	415,2021	380,602	311,4016	276,8014	242,2012	276,8014
	Malibo	N	96,865	0,94	415,2021	380,602	311,4016	276,8014	242,2012	276,8014
	Horli	N	122,7	0,94	525,9413	482,1128	394,456	350,6275	306,7991	350,6275
	Azola	N	122,7	0,94	525,9413	482,1128	394,456	350,6275	306,7991	350,6275
	Salwa	N	122,7	0,94	525,9413	482,1128	394,456	350,6275	306,7991	350,6275
	Zona 35	N	122,7	0,94	525,9413	482,1128	394,456	350,6275	306,7991	350,6275
Q total					2934,169	2689,655	2200,627	1956,113	1711,599	1956,113



MZ 08	Buti	E	839,542	0,94	11545,55	9896,185	9896,185	8246,821	8246,821	29688,56
		N	92,354	0,94	395,8662	362,8773	296,8996	263,9108	230,9219	263,9108
		NE	12,912	0,94	105,9585	94,18529	82,41213	70,63897	58,86581	164,8243
	Q total				12047,37	10353,25	10275,5	8581,371	8536,609	30117,29

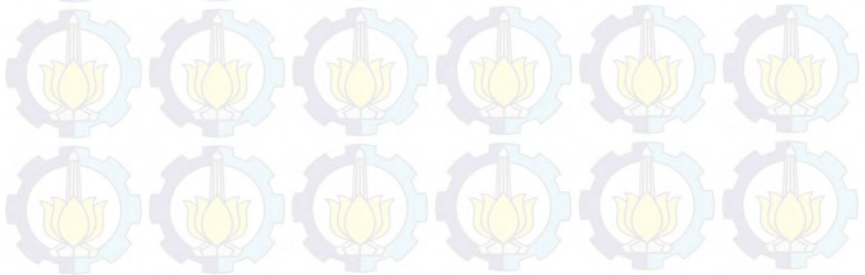
Solar Time								
7	8	9	10	11	12	13	14	15
964,2257	1227,196	1840,794	2717,363	3681,589	4558,158	4996,442	5084,099	4645,815
482,1128	613,5982	920,3972	1358,682	1840,794	2279,079	2498,221	2542,05	2322,907
964,2257	1227,196	1840,794	2717,363	3681,589	4558,158	4996,442	5084,099	4645,815
2410,564	3067,991	4601,986	6793,408	9203,972	11395,39	12491,11	12710,25	11614,54
989,6358	1259,536	1889,305	2788,974	3778,609	4678,278	5128,113	5218,08	4768,245
862,7541	1098,051	1647,076	2431,398	3294,152	4078,474	4470,635	4549,067	4156,906
1471,749	1873,135	2809,702	4147,655	5619,404	6957,357	7626,334	7760,129	7091,153
3358,663	4908,815	6200,609	6975,685	7234,043	6588,147	5813,07	5167,174	4650,456
5693,166	7880	10657,39	13554,74	16147,6	17623,98	17910,04	17476,37	15898,52
380,602	484,4025	726,6037	1072,606	1453,207	1799,209	1972,21	2006,81	1833,809
380,602	484,4025	726,6037	1072,606	1453,207	1799,209	1972,21	2006,81	1833,809
482,1128	613,5982	920,3972	1358,682	1840,794	2279,079	2498,221	2542,05	2322,907
482,1128	613,5982	920,3972	1358,682	1840,794	2279,079	2498,221	2542,05	2322,907
482,1128	613,5982	920,3972	1358,682	1840,794	2279,079	2498,221	2542,05	2322,907
482,1128	613,5982	920,3972	1358,682	1840,794	2279,079	2498,221	2542,05	2322,907
2689,655	3423,198	5134,796	7579,938	10269,59	12714,73	13937,3	14181,82	12959,25
54429,02	72572,03	82468,21	84117,57	75870,75	64325,2	57727,75	51130,29	47831,56
362,8773	461,8439	692,7658	1022,654	1385,532	1715,42	1880,364	1913,353	1748,409
306,1022	447,3801	565,1118	635,7507	659,297	600,4312	529,7923	470,9265	423,8338
55098	73481,25	83726,09	85775,98	77915,58	66641,06	60137,9	53514,57	50003,8

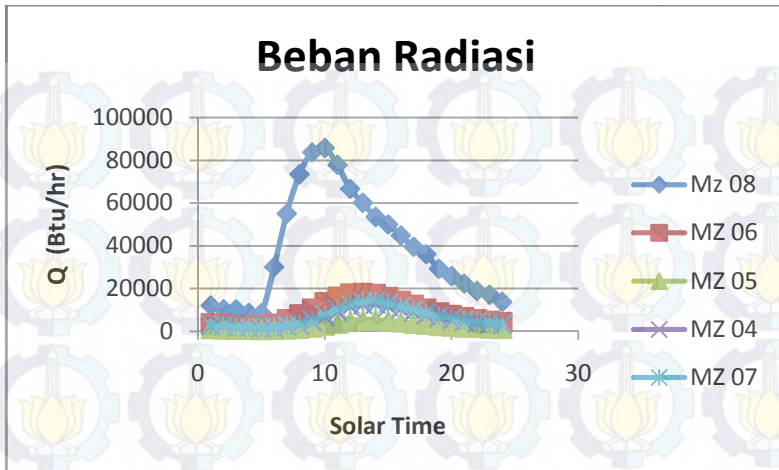
Solar Time



Tugas Akhir Bidang Studi Konversi Energi

16	17	18	19	20	21	22	23	24
4119,873	3593,932	3067,991	2542,05	2191,422	1840,794	1577,824	1402,51	1227,196
2059,937	1796,966	1533,995	1271,025	1095,711	920,3972	788,9119	701,255	613,5982
4119,873	3593,932	3067,991	2542,05	2191,422	1840,794	1577,824	1402,51	1227,196
10299,68	8984,83	7669,977	6355,124	5478,555	4601,986	3944,56	3506,275	3067,991
4228,444	3688,643	3148,841	2609,04	2249,172	1889,305	1619,404	1439,47	1259,536
3686,313	3215,72	2745,127	2274,534	1960,805	1647,076	1411,779	1254,915	1098,051
6288,381	5485,609	4682,837	3880,065	3344,883	2809,702	2408,316	2140,725	1873,135
4262,918	3746,201	3229,484	2712,766	2325,228	2066,87	1808,511	1550,152	1291,793
14237,61	12447,53	10657,45	8867,364	7630,916	6523,647	5628,606	4945,792	4262,979
1626,208	1418,607	1211,006	1003,405	865,0045	726,6037	622,8032	553,6028	484,4025
1626,208	1418,607	1211,006	1003,405	865,0045	726,6037	622,8032	553,6028	484,4025
2059,937	1796,966	1533,995	1271,025	1095,711	920,3972	788,9119	701,255	613,5982
2059,937	1796,966	1533,995	1271,025	1095,711	920,3972	788,9119	701,255	613,5982
2059,937	1796,966	1533,995	1271,025	1095,711	920,3972	788,9119	701,255	613,5982
2059,937	1796,966	1533,995	1271,025	1095,711	920,3972	788,9119	701,255	613,5982
11492,16	10025,08	8557,994	7090,909	6112,853	5134,796	4401,254	3912,226	3423,198
42883,47	37935,38	34636,65	28039,19	24740,46	21441,73	18143,01	16493,64	13194,91
1550,476	1352,543	1154,61	956,6766	824,7212	692,7658	593,7993	527,8216	461,8439
388,5143	341,4217	294,329	247,2364	211,9169	188,3706	164,8243	141,2779	117,7316
44822,46	39629,34	36085,59	29243,1	25777,1	22322,87	18901,63	17162,74	13774,49





Gambar 4.3 Beban pendinginan akibat radiasi

Berdasarkan Grafik tersebut, beban radiasi melalui kaca terbesar berada pada *solar time* 10 untuk AC MZ-08, *solar time* 13 untuk AC MZ-06, *solar time* 14 untuk AC MZ-05, *solar time* 14 untuk AC MZ-04, dan *solar time* 14 untuk AC MZ-07. Besar beban terbesar tersebut adalah 12710,25 Btu/hr untuk AC MZ 4, 5218,08 Btu/hr untuk AC MZ 5, 17910,04 Btu/hr untuk AC MZ 6, 14181,82 Btu/hr untuk AC MZ 7, dan 85775,98 Btu/hr untuk AC MZ 8. AC MZ 8 memiliki beban transmisi yang lebih tinggi dari unit lain disebabkan tenan yang ditangani oleh unit ini memiliki luasan kaca yang lebih besar dibandingkan tenan lain. Pada unit ini, beban terbesar terjadi pada *solar time* 10 disebabkan oleh posisi tenan yang ditangani berada di bagian timur, sehingga intensitas cahaya matahari yang masuk lebih banyak terjadi pada pagi hari. Sedangkan untuk unit lain, tenan yang ditangani berada pada sisi utara dan posisi kaca juga menghadap utara, sehingga intensitas cahaya matahari yang masuk ke ruangan tidak sebanyak pada sisi timur maupun barat.



4.1.4 Perhitungan Beban Penerangan

Ketika lampu menyala, energi listrik diubah menjadi cahaya dan panas. Karena adanya energi panas ini akan menambah beban pendinginan pada ruangan. *Heat gain* yang dikeluarkan lampu dapat dihitung dengan persamaan 2.11 Dalam persamaan tersebut, W adalah daya yang dibutuhkan oleh lampu. Sedangkan F_s adalah *Ballast Factor* yang menyatakan besarnya *heat losses* pada trafo lampu *fluorescent*. Untuk lampu *fluorescent*, nilai F_s adalah 1,2. Dan *Cooling Load Factor (CLF)*, bernilai 1. Sebagai contoh perhitungan pada tenan Buti, adalah sebagai berikut:

$$Q = W \times F_u \times F_s \times CLF$$
$$Q = 3,41 \times 5088 \text{ Watt} \times 1 \times 1,2 \times 1$$
$$Q = 20820,1 \text{ Btu/hr}$$

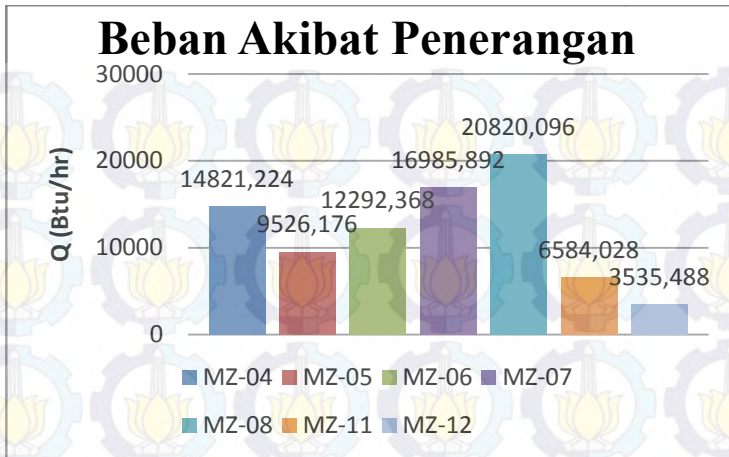
Berikut ini merupakan rincian perhitungan beban pendinginan pada lampu di Lantai II mall “XYZ”:

Tabel 4.11 Beban pendinginan akibat kalor dari lampu

AC	Tenan	Daya Total (W)	F_u	F_s	CLF	Q (Btu/hr)	Total Q (Btu/hr)
MZ-4	Bella	1160	1	1,2	1	4746,72	14821,22
	35 net	256	1	1,2	1	1047,552	
	Jade	1514	1	1,2	1	6195,288	
	Samsat	102	1	1,2	1	417,384	
	Koridor	590	1	1,2	1	2414,28	
MZ-5	Bloom	612	1	1,2	1	2504,304	9526,176
	Izon	1284	1	1,2	1	5254,128	
	Koridor	432	1	1,2	1	1767,744	
MZ-6	Naughty	930	1	1,2	1	3805,56	12292,37
	Mutiara	218	1	1,2	1	892,056	
	Koridor	1856	1	1,2	1	7594,752	



MZ-07	Azola	88	1	1,2	1	360,096	16985,89
	Zona 35	84	1	1,2	1	343,728	
	Horly	110	1	1,2	1	450,12	
	Raviola	184	1	1,2	1	752,928	
	Malibo	300	1	1,2	1	1227,6	
	Salwa	332	1	1,2	1	1358,544	
	Paris	258	1	1,2	1	1055,736	
	Love	155	1	1,2	1	634,26	
	Liana	140	1	1,2	1	572,88	
	Elvis	236	1	1,2	1	965,712	
	Erafone	216	1	1,2	1	883,872	
	Faza	234	1	1,2	1	957,528	
	Koridor	1814	1	1,2	1	7422,888	
MZ-8	Buti	5088	1	1,2	1	20820,1	20820,1
MZ 11	Koridor	1548	1	1,2	1	6334,416	6584,028
	Linna	61	1	1,2	1	249,612	
MZ 12	Koridor	864	1	1,2	1	3535,488	3535,488



Gambar 4.4 Beban pendinginan akibat penerangan

Berdasarkan Grafik tersebut, beban penerangan terbesar berada pada unit MZ-08, dengan nilai sebesar 20820,096 Btu/hr. Hal ini disebabkan oleh jumlah lampu yang terpasang pada tenan yang ditangani unit ini lebih banyak dari tenan yang lain, serta besarnya daya total yang dipakai untuk penerangan juga lebih besar dari zona lainnya.

4.1.5 Perhitungan Beban Partisi

Ketika ruangan yang dikondisikan bersebelahan dengan ruangan yang tidak dikondisikan akan terdapat perbedaan temperatur diantara kedua ruangan tersebut. Perbedaan temperatur ini akan mengakibatkan adanya perpindahan panas dari ruangan yang bertemperatur lebih tinggi melalui dinding pembatas kedua ruangan. Beban inilah yang disebut beban partisi. Beban partisi dapat dihitung dengan persamaan 2.10

Berdasarkan persamaan tersebut, untuk mendapatkan nilai beban partisi diperlukan nilai perbedaan temperatur antara kedua ruangan, luas dinding antara kedua ruangan, dan nilai



koefisien perpindahan panas dinding tersebut. Berdasarkan buku *Air Conditioning Principles and System* oleh Edward G. Pita, perbedaan temperatur udara ruangan yang tidak dikondisikan dengan temperatur udara luar adalah 5°C, sehingga temperatur ruang yang tidak dikondisikan adalah 91.4°F – 5°F=86.4°F. Sebagai contoh perhitungan, tenan Bloom yang bersebelahan dengan ruangan yang tidak dikondisikan. Dengan luas dinding 180.827 ft² dan nilai koefisien perpindahan panas 0.417 Btu/hr.ft².

$$Q = U \times A \times TD$$

$$Q = 0,417 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{°F} \times 180,827 \text{ ft}^2 \times (86,4 - 75,2) \text{°F}$$

$$Q = 844,534 \text{ Btu/hr}$$

Berikut ini merupakan tabel nilai beban partisi pada lantai II mall “XYZ”:

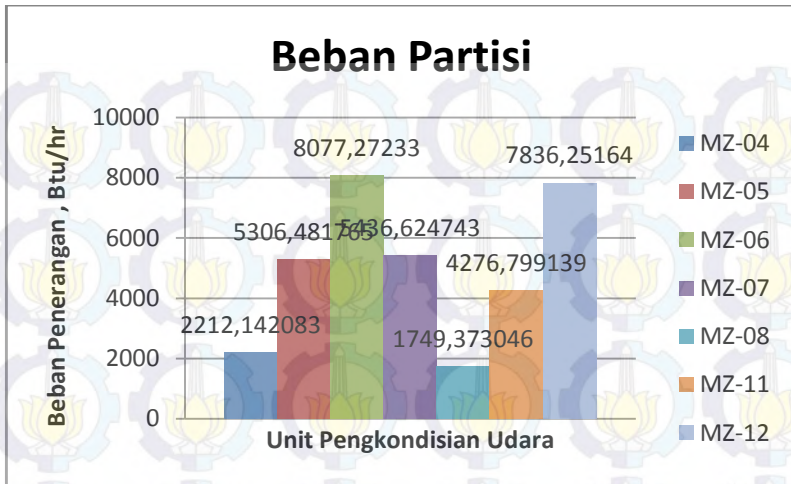
Tabel 4.12 Beban partisi pada lantai II mall “XYZ”

AC	Tenan	Arah	Luas Dinding/ Pintu ft2	U	TD ° F	Q Btu/hr	Q total Btu/hr
MZ-4	35 net	E	142,079	0,417	11,2	663,5658	2212,14208
	Bella	W	142,079	0,417	11,2	663,5658	
	Koridor	S	122,7	0,644	11,2	885,0106	
MZ-5	Izone	W	129,156	0,3125	11,2	452,046	5306,48177
		S	251,867	0,3125	11,2	881,5345	
	Pintu Tengah	S	80,71817848	1,04	11,2	940,2053	
	Koridor		154,992	0,3125	12,2	590,907	
	Bloom	W	180,827	0,417	11,2	844,5344	
	Inovation Store	S	122,7	0,644	11,2	885,0106	
	Elevator		107,638	0,408	16,2	712,2439	
MZ 06	Koridor		796,23	0,3125	11,2	2786,805	8077,27233



Tugas Akhir Bidang Studi Konversi Energi

	Koridor		1207,91	0,314	11,2	4247,978	
	pintu karyawan timur		53,798	1,04	11,2	626,6391	
	pintu karyawan selatan		26,90543075	0,46	11,2	138,6168	
	Pintu gudang 1		26,90543075	0,46	11,2	138,6168	
	Pintu Gudang 2		26,90543075	0,46	11,2	138,6168	
MZ 7	Paris	S	219,575	0,3125	11,2	768,5125	5436,62474
	Love	S	122,7	0,3125	11,2	429,45	
	Liana Collection	S	122,7	0,3125	11,2	429,45	
		W	129,154	0,417	11,2	603,2008	
	Elvis	S	122,7	0,3125	11,2	429,45	
		E	129,154	0,417	11,2	603,2008	
	Erafone	S	245,4	0,3125	11,2	858,9	
	Faza	S	122,7	0,3125	11,2	429,45	
	Print	N	122,7	0,644	11,2	885,0106	
MZ 8	Buti	S	374,566	0,417	11,2	1749,373	1749,37305
MZ 11	linna	S	122,7	0,3125	11,2	429,45	4276,79914
		W	129,156	0,417	11,2	603,2102	
	Koridor		407,872	0,3125	11,2	1427,552	
	Okeshop-koridor	N	122,7	0,644	11,2	885,0106	
		W	129,156	0,644	11,2	931,5764	
MZ12	Pintu Barat		53,798	1,04	11,2	626,6391	7836,25164
	Koridor		1051,63	0,3125	11,2	3680,705	
	koridor		755,59	0,417	11,2	3528,908	



Gambar 4.5 Beban pendinginan akibat partisi

Berdasarkan grafik tersebut, beban partisi terbesar adalah pada unit pengkondisian udara MZ-06. Besar beban partisi pada unit ini adalah 8077,27233 Btu/hr. Besarnya beban partisi dipengaruhi oleh perbedaan temperatur diantara dua bagian yang terpisah dinding, luasan dinding pemisah, dan jenis dinding. Pada lantai II mall “XYZ”, beban partisi terjadi melalui dua jenis dinding yang berbeda. Namun, yang sangat mempengaruhi besarnya beban transmisi pada lantai ini adalah luasan dinding pemisah. Unit MZ-06 menangani wilayah yang memiliki luasan dinding partisi lebih besar dibandingkan dengan wilayah yang ditangani unit lain.

4.1.6 Perhitungan Beban Infiltrasi

Beban infiltrasi terjadi ketika udara yang tidak dikondisikan masuk kedalam ruangan yang dikondisikan. Udara tersebut memasuki ruangan yang dikondisikan melalui celah pada jendela maupun pintu. Karena udara infiltrasi ini berasal dari udara yang memiliki temperatur dan kelembaban lebih tinggi,



maka udara infiltrasi ini akan menambahkan beban pendinginan sensibel dan laten pada ruangan. Pada Mall yang diteliti, infiltrasi terjadi pada pintu masuk barat, tengah dan empat pintu bagian timur.

Beban pendinginan yang disebabkan infiltrasi dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.8 dan 2.9. Nilai *humidity ratio* (W) didapatkan dari *psychrometric chart* dengan titik acuan kondisi rancangan ruang (75,2°F TDB dan 50% RH) dan kondisi ruang yang tidak dikondisikan (86,4°F TDB dan 76,45%). Dari titik tersebut didapatkan nilai W_o sebesar 0,021 lb/lb d.a dan W_i sebesar 0,0093 lb/lb d.a

Jumlah udara infiltrasi yang memasuki ruangan melalui pintu *commercial type swinging door* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$sCFM = P \times \left(\frac{Q}{P}\right)$$

Dimana, P adalah perimeter pintu, dan $\frac{Q}{P}$ didapatkan dari gambar 2 lampiran A

Berdasarkan referensi dari buku *Air Conditioning Principles and Systems* oleh Edward G. Pita, perbedaan temperatur udara ruangan yang tidak dikondisikan dengan temperatur udara luar adalah sebesar 5°F. Berdasarkan referensi tersebut, T_o yang dipakai adalah 86,4°F, sehingga, perbedaan temperatur ruangan yang dikondisikan dengan yang tidak dikondisikan adalah:

$$TD = 86,4^\circ\text{F} - 75,2^\circ\text{F}$$

$$TD = 11,2^\circ\text{F}$$

Sebagai contoh perhitungan, pintu masuk tengah merupakan pintu *commercial type swinging door*. Dengan jarak



pintu dari normal pressure level sebesar 9,841 ft dan perbedaan temperatur 11,2 °F, dari gambar 1 lampiran A didapatkan $\Delta P/Cd$ sebesar 0,01. Dengan Cd sebesar 0,8 didapatkan ΔP sebesar 0,008, dengan ΔP sebesar 0,008 didapatkan $\frac{Q}{P}$ sebesar 4 CFM/ft. Dari nilai tersebut dan perimeter pintu sebesar 36,089 ft sehingga:

$$\begin{aligned} sCFM &= 36,089 \text{ ft} \times 4 \text{ CFM/ft} \\ &= 144,357 \text{ CFM} \end{aligned}$$

Beban sensibel :

$$Q_s = 1,1 \times 144,357 \text{ CFM} \times 11,2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q_s = 1778,47 \text{ Btu/hr}$$

Beban laten :

$$Q_l = 4840 \times 144,357 \text{ CFM} \times (0,021 - 0,0093) \text{ lb/lb-d.a}$$

$$Q_l = 7475,94 \text{ Btu/hr}$$

Beban pendinginan akibat infiltrasi selanjutnya ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.13 Beban infiltrasi pada lantai II mall “XYZ”

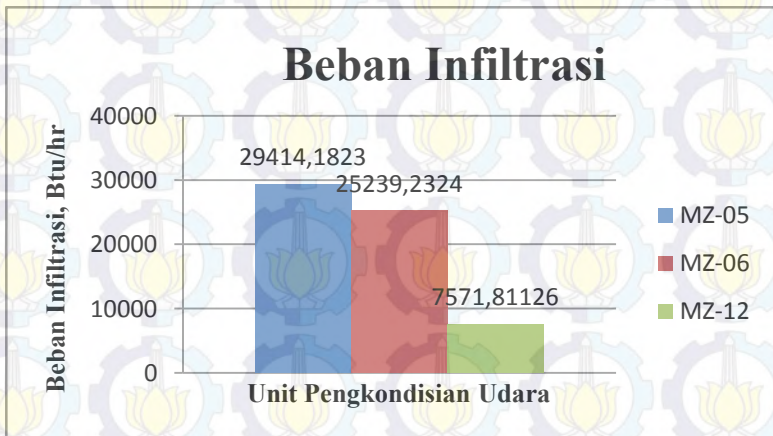
AC	Pintu	T room °F	W room lb/lb d.a	T outside °F	W outside lb/lb d.a	ΔW lb/lb d.a	ΔT °F
MZ-5	Tengah	75,2	0,0093	86,4	0,021	0,0117	11,2
	Elevator	75,2	0,0093	91,4	0,022	0,0127	16,2
	Elevator	75,2	0,0093	91,4	0,022	0,0127	16,2
MZ-06	Karyawan Timur	75,2	0,0093	86,4	0,021	0,0117	11,2
	Karyawan Selatan	75,2	0,0093	86,4	0,021	0,0117	11,2



	Gudang 1	75,2	0,0093	86,4	0,021	0,0117	11,2
	Gudang 2	75,2	0,0093	86,4	0,021	0,0117	11,2
MZ-12	Barat	75,2	0,0093	86,4	0,021	0,0117	11,2

Q CFM	q l Btu/hr	Total ql Btu/hr	Qs Btu/hr	Total qs Btu/hr	Total q Btu/hr
144,357	8174,628	23803,481	1778,474	6309,387	30112,868
127,130	7814,427		2265,457		
127,130	7814,427		2265,457		
144,357	6688,347	22294,367	1455,118	4850,367	27144,734
91,863	5202,007		1131,750		
91,863	5202,007		1131,750		
91,863	5202,007		1131,750		
118,110	6688,347	6688,347	1455,118	1455,118	8143,465

Berikut ini merupakan grafik beban total infiltrasi pada lantai II mall “XYZ”:



Gambar 4.6 Beban pendinginan akibat infiltrasi



Berdasarkan grafik tersebut, beban infiltrasi ditangani oleh unit pengkondisian udara MZ-05, MZ-06, dan MZ-12. Hal ini terjadi dikarenakan posisi pintu yang menyebabkan adanya infiltrasi udara luar masuk ke dalam ruangan berada pada wilayah yang ditangani unit pengkondisian ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa beban infiltrasi terbesar ada pada unit MZ-5, dimana unit ini menangani wilayah yang terdapat pintu masuk utama pada lantai II dan juga terdapat *elevator* pada wilayah ini. Seperti yang tercantum dalam *ASHRAE fundamental*, *elevator* dan pintu merupakan salah satu penyumbang terbesar beban infiltrasi. Unit MZ-06 dan MZ-12 juga menangani wilayah yang terdapat pintu, namun jumlah pintu pada unit MZ-06 lebih banyak dibandingkan dengan unit MZ-12, sehingga beban infiltrasi pada unit MZ-6 juga lebih besar dibandingkan unit MZ-12.

4.1.7 Perhitungan Beban Penghuni

Beban penghuni adalah beban pendinginan yang diakibatkan oleh adanya *heat gain* yang dikeluarkan oleh tubuh manusia. Besarnya *heat gain* yang dihasilkan oleh tubuh manusia dapat dihitung dengan persamaan 2.12 dan 2.13. Dari persamaan tersebut, q_s dan q_L adalah *heat gain* yang dihasilkan oleh setiap manusia. Dari lampiran A tabel untuk aktifitas *standing, light work or walking slowly*, didapatkan nilai $q_s = 315$ Btu/hr dan $q_L = 325$ Btu/hr. Sedangkan harga CLF bernilai 1. Sebagai contoh perhitungan, beban pendinginan pada *tenant* Buti dengan jumlah maksimum pengunjung perjamnya adalah 26 orang. Sehingga beban pendinginan akibat penghuni dapat dihitung sebagai berikut:

Untuk beban panas sensibel.

$$Q_s = 315 \text{ Btu/hr} \times 26 \times 1$$

$$Q_s = 8190 \text{ Btu/hr}$$

Untuk beban panas laten.

$$Q_L = 325 \text{ Btu/hr} \times 26 \text{ orang} \times 1$$

$$Q_L = 8450 \text{ Btu/hr}$$



Beban pendinginan akibat penghuni selanjutnya ditabelkan sebagai berikut:

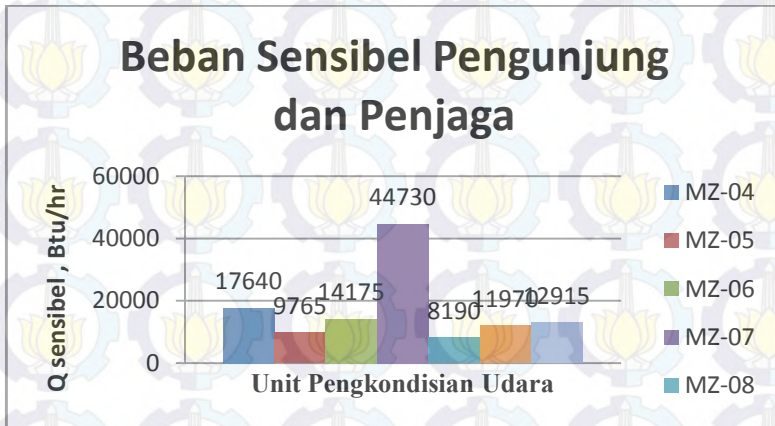
Tabel 4.14 Beban pendinginan akibat penghuni

AC	Tenan	Jumlah Penjaga dan Pengunjung	Qs Btu/hr	Ql Btu/hr	CLF	Qs Btu/hr	Ql Btu/hr	Qs total Btu/hr	Ql total Btu/hr
MZ-4	Bella	9	315	325	1	2835	2925	17640	18200
	35net	7	315	325	1	2205	2275		
	Jade	11	315	325	1	3465	3575		
	Samsat	11	315	325	1	3465	3575		
	Koridor	18	315	325	1	5670	5850		
MZ-5	Bloom	10	315	325	1	3150	3250	9765	10075
	Izone	10	315	325	1	3150	3250		
	Koridor	11	315	325	1	3465	3575		
MZ-6	Mutiara	3	315	325	1	945	975	14175	14625
	Naughty	17	315	325	1	5355	5525		
	Koridor	25	315	325	1	7875	8125		
MZ-7	Raviola	5	315	325	1	1575	1625	44730	46150
	Malibo	6	315	325	1	1890	1950		
	Horli	5	315	325	1	1575	1625		
	Azola	8	315	325	1	2520	2600		
	Zona 35	7	315	325	1	2205	2275		
	Salwa	7	315	325	1	2205	2275		
	Paris	8	315	325	1	2520	2600		
	Love	8	315	325	1	2520	2600		
	Liana	8	315	325	1	2520	2600		
	Elvis	9	315	325	1	2835	2925		
Eravone	10	315	325	1	3150	3250			

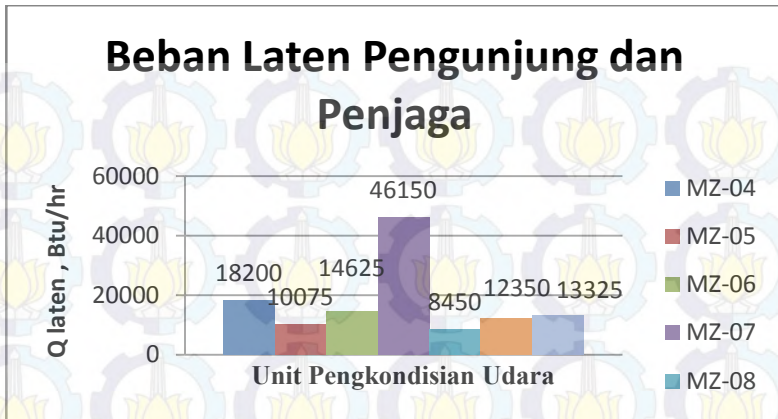


	Faza	7	315	325	1	2205	2275		
	Koridor	54	315	325	1	17010	17550		
MZ-8	Buti	26	315	325	1	8190	8450	8190	8450
MZ-11	linna	7	315	325	1	2205	2275	11970	12350
	Koridor	31	315	325	1	9765	10075		
MZ-12	Koridor	41	315	325	1	12915	13325	12915	13325

Berikut ini merupakan grafik beban sensibel dari pengunjung dan penjaga pada lantai II mall “XYZ”



Gambar 4.7 Beban sensibel penghuni



Gambar 4.8 Beban laten penghuni

Berdasarkan Grafik tersebut, beban penghuni terbesar berada pada unit MZ-07, yaitu sebesar 44730 Btu/hr untuk beban sensibel dan 46150 Btu/hr untuk beban laten. Beban terbesar terjadi pada unit ini disebabkan oleh jumlah tenan yang ditangani unit ini lebih banyak dibandingkan dengan unit lainnya, sehingga akumulasi pengunjung dan penjaga tenan pada unit ini akan lebih banyak dibandingkan dengan unit yang lainnya. Selain itu, posisi zona yang ditangani unit ini berada diantara pintu masuk dan tangga menuju lantai 1 dan 3, sehingga pengunjung di lantai ini akan terkonsentrasi pada zona yang ditangani unit MZ 07.

4.1.8 Perhitungan Beban Peralatan

Peralatan elektronik yang dioperasikan akan menghasilkan panas yang berkontribusi dalam menambah beban pendinginan pada ruangan. Besarnya panas (*heat gain*) yang dihasilkan peralatan tergantung dari daya yang dibutuhkan dan penggunaannya. Besarnya *heat gain* setiap peralatan listrik ditabelkan pada lampiran B 1.



Sebagai contoh adalah *heat gain* yang dihasilkan oleh peralatan yang ada pada *tenant* Buti . Pada *tenant* tersebut terdapat peralatan elektronik sebagai berikut :

- a. Komputer sebanyak 2 buah
- b. Telepon sebanyak 1 buah
- c. Printer sebanyak 1 buah
- d. Speaker sebanyak 1 buah

Dari lampiran tabel, diketahui harga *heat gain* untuk komputer adalah 375,33 Btu/hr., telepon bernilai 22,506 Btu/hr, printer bernilai 443,3 Btu/hr sedangkan speaker bernilai 238,7 Btu/hr. Sehingga total *heat gain*nya adalah :

$$\text{Qalat} = [2 \times 375,33] \text{Btu/hr} + [1 \times 22,506] \text{Btu/hr} + [1 \times 443,3] \text{Btu/hr} + [2 \times 238,7] \text{Btu/hr}$$

$$\text{Qalat} = 750,66 \text{ Btu/hr} + 22,506 \text{ Btu/hr} + 443,3 \text{ Btu/hr} + 477,4 \text{ Btu/hr}$$

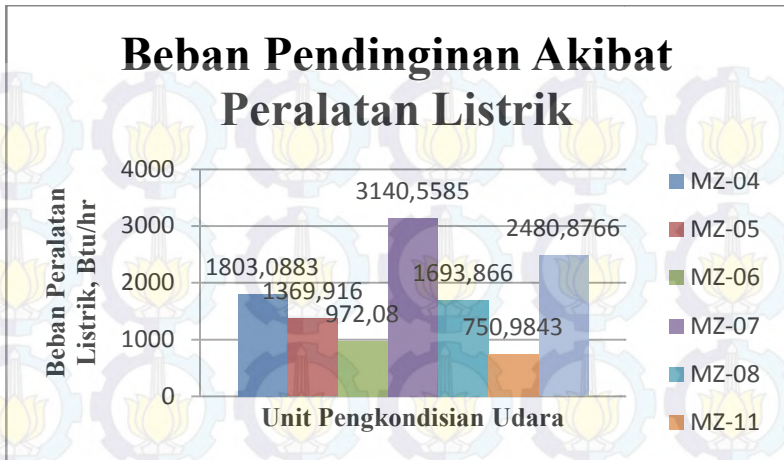
$$\text{Qalat} = 1693,87 \text{ Btu/hr.}$$

Selanjutnya perhitungan beban pendinginan akibat peralatan ditabelkan pada lampiran B 1.

Tabel 4. 15 Beban pendinginan akibat peralatan pada unit MZ-08

		Buti			
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Peralatan pada Buti
MZ 08	Komputer	2	375,33	750,66	1693,866
	Telepon	1	22,506	22,506	
	Printer	1	443,30	443,3	
	Speaker	2	238,7	477,4	
Total					1693,866

Berikut ini merupakan grafik beban akibat peralatan untuk semua unit pengkondisian udara pada lantai II mall “XYZ”:



Gambar 4.9 Beban pendinginan akibat peralatan elektronik

Berdasarkan Grafik tersebut, beban peralatan terbesar berada pada unit MZ-07, yaitu sebesar 3140,558 Btu/hr. Beban terbesar terjadi pada unit ini disebabkan oleh jumlah tenan yang ditangani unit ini lebih banyak dibandingkan dengan unit lainnya, sehingga akumulasi peralatan listrik yang digunakan pada unit ini akan lebih banyak dibandingkan dengan unit yang lainnya. Hal ini mengakibatkan *heat gain* yang diperoleh dari peralatan listrik semakin besar.

4.1.9 Perhitungan Beban Pendinginan pada Saluran Udara

Beban pendinginan saluran udara berupa penambahan panas pada udara yang mengalir didalam saluran. Penambahan panas ini terjadi karena adanya perpindahan panas dari lingkungan ke dalam saluran yang disebabkan perbedaan temperatur di dalam saluran dan di luar saluran. Perpindahan panas ini terjadi secara konveksi pada bagian luar saluran, konduksi melalui insulasi, dan konveksi pada bagian dalam. Besarnya perpindahan panas ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = U \times A \times \Delta T$$



Dengan

$$U = \frac{1}{R_{tot} \times A}$$

Saluran udara yang ada pada Mall ini tersusun dari seng BJLS (*Galvanized Steel*), Glass Wool, dan Aluminium Foil. Sehingga *overall heat transfer coefficient* (U) dapat ditulis kembali sebagai berikut:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{top}} + \frac{1}{h_{side}} + \frac{1}{h_{side}} + \frac{1}{h_{bottom}}\right) + \left(\frac{l}{k_{aluminium}} + \frac{l}{k_{glasswool}} + \frac{l}{k_{galvanizedsteel}}\right) + \frac{1}{h_i}}$$

Sebagai contoh perhitungan, digunakan satu bagian saluran pada AC MZ-07. Dengan temperatur udara didalam saluran $15,8^\circ\text{C}$ didapatkan:

$$\rho = 1,214 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu = 0,0000179 \text{ Ns/m}^2$$

$$Pr = 0,710$$

$$k = 0,025 \text{ W/m K}$$

Saluran memiliki lebar sebesar 0,86 m, tinggi sebesar 0,36 m, dan kecepatan aliran pada saluran sebesar 4,48 m/s

$$D_h = \frac{4 \times \text{lebar} \times \text{tinggi}}{2 \times (\text{lebar} + \text{tinggi})}$$

$$D_h = \frac{4 \times 0,86 \times 0,36}{2 \times (0,86 + 0,36)}$$

$$D_h = 0,5 \text{ m}$$

$$Re = \frac{\rho \times V \times D}{\mu}$$



$$Re = \frac{1214 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 448 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,05 \text{m}}{0,0000179 \text{N s/m}^2}$$

$$Re = 151876,9$$

Dan,

$$Nu = 0,23 \times Re^{4/5} \times Pr^{0,4}$$

$$Nu = 0,23 \times 151876,9^{4/5} \times 0,710^{0,4}$$

$$Nu = 281,845$$

Sehingga:

$$h_i = \frac{Nu \times k}{D_h}$$

$$h_i = \frac{281,845 \times 0,25 \text{W /m K}}{0,05 \text{m}}$$

$$h_i = 8,243 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Untuk koefisien konveksi (h) pada bagian luar saluran dapat dihitung sebagai berikut:

Bagian sisi saluran dengan $T_{\text{inf}} = 28^\circ \text{C}$ dan $T_s = 26,8^\circ \text{C}$, didapatkan nilai T_f sebagai berikut:

$$T_f = \frac{T_{\infty} + T_s}{2}$$

$$T_f = \frac{28^\circ \text{C} + 26,8^\circ \text{C}}{2}$$

$$T_f = 27,4^\circ \text{C} = 300,4 \text{ K}$$

Berdasarkan nilai T_f dan menggunakan tabel properti udara didapatkan:



$$\alpha = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$v = 1,593 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 0,026 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$\text{Pr} = 0,707$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{300\text{K}} = 0,00333 \text{ K}^{-1}$$

Sehingga

$$Ra_l = \frac{g \times \beta \times (T_{\infty} - T_s) \times L^3}{v \times \alpha}$$

$$Ra_l = \frac{9,8 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \times 0,00333\text{K}^{-1} \times (12\text{K}) \times (0,72\text{m})^3}{159310^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 2310^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$Ra_l = 100191345$ ($10^4 < Ra_l < 10^9$), sehingga masih termasuk aliran laminar)

Dan,

$$Nu_L = 0,68 + \frac{0,67 \times Ra_l^{1/4}}{\left[1 + \left(0,492 / \text{Pr}\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$$

$$Nu_L = 0,68 + \frac{0,67 \times 100191345^{1/4}}{\left[1 + \left(0,492 / 0,707\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$$

$$Nu_L = 52,104$$

Sehingga,

$$h_s = \frac{Nu \times k}{H}$$



$$h_s = \frac{521042 \times 0026W / m K}{09725m}$$

$$h_s = 1,411 W/m^2 \cdot K$$

$$h_s = 0,248 Btu/hr. ft^2 \cdot ^\circ F$$

Bagian atas saluran dengan $T_{inf} = 28^\circ C$ dan $T_s = 26^\circ C$,
didapatkan nilai T_f sebagai berikut:

$$T_f = \frac{T_{\infty} + T_s}{2}$$

$$T_f = \frac{28^\circ C + 26^\circ C}{2}$$

$$T_f = 27^\circ C = 300 K$$

Berdasarkan nilai T_f dan menggunakan tabel properti udara
didapatkan:

$$\alpha = 2,3 \times 10^{-5} m^2/s$$

$$\nu = 1,589 \times 10^{-5} m^2/s$$

$$k = 0,026 W/m \cdot K$$

$$Pr = 0,707$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{300K} = 000333 K^{-1}$$

Sehingga

$$Ra_l = \frac{g \times \beta \times (T_{\infty} - T_s) \times L^3}{\nu \times \alpha}$$

Pada bagian atas dan bawah saluran, $L = w/2$, sehingga:



$$Ra_l = \frac{98 \frac{m^2}{s} \times 000333K}{15890} \frac{-1 \times (1K) \times (\frac{2360833332}{2} m)^3}{-5 \frac{m^2}{s} \times 230} \frac{-5 \frac{m^2}{s}}{-5 \frac{m^2}{s}}$$

$Ra_l = 300562226$ ($10^4 < Ra_l < 10^9$), sehingga masih termasuk aliran laminar)

Untuk permukaan atas plat dingin *Nusselt number* dapat dihitung sebagai berikut:

$$Nu_L = 0,7 \times Ra \frac{1}{L}$$

$$Nu_L = 0,7 \times 300562226 \frac{1}{4}$$

$$Nu_L = 35,551$$

Sehingga,

$$h_t = \frac{Nu \times k}{\frac{w}{2}}$$

$$h_t = \frac{35551 \times 00263W / m K}{\frac{2360833332}{2} m}$$

$$h_t = 0,792 W/m^2 \cdot K$$

$$h_t = 0,139 Btu/hr. ft^2 \cdot ^\circ F$$

Bagian bawah saluran dengan $T_{inf} = 28^\circ C$ dan $T_s = 27^\circ C$, didapatkan nilai T_f sebagai berikut:

$$T_f = \frac{T_{\infty} + T_s}{2}$$

$$T_f = \frac{28^\circ C + 27^\circ C}{2}$$

$$T_f = 27,5^\circ C = 300,5 K$$



Berdasarkan nilai T_f dan menggunakan tabel properti udara didapatkan:

$$\alpha = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\nu = 1,6 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 0,02634 \text{ W/m. K}$$

$$\text{Pr} = 0,707$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{3005\text{K}} = 0,00033278 \text{ K}^{-1}$$

Sehingga

$$Ra_l = \frac{g \times \beta \times (T_\infty - T_s) \times L^3}{\nu \times \alpha}$$

Pada bagian atas dan bawah saluran, $L = w/2$, sehingga:

$$Ra_l = \frac{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,00033278\text{K}^{-1} \times (15\text{K}) \times \left(\frac{2,360833332\text{m}}{2}\right)^3}{1,6 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 2,3 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$Ra_l = 1,49 \times 10^8$ ($10^4 < Ra_l < 10^9$, sehingga masih termasuk aliran laminar)

Untuk permukaan bawah plat dingin *Nusselt number* dapat dihitung sebagai berikut:

$$Nu_L = 0,5 \times Ra_L^{1/3}$$

$$Nu_L = 0,5 \times (1,4910^8)^{1/3}$$

$$Nu_L = 79,534$$

Sehingga,



$$h_b = \frac{Nu \times k}{2}$$

$$h_b = \frac{795339 \times 0,02634 \text{ W /m K}}{\frac{2360833332}{2} \text{ m}}$$

$$h_b = 1,775 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_b = 0,313 \text{ Btu/hr. ft}^2 \cdot \text{°F}$$

Saluran udara yang ada tersusun dari:

Seng BJLS (*Galvanized Steel*) :

$$l = 0,003 \text{ ft}$$

$$k = 65,54 \text{ Btu/hr. ft. °F}$$

Glass Wool :

$$l = 0,49 \text{ ft}$$

$$k = 0,0232 \text{ Btu/hr. ft. °F}$$

Aluminium Foil :

$$l = 0,0007 \text{ ft}$$

$$k = 136,3 \text{ Btu/hr. ft. °F}$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{top}} + \frac{1}{h_{side}} + \frac{1}{h_{side}} + \frac{1}{h_{bottom}}\right) + \left(\frac{l}{k_{aluminium}} + \frac{l}{k_{glass wool}} + \frac{l}{k_{galvanized steel}}\right) + \frac{1}{h_i}}$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{01395} + \frac{1}{02484} + \frac{1}{02484} + \frac{1}{031251}\right) + \left(\frac{00007}{1363} + \frac{049}{00232} + \frac{0003}{6554}\right) + \frac{1}{2609}}$$

$$U = 0,025 \text{ Btu/ hr. ft}^2 \cdot \text{°F}$$



Dari perhitungan *overall heat transfer coefficient* (U) tersebut maka beban panas pada saluran dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

Pada contoh perhitungan ini dipakai satu bagian saluran pada AC MZ 07 dengan dimensi saluran sebagai berikut:

Panjang saluran :	9,186 ft
Lebar penampang :	2,833 ft
Tinggi penampang :	1,167 ft
Luas selimut :	73,491 ft

Dari luasan selimut saluran tersebut dan nilai *overall heat transfer coefficient* (U), maka:

$$Q = 0,025 \text{ Btu/ hr. ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \times 73,491 \text{ ft} \times (301 - 288,8)$$

$$Q = 15,910 \text{ Btu/hr}$$

Selanjutnya, beban pendinginan pada saluran udara MZ-07 ditabelkan sebagai berikut:

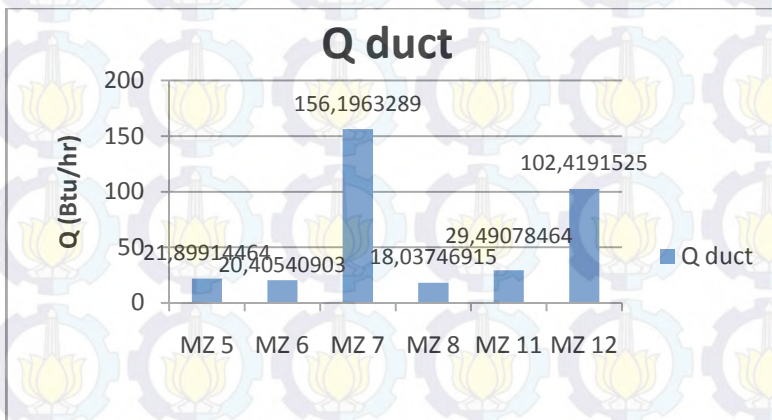
Tabel 4.16 Beban Pendinginan pada saluran udara

Panjang saluran	Lebar	Tinggi	Luas Selimut	R total	U	Q
Ft	ft	ft	m ²		Btu/ hr. ft ² °F	Btu/hr
6,562	2,833	1,167	52,493	39,923	0,025	15,910
9,186	2,833	1,167	73,491	39,939	0,025	22,357
9,186	2,583	1,167	68,898	39,787	0,025	21,126
10,499	2,583	1,167	78,740	40,235	0,025	21,919
10,499	2,250	1,167	71,741	40,196	0,025	18,562
10,499	2,250	1,167	71,741	40,780	0,025	17,240



10,499	2,167	1,000	66,492	40,401	0,025	14,812
10,499	2,167	1,000	66,492	40,564	0,025	14,753
10,499	1,333	0,667	41,995	39,047	0,026	9,518
Q total						156,1963

Berikut ini merupakan grafik beban pendinginan pada saluran udara di lantai II mall “XYZ” :



Gambar 4.10 Heat gain pada saluran udara

Heat gain pada saluran udara perlu diperhitungkan apabila saluran udara tersebut melalui ruang yang tidak dikondisikan. Berdasarkan grafik tersebut, beban pendinginan pada saluran udara terbesar adalah pada unit MZ-7, yaitu sebesar 156,1963289 Btu/hr dan yang kedua adalah unit MZ-12, sebesar 102,4191525 Btu/hr. Beban terbesar terjadi pada unit ini disebabkan oleh panjang dan luas saluran udara yang melintasi ruangan yang tidak dikondisikan lebih besar dibandingkan pada unit lain.



4.1.10 Perhitungan Beban Pendinginan Pada *Fan*

Ketika *fan* bekerja, sebagian energi yang dihasilkan oleh *fan* akan menjadi panas, sehingga akan mempengaruhi temperatur udara yang melalui *fan* tersebut. Besarnya energi panas yang dihasilkan oleh *fan* berkisar antara 2.5% hingga 10% dari RSHG. Dalam perhitungan ini digunakan harga sebesar 5%.

Perhitungan beban panas sensibel pada *fan* juga ditentukan oleh letak *fan* pada sistem. Untuk *fan* yang ditempatkan sebelum koil pendingin maka perhitungannya masuk pada perhitungan beban koil pendingin. Sedangkan untuk *fan* yang diletakkan setelah koil pendingin maka perhitungannya akan masuk pada perhitungan RSHG. Pada Mall ini, *fan* terpasang setelah koil pendingin, sehingga perhitungan panas sensible *fan* akan masuk pada perhitungan RSHG.

4.1.12 Beban Pendinginan Total Ruangan

Beban pendinginan total ruangan atau *Room Total Heat Gain* (RTHG) merupakan penjumlahan beban panas sensibel dan laten pada ruangan serta penambahan panas sensibel yang disebabkan oleh *fan* dan saluran udara. Dengan beban panas sensibel ruangan (RSHG) dan beban panas laten ruangan (RLHG) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{RSHG} = Q_{\text{transmisi}} + Q_{\text{radiasi}} + Q_{\text{infiltrasi}} + Q_{\text{penghuni}} + Q_{\text{penerangan}} + Q_{\text{peralatan}}$$

$$\text{RLHG} = Q_{\text{infiltrasi}} + Q_{\text{penghuni}}$$

Sebagai contoh perhitungan, beban pendinginan ruangan yang ditanggung AC MZ 07 ditabelkan sebagai berikut:



Tabel 4.17 Beban pendinginan total ruangan untuk unit MZ-07

Jenis Beban	Solar Time							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Qtransmisi kaca	213,573	-498,338	-1210,25	-1922,16	-1922,16	-1922,16	-1922,16	213,573
Qtransmisi dinding	0	0	0	0	0	0	0	0
Qradiasi	2934,169	2689,655	2200,627	1956,113	1711,599	1956,113	2689,655	3423,198
Qinfiltrasi	0	0	0	0	0	0	0	0
Qpartisi	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62
Qpenghuni	44730	44730	44730	44730	44730	44730	44730	44730
Qpenerangan	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89
Qperalatan	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559
Qducting	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196
Qfan	3679,85	3632,029	3571,982	3524,161	3511,935	3524,161	3560,838	3704,302
RSHG	77276,86	76272,61	75011,62	74007,38	73750,64	74007,38	74777,6	77790,34

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
925,485	2349,307	4485,041	5908,863	8044,597	8756,508	9468,419	9468,419
0	0	0	0	0	0	0	0
5134,796	7579,938	10269,59	12714,73	13937,3	14181,82	12959,25	11492,16
0	0	0	0	0	0	0	0
5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62
44730	44730	44730	44730	44730	44730	44730	44730
16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89
3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559
156,196	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196
3825,477	4018,925	4260,195	4453,643	4621,558	4669,38	4643,847	4570,492
80335,02	84397,43	89464,09	93526,5	97052,72	98056,97	97520,78	95980,34



Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
8756,508	8044,597	6620,774	5196,952	3773,129	2349,307	1637,396	925,485
0	0	0	0	0	0	0	0
10025,08	8557,994	7090,909	6112,853	5134,796	4401,254	3912,226	3423,198
0	0	0	0	0	0	0	0
5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62	5436,62
44730	44730	44730	44730	44730	44730	44730	44730
16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89	16985,89
3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559	3140,559
156,196	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196	156,196
4461,543	4352,593	4208,047	4087,953	3967,86	3859,991	3799,944	3739,897
93692,39	91404,45	88369	85847,02	83325,05	81059,82	79798,83	78537,84

MZ-07	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	Openghuni	46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150
	Qinfiltrasi								
	RLHG	46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150
46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150



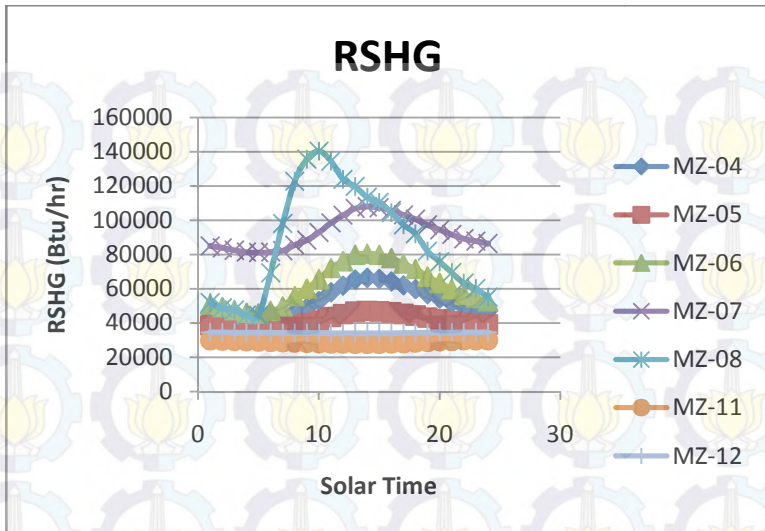
Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150
46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150	46150

MZ-07	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	RTHG	123426,9	122422,6	121161,6	120157,4	119900,6	120157,4	120927,6	123940,3
RSHG+10%	85004,54	83899,87	82512,79	81408,12	81125,7	81408,12	82255,36	85569,37	
RTHG+10%	135769,5	134664,9	133277,8	132173,1	131890,7	132173,1	133020,4	136334,4	

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
126485	130547,4	135614,1	139676,5	143202,7	144207	143670,8	142130,3
88368,53	92837,18	98410,5	102879,2	106758	107862,7	107272,9	105578,4
139133,5	143602,2	149175,5	153644,2	157523	158627,7	158037,9	156343,4

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
139842,4	137554,4	134519	131997	129475,1	127209,8	125948,8	124687,8
103061,6	100544,9	97205,9	94431,73	91657,56	89165,8	87778,71	86391,63
153826,6	151309,9	147970,9	145196,7	142422,6	139930,8	138543,7	137156,6

Berikut ini merupakan grafik *Room Sensible Heat Gain* (RSHG) dan grafik *Room Latent Heat Gain* (RLHG) pada lantai II mall “XYZ”:



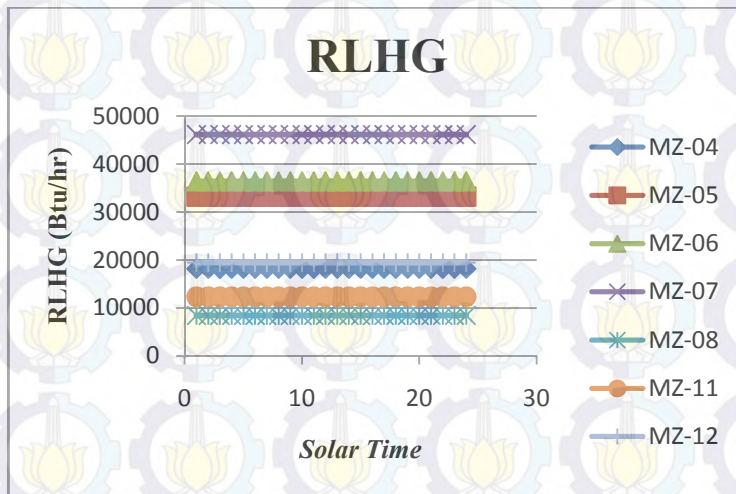
Gambar 4.11 *Room Sensible Heat Gain*

Berdasarkan grafik tersebut, beban panas sensibel ruangan (RSHG) tertinggi untuk AC MZ-04, MZ-05, MZ-06, dan MZ-07 terjadi pada pukul 14.00 WIB. Beban panas sensibel ruangan (RSHG) tertinggi untuk AC MZ-11 dan MZ-12 terjadi pada pukul 24.00 WIB. Sedangkan untuk AC MZ-08 terjadi pada pukul 10.00 WIB.

Beban sensibel terbesar dari semua unit pengkondisian udara adalah pada unit AC MZ-08, yaitu dengan beban puncak 140351,5 Btu/hr, yang kedua adalah unit AC MZ-07 dengan beban puncak 108003,8 Btu/hr, ketiga adalah unit AC MZ-06 dengan beban puncak 80256,57 Btu/hr, keempat adalah unit AC MZ-04 dengan beban puncak 66249,54 Btu/hr, kelima adalah unit AC MZ-05 dengan beban puncak 45705,35 Btu/hr, keenam adalah unit AC MZ-12 dengan beban puncak 31892,07 Btu/hr, dan yang paling rendah adalah unit AC MZ-11 dengan beban puncak 30704,76 Btu/hr.



Besar beban sensibel dipengaruhi oleh beban-beban transmisi, radiasi, partisi, penerangan, peralatan, dan penghuni. Pada objek penelitian ini, beban yang sangat mempengaruhi besarnya beban sensibel ruangan adalah beban radiasi. Seperti terlihat pada grafik, unit AC MZ-08, MZ-07, MZ-06, dan MZ-05 merupakan unit yang menangani tenan-tenan pada sisi timur dan utara, dimana pada tenan-tenan ini memiliki dinding kaca pada sisi-sisi luarnya. Hal ini mengakibatkan adanya radiasi pada tenan ini dan menyumbangkan nilai yang besar untuk beban sensibel ruangan.



Gambar 4.12 Room Latent Heat Gain

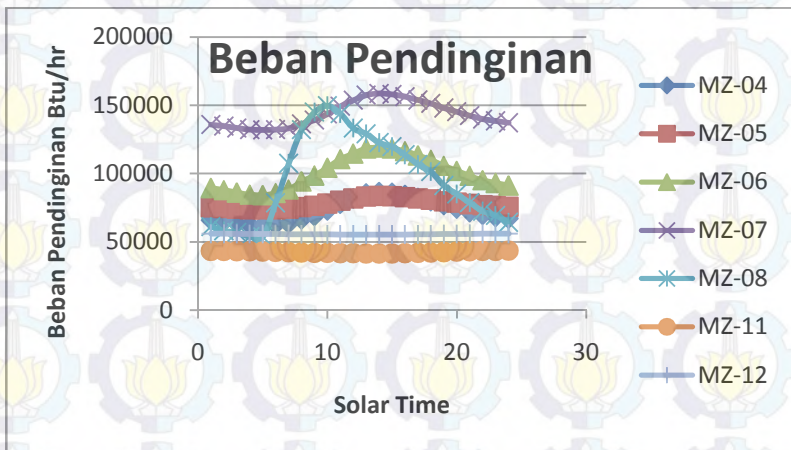
Berdasarkan Grafik tersebut, beban panas laten ruangan terbesar adalah pada unit pengkondisian udara MZ-07 sebesar 46150 Btu/hr, diikuti oleh unit MZ-06 sebesar 36373,11 Btu/hr, MZ-05 sebesar 33179,8 Btu/hr, MZ-12 sebesar 19441,69 Btu/hr, MZ-04 sebesar 18200 Btu/hr, MZ-11 sebesar 12350 Btu/hr, dan MZ-08 sebesar 8450 Btu/hr.



Beban laten terbesar terjadi pada unit pengkondisian udara MZ-07 disebabkan unit ini menangani paling banyak tenan dibandingkan unit lain, serta unit ini juga menangani koridor sepanjang pintu masuk tengah hingga bagian barat. Hal ini menyebabkan akumulasi jumlah pengunjung yang melalui wilayah ini lebih banyak, sehingga panas laten yang dikeluarkan pengunjung juga besar.

4.1.13 Desain *Hour*

Desain *Hour* merupakan waktu yang dipilih sebagai acuan pada perencanaan. Pada perencanaan ini, desain *Hour* dipilih pada kondisi beban pendinginan tertinggi (*peak load*). Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, beban pendinginan puncak tiap unit pengkondisian udara tidak sama. Beban pendinginan puncak untuk masing-masing unit dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4.13 Beban Pendinginan Total

Berdasarkan grafik tersebut, beban puncak AC MZ-04, MZ-05, MZ-06, dan MZ-07 terjadi pada pukul 14.00 WIB.



Beban pendinginan puncak AC MZ-11 dan MZ-12 terjadi pada pukul 24.00 WIB. beban puncak pada pukul 24.00 WIB tidak merepresentasikan beban puncak yang sebenarnya karena mall hanya beroperasi sampai pukul 22.00 WIB, waktu yang merepresentasikan beban puncak yang sebenarnya adalah pada pukul 21.00 WIB. Beban puncak AC MZ-08 terjadi pada pukul 10.00 WIB. Karena pada pukul 10.00 WIB tidak merepresentasikan beban puncak yang sebenarnya, maka dipilih pada pukul 11.00 WIB yang lebih merepresentasikan beban puncak pada unit ini.

4.1.14 Perhitungan *Room Sensible Heat Factor* (RSHF)

Room Sensible Heat Factor (RSHF) adalah perbandingan antara beban panas sensibel ruangan dengan beban panas total ruangan. Dari perhitungan yang telah dilakukan, RSHF dapat dihitung sebagai berikut:

$$RSHF = \frac{RSHG}{RTHG}$$

Sebagai contoh perhitungan, berikut RSHF pada AC MZ 08:

$$RSHF = \frac{RSHG}{RTHG}$$

$$RSHF = \frac{1346626 \text{ Btu/hr}}{14339831 \text{ Btu/hr}}$$

$$RSHF = 0.94$$

Berikut ini merupakan tabel hasil perhitungan RSHF pada unit pengkondisian udara di lantai II Mall "XYZ"



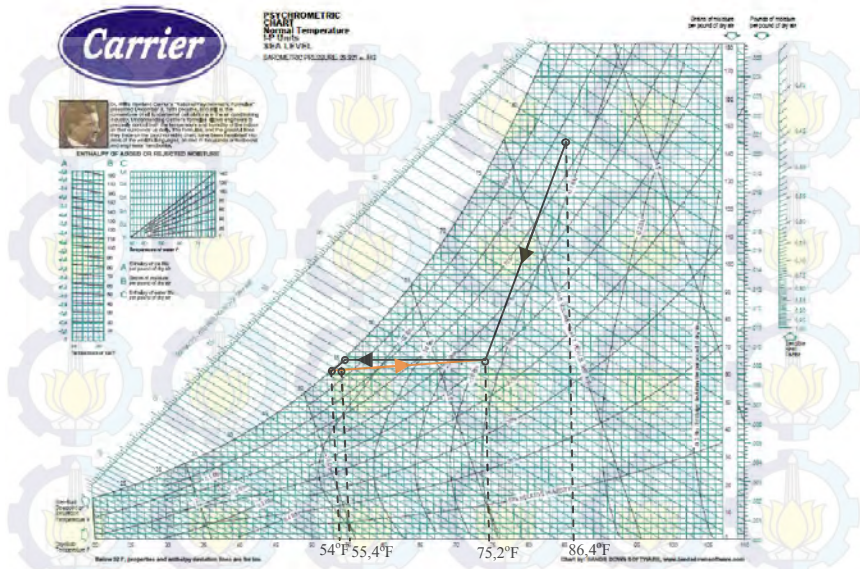
Tabel 4.18 Nilai *Room Sensible Heat Factor* (RSHF)

Unit AC	RSHG Btu/hr	RTHG Btu/hr	RSHF
MZ 04	66249,54	86269,54	0,77
MZ 05	42522,43	68690,82	0,62
MZ 06	80443,8	121055,1	0,66
MZ 07	107862,7	158627,7	0,68
MZ 08	134662,6	143957,6	0,94
MZ 11	29553,53	43398,81	0,68
MZ 12	34364,08	56450,34	0,61

Karena sistem yang terpasang merupakan sistem pengkondisian udara yang mensirkulasikan udara didalam ruangan dengan pencampuran *fresh air* juga di dalam ruangan, maka RSHF juga telah merepresentasikan beban koil pendingin.

4.1.15 Aplikasi *Psychrometric*

Untuk mengetahui temperatur *supply*, dapat digunakan bagan psikrometri. Sebagai contoh, kondisi AC MZ-08 pada bagan sebagai berikut:



Gambar 14. *Plotting* temperatur rancangan pada Psychrometric Chart

Dari bagan tersebut dapat diketahui kondisi titik *supply* udara untuk AC MZ-08 adalah pada temperatur 55,4°F DB

4.1.16 Distribusi Udara Zona Mall

Dari perhitungan beban panas ruangan dapat digunakan untuk mengetahui debit udara yang dibutuhkan pada zona lantai II Mall ini. Untuk menghitung jumlah udara yang diperlukan, dapat digunakan persamaan berikut:

$$\text{Laju Aliran Udara} = \frac{RSHG}{C_p \times (T_r - T_s)}$$

Dimana:

RSHG : Room Sensible Heat Gain, Btu/hr



$T_r - T_s$: Perbedaan temperatur return air dan supply air, °F

Dari bagan psikrometri, pada AC MZ 08 didapatkan temperatur supply $T_s = 55,4^\circ\text{F}$ dan $T_r = 75,2^\circ\text{F}$

Sehingga jumlah udara yang diperlukan dihitung sebagai berikut:

$$\text{Laju Aliran Udara} = \frac{1346626 \text{ Btu/hr}}{0,240451 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \times (75,2 - 55,4)^\circ\text{F}}$$

$$\text{Laju Aliran Udara} = 28284,95 \text{ lb/hr}$$

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diubah menjadi debit udara dengan satuan CFM sebagai berikut:

$$\text{Debit udara (CFM)} = \text{Laju Aliran Udara} \left(\frac{\text{lb}}{\text{m}} \right) \times \frac{1}{\rho}$$

$$\text{Debit udara (CFM)} = 28284,95 \left(\frac{\text{lb}}{\text{hr}} \right) \times \frac{1}{0,0768 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}$$

$$\text{Debit udara (CFM)} = 6137,644 \text{ CFM}$$

Berikut ini merupakan tabel perhitungan debit udara pada tiap unit pengkondisian udara di lantai II Mall “XYZ”

Tabel 4.19 Perhitungan debit udara tiap unit pengkondisian udara

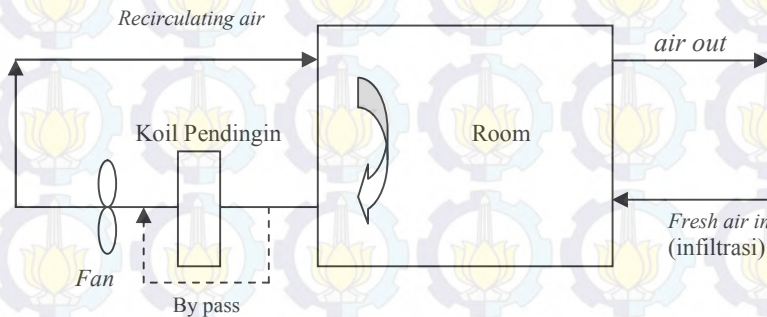
Ac	RSHG BTU/Hr	Tr °F	Ts °F	Cp Btu/lb °F	ρ lb/ft ³	CFM
MZ 04	66249,536	75,200	56,300	0,240	0,078	3130,500
MZ 05	47053,340	75,200	55,400	0,240	0,080	2066,644
MZ 06	80443,802	75,200	57,200	0,240	0,079	3942,233
MZ 07	107862,668	75,200	60,620	0,240	0,078	6539,225



MZ 08	134662,642	75,200	55,400	0,240	0,077	6137,644
MZ 11	29813,810	75,200	61,520	0,240	0,079	1912,651
MZ 12	34435,659	75,200	60,260	0,240	0,080	1996,403

4.2 Perencanaan Sistem Pengkondisian Udara

Dalam perencanaan sistem pengkondisian udara, beberapa faktor yang dipertimbangkan adalah beban pendinginan, kebutuhan udara *supply* dan *fan static pressure*. Pada Mall “XYZ”, unit pengkondisian udara yang dipakai merupakan *ducted split Air conditioner*. Unit yang terpasang mensirkulasikan udara yang ada di dalam ruangan dan pada sistem tidak terdapat *return duct*. Sistem pengkondisian udara yang terpasang dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 4.15 Skema sederhana sistem pengkondisian udara pada mall “XYZ”

Karena pada sistem hanya terdapat *supply duct*, maka *fan static pressure* yang dihasilkan untuk melawan *friction* pada saluran dapat direpresentasikan dengan *pressure drop* di sepanjang saluran.



4.2.1 Perhitungan Kecepatan Aliran Udara

Untuk mengetahui kecepatan aliran udara didalam saluran, perlu ditentukan dahulu ukuran saluran dan debit udara yang melalui saluran. Dengan hasil perhitungan debit udara yang telah dilakukan, dan dimensi saluran yang telah diketahui, maka kecepatan aliran udara dalam saluran dapat dihitung sebagai berikut:

$$\bar{V} = \frac{\text{Debit udara}}{\text{Luas penampang saluran}}$$

Sebagai contoh perhitungan, AC MZ-08 dengan salah satu bagian saluran memiliki ukuran dan debit udara sebagai berikut:

Lebar penampang : 1,27 m

Tinggi penampang : 0,381 m

Debit Udara : 2,885 CMS

Sehingga:

$$\bar{V} = \frac{2885 \text{ CMS}}{127 \text{ m} \times 0381 \text{ m}}$$

$$\bar{V} = 5,962 \text{ m/s}$$

4.2.2 Perhitungan Reynolds Number (Re)

Reynolds number (Re) digunakan bersama kekasaran relatif saluran untuk mendapatkan nilai *friction factor* (f) pada diagram Moody. *Reynolds number* (Re) dapat dihitung dengan persamaan:

$$Re = \frac{\rho \times V \times D_e}{\mu}$$



Sebagai contoh perhitungan, AC MZ-08 dengan salah satu bagian saluran memiliki ukuran dan debit udara sebagai berikut:

Lebar penampang : 1,27 m

Tinggi penampang : 0,381 m

Diameter equivalen : 0,586 m

Kecepatan aliran : 5,962 m/s

Sehingga:

$$Re = \frac{123 \frac{kg}{m^3} \times 5962 \frac{m}{s} \times 0586m}{177610 \frac{-5 \frac{Ns}{m^2}}{m^2}}$$

$$Re = 242082$$

4.2.3 Perhitungan Penurunan Tekanan Pada Saluran Lurus

Persamaan 2.21 digunakan untuk menghitung penurunan tekanan pada saluran lurus. Pada persamaan tersebut, faktor gesekan (*friction factor*) didapatkan dari *Moody Diagram* dengan variabel penentu adalah bilangan Reynolds dan kekasaran relatif (*relative roughness*).

Sebagai contoh perhitungan pada AC MZ-08 salah satu bagian saluran dengan $Re = 205963,75$, kekasaran relatif untuk *galvanized steel sheet* $\epsilon = 0.00015$ m, $Deq = 0,586$ m, $\epsilon/D = 0.00026$ maka akan didapatkan *friction factor*, f . Setelah didapatkan harga f , langkah berikutnya adalah menghitung *pressure drop* (ΔP) dengan panjang saluran $L = 1,27$ m, kecepatan rata-rata udara $\bar{V} = 5962$ m/s, dan massa jenis udara (ρ) = 123 kg/m^3 , $f = 0.012$ sebagai berikut :

$$\Delta P = fx \frac{L}{Deq} x \frac{V^2}{2} x \rho$$



$$\Delta P = 0012x \frac{127m}{0586m} \times \frac{(962 \frac{m}{s})^2}{2} \times 123kg/m^3$$

$$\Delta P = 0783N/m$$

Berikut ini merupakan tabel penurunan tekanan pada saluran udara AC MZ-08:

Tabel 4.20 Penurunan tekanan pada saluran lurus AC MZ-08

AC	Tinggi m	Lebar m	Panjang Saluran m	Q CMS	Ts K	Deq m	P kg/m ³	M Ns/m ²	
AC	0,381	1,270	1,2	2,885	285,222	0,586	1,230	0,00001772	
	0,381	1,270	1,2	2,885	285,222	0,586	1,230	0,00001772	
	0,381	1,270	3	2,885	285,222	0,586	1,230	0,00001772	
	0,381	1,067	3,8	2,376	285,222	0,561	1,230	0,00001772	
	0,381	0,864	3,8	1,867	285,222	0,529	1,230	0,00001772	
	0,356	0,762	3,8	1,358	285,222	0,485	1,230	0,00001772	
	0,305	0,584	3,8	0,848	285,222	0,401	1,230	0,00001772	
	0,254	0,330	3,8	0,509	285,222	0,287	1,230	0,00001772	
	0,254	0,483	0,6	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772	
	0,254	0,483	0,8	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772	
	MZ 08	0,254	0,483	0,8	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772
		0,254	0,483	0,8	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772
		0,254	0,483	0,8	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772
		0,254	0,330	1	0,509	285,222	0,287	1,230	0,00001772
		0,254	0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772
		0,254	0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772
0,254		0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772	
0,254		0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772	
0,254		0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772	
0,203		0,254	3,4	0,339	285,222	0,226	1,230	0,00001772	
0,203	0,254	3,4	0,170	285,222	0,226	1,230	0,00001772		



0,203	0,254	3,4	0,170	285,222	0,226	1,230	0,00001772
0,203	0,254	3,4	0,170	285,222	0,226	1,230	0,00001772
0,203	0,254	3,4	0,170	285,222	0,226	1,230	0,00001772
0,203	0,254	3,4	0,170	285,222	0,226	1,230	0,00001772

Re	e/D m	F	v m/s	ΔP N/m ²	Total ΔP N/m ²
242617,057	0,00026	0,018	5,962	0,783	156,657
242617,057	0,00026	0,018	5,962	0,783	
242617,057	0,00026	0,018	5,962	1,958	
227844,708	0,00027	0,018	5,845	2,489	
208248,734	0,00028	0,018	5,673	2,490	
168664,264	0,00031	0,018	5,010	2,178	
132521,922	0,00037	0,019	4,765	2,517	
120998,277	0,00052	0,020	6,070	5,849	
95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,392	
95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,523	
95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,523	
95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,523	
95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,523	
120998,277	0,00052	0,020	6,070	1,539	
80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505	
80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505	
80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505	
80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505	
80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505	
103072,606	0,00066	0,021	6,575	8,411	
51536,303	0,00066	0,225	3,288	22,530	
51536,303	0,00066	0,225	3,288	22,530	



51536,303	0,00066	0,225	3,288	22,530
51536,303	0,00066	0,225	3,288	22,530
51536,303	0,00066	0,225	3,288	22,530

Perhitungan penurunan tekanan pada saluran lurus setiap unit pengkondisian udara ditabelkan pada Lampiran B tabel 11.

4.2.4 Perhitungan Penurunan Tekanan pada Elbow

Duct fitting merupakan bagian yang menyambungkan antara saluran dalam instalasi saluran distribusi udara. Perhitungan *pressure drop* menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, yaitu persamaan 2.25. Sebagai contoh adalah perhitungan *pressure drop* pada Elbow 90°, untuk saluran udara dari AC MZ-08. Dengan data sebagai berikut:

- Tinggi penampang (H) : 0,2023 m
- Lebar penampang (W) : 0,254 m
- Radius Kelengkungan (R) : 0,2 m
- Kecepatan udara (\bar{V}) : 6,575 m/s
- Massa jenis udara (ρ) : 1,23 kg/m³

Dari data tersebut akan dihitung $H/W = 0,8$ dan $R/W = 0,79$ dan dari lampiran tabel akan didapatkan koefisien gesek (C_o) = $K \times C = 1 \times 0,48 = 0,48$. Setelah diketahui harga C , maka ΔP elbow 90° dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta P = C_x \frac{\bar{v}^2}{2} \rho$$
$$\Delta P = 0,48 \times \frac{6,575^2}{2} \text{ m}^2/\text{s}^2 \times 1,23 \text{ kg/m}^3$$
$$= 12,767 \text{ N/m}$$

Berikut ini merupakan tabel penurunan tekanan pada elbow di saluran AC MZ-08

Tabel 4.21 Penurunan tekanan pada elbow di saluran AC MZ-08



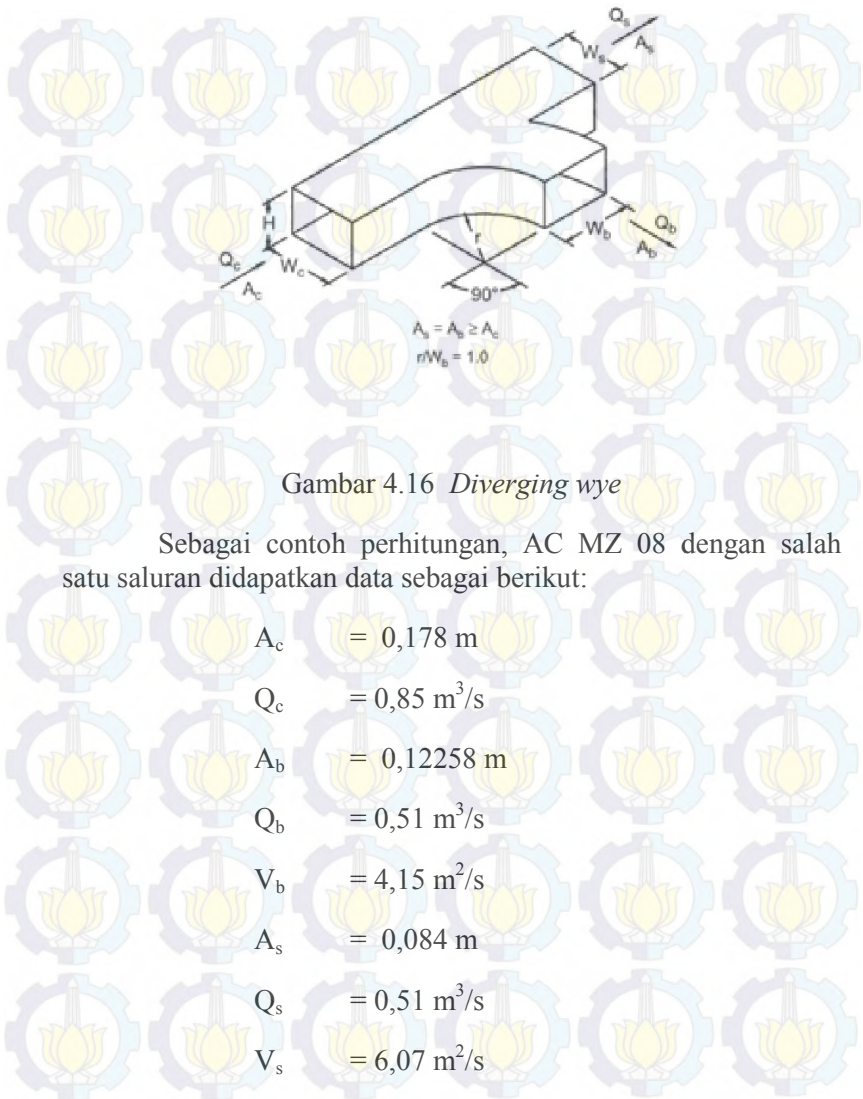
AC	Jumlah	Tinggi m	Lebar m	Radius m	degree	H/W	R/W	K
MZ 08	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1
	1	0,254	0,330	0,27	90	0,77	0,82	1
	2	0,381	1,270	0,47	45	0,30	0,37	0,6

Cp	Co	V m/s	ρ Kg/m ³	P loss N/m ²	Total N/m ²
0,48	0,48	6,575	1,230	12,767	79,747
0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
0,48	0,48	6,070	1,230	10,878	
1,53	0,918	5,962	1,230	40,143	

Perhitungan *pressure drop* pada elbow 90° unit lainnya ditabelkan pada Lampiran B tabel 12

4.2.5 Perhitungan Penurunan Tekanan pada Diverging wye

Diverging wye merupakan *fitting* saluran yang berupa percabangan pada saluran udara. Penurunan tekanan pada *diverging wye* dihitung pada masing-masing cabang dengan persamaan 2.25



Gambar 4.16 *Diverging wye*

Sebagai contoh perhitungan, AC MZ 08 dengan salah satu saluran didapatkan data sebagai berikut:

$$A_c = 0,178 \text{ m}$$

$$Q_c = 0,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_b = 0,12258 \text{ m}$$

$$Q_b = 0,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_b = 4,15 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$A_s = 0,084 \text{ m}$$

$$Q_s = 0,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_s = 6,07 \text{ m}^2/\text{s}$$



Dari data tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai faktor geometri (C) pada tiap percabangan sebagai berikut:

$$\frac{Q_b}{Q_c} = \frac{051}{085} = 06$$

$$\frac{Q_s}{Q_c} = \frac{051}{085} = 06$$

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{008387}{017806} = 0,47$$

$$\frac{A_b}{A_c} = \frac{012258}{017806} = 0,69$$

Dengan nilai tersebut dan lampiran A tabel 11 didapatkan nilai C untuk cabang b sebesar 0,47 dan untuk saluran utama sebesar 0,12 Selanjutnya penurunan tekanan pada masing-masing cabang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta P_b = C_x \frac{V^2}{2} \rho$$

$$\Delta P_b = 0,47 \times \frac{(41,5)^2}{2} \times 1230 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P_b = 499 \text{ N/m}^2$$

Dan,

$$\Delta P_s = C_x \frac{V^2}{2} \rho$$

$$\Delta P_s = 0,12 \times \frac{(607 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} \times 1230 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P_s = 272 \text{ N/m}^2$$

Berikut ini merupakan tabel penurunan tekanan pada *diverging wye* di AC MZ-08.



Tabel 4.22 Penurunan tekanan pada *diverging wye* AC MZ-08

H m	W m	Ac m ²	H m	W m	Ab m ²	H m	W m	As m ²	As/Ac	Ab/Ac
0,381	1,270	0,484	0,254	0,483	0,123	0,381	1,067	0,406	0,840	0,253
0,381	1,067	0,406	0,254	0,483	0,123	0,381	0,864	0,329	0,810	0,302
0,381	0,864	0,329	0,254	0,483	0,123	0,356	0,762	0,271	0,824	0,373
0,356	0,762	0,271	0,254	0,483	0,123	0,305	0,584	0,178	0,657	0,452
0,305	0,584	0,178	0,254	0,483	0,123	0,254	0,330	0,084	0,471	0,688
0,254	0,483	0,123	0,203	0,254	0,052	0,254	0,330	0,084	0,684	0,421
0,254	0,483	0,123	0,203	0,254	0,052	0,254	0,330	0,084	0,684	0,421
0,254	0,483	0,123	0,203	0,254	0,052	0,254	0,330	0,084	0,684	0,421
0,254	0,483	0,123	0,203	0,254	0,052	0,254	0,330	0,084	0,684	0,421
0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615

AC	Qc cms	Qb cms	Qs cms	Qb/Qc	Qs/Qc	Cb	Cs	P Kg/m ³	Vb m/s	Vs m/s	P loss b N/m ²	P loss s N/m ²	Total P loss N/m ²
MZ-08	2,885	0,509	2,376	0,176	0,824	0,630	0,018	1,230	4,153	5,845	6,684	-0,378	91,549
	2,376	0,509	1,867	0,214	0,786	1,020	0,013	1,230	4,153	5,673	10,822	-0,257	
	1,867	0,509	1,358	0,273	0,727	0,660	0,030	1,230	4,153	5,010	7,002	-0,463	
	1,358	0,509	0,848	0,375	0,625	0,480	0,007	1,230	4,153	4,765	5,093	-0,095	
	0,848	0,509	0,509	0,600	0,600	0,470	0,120	1,230	4,153	6,070	4,987	2,720	
	0,509	0,170	0,339	0,333	0,667	0,740	0,012	1,230	3,288	4,046	4,921	0,121	



0,509	0,170	0,339	0,333	0,667	0,740	0,012	1,230	3,288	4,046	4,921	0,121
0,509	0,170	0,339	0,333	0,667	0,740	0,012	1,230	3,288	4,046	4,921	0,121
0,509	0,170	0,339	0,333	0,667	0,740	0,012	1,230	3,288	4,046	4,921	0,121
0,509	0,170	0,339	0,333	0,667	0,740	0,012	1,230	3,288	4,046	4,921	0,121
0,509	0,170	0,339	0,333	0,667	1,300	0,039	1,230	3,288	6,575	8,644	1,037
0,339	0,170	0,170	0,500	0,500	0,600	0,018	1,230	3,288	3,288	3,990	0,120
0,339	0,170	0,170	0,500	0,500	0,600	0,018	1,230	3,288	3,288	3,990	0,120
0,339	0,170	0,170	0,500	0,500	0,600	0,018	1,230	3,288	3,288	3,990	0,120
0,339	0,170	0,170	0,500	0,500	0,600	0,018	1,230	3,288	3,288	3,990	0,120
0,339	0,170	0,170	0,500	0,500	0,600	0,018	1,230	3,288	3,288	3,990	0,120

Selanjutnya, perhitungan penurunan tekanan pada *diverging wye* untuk semua unit pengkondisian udara ditabelkan pada lampiran A tabel 13.

4.2.6 Total Penurunan Tekanan pada Saluran Udara

Total penurunan tekanan pada saluran udara dapat diketahui dengan menjumlahkan penurunan tekanan pada masing-masing bagian saluran udara. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka total penurunan tekanan pada saluran udara dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.23 Total penurunan tekanan pada saluran udara

AC	Pressure Drop Saluran Lurus (N/m ²)	Pressure Drop pada Elbow (N/m ²)	Pressure Drop pada Diverging wye (N/m ²)	Pressure Drop Total (N/m ²)
MZ-04	28,811	9,805	22,489	61,106
MZ-05	12,045	13,644	6,075	31,765
MZ-06	15,566	7,804	1,823	25,193
MZ-07	35,088	22,494	0,001	57,583
MZ-08	156,657	79,747	91,549	327,953



MZ-11	6,780	8,545	3,892	19,218
MZ-12	2,605	2,605	4,682	9,891

4.2.7 Perbandingan Perhitungan Ulang dengan Desain Awal

Perbandingan perhitungan ulang dengan desain awal meliputi perbandingan beban pendinginan, kapasitas udara, dan *static pressure fan*. Berikut ini merupakan tabel perbandingan perhitungan ulang dengan desain awal.

Tabel 4.24 Desain pengkondisian udara berdasarkan perencanaan ulang

AC	Beban Pendinginan Btu/hr	Kapasitas Udara CFM	Static Pressure Pa
MZ-04	86269,536	3130,500	61,106
MZ-05	68690,816	2066,644	31,765
MZ-06	121055,105	3942,233	25,193
MZ-07	158627,668	6539,225	57,583
MZ-08	143957,642	6137,644	327,953
MZ-11	43398,810	1912,651	19,218
MZ-12	56450,341	1996,403	9,891

Tabel 4.25 Desain awal pengkondisian udara

AC	Kapasitas Pendinginan Btu/hr	Kapasitas Udara CFM
MZ-04	100000	3200
MZ-05	197600	6400
MZ-06	300000	9000
MZ-07	400000	12000



MZ-08	200000	6400
MZ-11	100000	3200
MZ-12	100000	3200

Tabel 4.26 Persentase kelebihan kapasitas pendinginan

AC	Beban Pendinginan	Kapasitas Pendinginan	Persentase kelebihan kapasitas pendinginan (%)
	Btu/hr	Btu/hr	
MZ-04	86269,536	100000	13,731
MZ-05	68690,816	197600	65,655
MZ-06	121055,105	300000	59,648
MZ-07	158627,668	400000	60,343
MZ-08	143957,642	200000	28,021
MZ-11	43398,810	100000	56,601
MZ-12	56450,341	125000	54,840

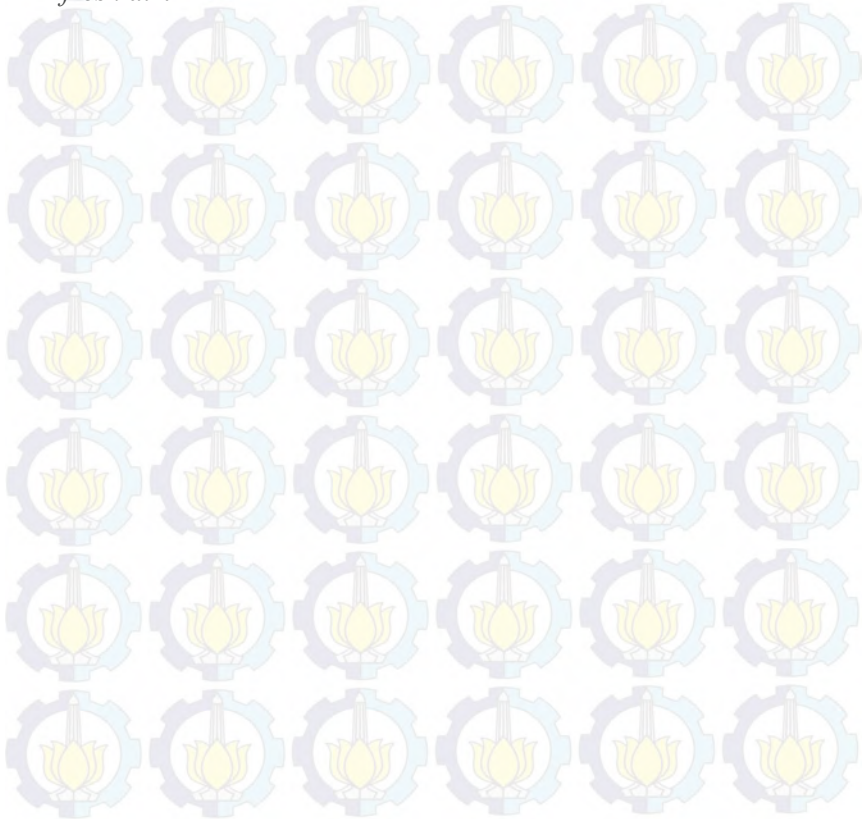
Dari ketiga tabel tersebut dapat diketahui bahwa kapasitas pendinginan dan kapasitas udara yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan ulang lebih kecil dibandingkan desain awal. Sehingga agar temperatur ruangan dapat terjaga pada temperatur rancangan, maka dapat dilakukan penyesuaian pada pengaturan unit sistem pengkondisian udara sesuai dengan perhitungan tersebut. Untuk menjaga kapasitas udara tiap tenan terpenuhi, digunakan damper pada saluran udara.

4.2.8 Analisa Kebutuhan *Fresh Air*.

Fresh air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan oksigen bagi penghuni bangunan. Pada mall “XYZ”, untuk memenuhi kebutuhan *fresh air*, mengandalkan infiltrasi udara luar ke dalam bangunan melalui pintu-pintu pada bangunan. Berdasarkan



perhitungan yang telah dilakukan pada sub-bab 4.1.6, diketahui bahwa jumlah total infiltrasi udara luar ke dalam bangunan sebesar 936,672 CFM. Jumlah tersebut masih belum mencukupi kebutuhan *fresh air* untuk jumlah manusia sebanyak 379 orang. Berdasarkan ASHRAE, jumlah minimal *fresh air* yang dibutuhkan untuk bangunan mall adalah 7 CFM per orang. Sehingga untuk 379 orang dibutuhkan *fresh air* sebanyak 2653 CFM. Agar kebutuhan *fresh air* terpenuhi, perlu dibuat sistem ventilasi pada bangunan. Sistem ventilasi dapat berupa saluran *fresh air*.





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Beban pendinginan total untuk unit pengkondisian udara adalah unit MZ-04 sebesar 86269,536 Btu/hr, unit MZ-05 sebesar 68690,816 Btu/hr, unit MZ-06 sebesar 121055,105 Btu/hr, unit MZ-07 sebesar 158627,668 Btu/hr, unit MZ-08 sebesar 143957,642 Btu/hr, unit MZ-11 sebesar 43398,810 Btu/hr, unit MZ-12 sebesar 56450,341 Btu/hr. Beban pendinginan berdasarkan perhitungan ulang masih terpenuhi oleh kapasitas pendinginan unit terpasang.
2. Dari perhitungan, didapatkan kebutuhan udara untuk setiap unit pengkondisian udara adalah:
 - a. MZ-04, 3130,5 CFM dengan desain awal 3200 CFM
 - b. MZ-05, 2066,644 CFM dengan desain awal 6400 CFM
 - c. MZ-06, 3942,233 CFM dengan desain awal 9000 CFM
 - d. MZ-07, 6539,225 CFM dengan desain awal 12000 CFM
 - e. MZ-08, 6137,644 CFM dengan desain awal 6400 CFM
 - f. MZ-11, 1912,651 CFM dengan desain awal 3200 CFM
 - g. MZ-12, 1996,403 CFM dengan desain awal 3200 CFM
3. Dari perhitungan diketahui kebutuhan fan static pressure adalah:
 - a. MZ-04, 61,106 Pa
 - b. MZ-05, 31,765 Pa
 - c. MZ-06, 25,193 Pa
 - d. MZ-07, 57,583 Pa
 - e. MZ-08, 327,953 Pa
 - f. MZ-11, 19,218 Pa
 - g. MZ-12, 9,891 Pa



5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, saran yang diberikan oleh penulis adalah perlunya pemasangan sensor temperatur dan kecepatan udara pada sistem. Pemasangan sensor pada sistem bertujuan untuk mempermudah operator dalam menyesuaikan temperatur dan debit udara yang *disupply* ke tiap tenan. Apabila kapasitas udara yang *disupply* dan temperatur *supply* sesuai dengan beban, maka dapat mengurangi pemborosan energi. Selain itu, agar kebutuhan oksigen pada ruangan tercukupi, diperlukan pemasangan saluran *supply* udara segar atau pemasangan sistem ventilasi.



LAMPIRAN A



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Table 1 Overall coefficient of Heat Transmission (U) of Windows and Skylights, Btu/(hr.ft².F)

Table 3.14A Overall Coefficients of Heat Transmission (U-Factor) of Windows and Skylights, Btu/(hr.ft².F)

Description	Exterior Vertical Panels				Exterior Horizontal Panels (Skylights)	
	Summer**		Winter*		Summer ¹	Winter ¹
	No Indoor Shade	Indoor Shade***	No Indoor Shade	Indoor Shade***		
Flat Glass ^b						
Single Glass	1.04	0.81	1.10	0.83	0.83	1.23
Insulating Glass, Double ^c						
3/16 in. air space ^d	0.65	0.58	0.62	0.52	0.57	0.70
1/4 in. air space ^d	0.61	0.55	0.58	0.48	0.54	0.65
1/2 in. air space ^e	0.56	0.52	0.49	0.42	0.49	0.59
1/2 in. air space, low emittance coating ^f						
e = 0.20	0.38	0.37	0.32	0.30	0.36	0.48
e = 0.40	0.45	0.44	0.38	0.35	0.42	0.52
e = 0.60	0.51	0.48	0.43	0.38	0.46	0.56
Insulating Glass, Triple ^c						
1/4 in. air space ^d	0.44	0.40	0.39	0.31		
1/2 in. air space ^e	0.39	0.36	0.31	0.26		
Storm Windows						
1 in. to 4 in. air spaces ^g	0.50	0.48	0.50	0.42		
Plastic Bubbles ^h						
Single					0.80	1.15
Double					0.46	0.70

Table 2 Cooling Load Temperature Differences for Conduction Through Glass

Cooling Load Temperature Difference for Conduction Through Glass and Conduction Through Doors

Solar Time, hr		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLTD, F		10	-1	-2	-2	-2	0	2	4	7	9	12	13	14	14	13	12	10	8	6	4	3	2		

Tabel 3 Maximum Solar Heat Gain Factor for Glass

8 Deg										
	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Apr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
June	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
July	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Aug.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sep.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dec.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

Tabel 4 Shading Coefficients for Glass

Table 3.18 Shading Coefficients for Glass Without or With Interior Shading by Venetian Blinds or Roller Shades

	Type of Glass	Nominal Thickness Each Light ^a	Solar Trans. ^b	No Interior Shading		Type of Interior Shading				
				$h_c = 4.0$	$h_c = 3.0$	Venetian Blinds		Roller Shades		
						Medium	Light	Opaque	Light	Translucent
SINGLE GLASS	Single Clear	3/32 to 1/4	0.87-0.80	1.00	1.00					
	Clear	1/4 to 1/2	0.80-0.71	0.94	0.95					
	Clear	3/8	0.72	0.90	0.92	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Clear	1/2	0.67	0.87	0.88					
	Clear Pattern	1/8 to 9/32	0.87-0.79	0.83	0.85					
	Heat Absorbing Pattern	1/8		0.83	0.85					
	Heat Absorbing ^c	3/16 to 1/4	0.46	0.69	0.73					
	Heat Absorbing Pattern	3/16 to 1/4		0.69	0.73	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Tinted	1/8 to 7/32	0.59-0.45	0.69	0.73					
	Heat Absorbing or Pattern		0.44-0.30	0.60	0.54	0.54	0.52	0.40	0.23	0.32
	Heat Absorbing ^c	3/8	0.34	0.60	0.54					
	Heat Absorbing or Pattern	1/2	0.44-0.30	0.53	0.58	0.42	0.40	0.36	0.23	0.31
	Reflective Coated Glass		0.24			0.30	0.25	0.23		
				0.40		0.33	0.29			
				0.50		0.42	0.38			
			0.60		0.50	0.44				

Tabel 5 Cooling Load Factors for Glass Without Shading, North Latitude

Table 3.27 Cooling Load Factors for Glass without Interior Shading, North Latitudes

Facades- Room Orientation- Facing structure	Solar Time, hr.																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.79	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25
(Shaded)	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.74	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NNE	L	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.35	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	0.14
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
NNW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16

Table 6 Wall Construction Group Description

Table 3.9 Wall Construction Group Description

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft ²)	U-Value Rtu/(ft ² ·R·F)	Heat Capacity Rtu/(ft ² ·F)	Code Numbers of Layers (See Table 3.11)
4-in. Face Brick+(Brick)					
U	Air Space+4-in. Face Brick	83	0.219	18.3	A0, A2, R1, A2, E0
D	4-in. Common Brick	90	0.415	18.4	A0, A2, C4 E1, E0
C	1-in. Insulation or Air space+4-in. Common Brick	90	0.174-0.301	18.4	A0, A2, C4 B1/02, E1, E0
B	2-in. Insulation+4-in. Common Brick	88	0.111	18.5	A0, A2, B3, C4, E1, E0
B	8-in. Common Brick	130	0.302	26.4	A0, A2, C9 E1, E0
A	Insulation or Air space+8-in. Common Brick	130	0.154-0.343	26.4	A0, A2, C9 B1/02, E1, E0
4-in. Face Brick+H/W Concrete					
C	Air Space+2-in. Concrete	94	0.350	19.7	A0, A2, B1, C5, E1, E0
B	2-in. Insulation+4-in. concrete	97	0.116	19.8	A0, A2, B3, C5, E1, E0
A	Air Space or Insulation+8-in. or more Concrete	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4	A0, A2, B1 C10/11, E1, E0
4-in. Face Brick+L/W or H/W Concrete Block					
E	4-in. Block	62	0.318	12.9	A0, A2, C2, E1, E0
D	Air Space or Insulation+4-in. Block	62	0.153-0.246	12.9	A0, A2, C2 B1/02, E1, E0
D	8-in. Block	70	0.274	15.1	A0, A2, C7 A6, E0
C	Air Space or 1-in. Insulation+6-in. or 8-in. Block	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5	A0, A2, B1, C7/C8, E1, E0
C	2-in. Insulation+8-in. Block	89	0.096-0.107	15.5-18.6	A0, A2, B3, C7/C8, E1, E0
4-in. Face Brick+(Clay Tile)					
D	4-in. Tile	71	0.384	13.1	A0, A2, C1, E1, E0
D	Air Space+4-in. Tile	71	0.281	13.1	A0, A2, C1, B1, E1, E0
C	Insulation+4-in. Tile	71	0.169	13.1	A0, A2, C1, B2, E1, E0
C	8-in. Tile	96	0.275	19.7	A0, A2, C6, E2, E0
B	Air Space or 1-in. Insulation+8-in. Tile	96	0.140-0.221	19.7	A0, A2, C4, B3/02, E1, E0
A	2-in. Insulation+8-in. Tile	97	0.092	19.8	A0, A2, B3, C6, E1, E0
H.W. Concrete Wall+(Finish)					
E	4-in. Concrete	63	0.585	12.5	A0, A1, C5, E1, E0
D	4-in. Concrete+1-in. or 2-in. Insulation	63	0.150-0.200	12.5	A0, A1, C3, B2/B3, E1, E0
C	2-in. Insulation+4-in. Concrete	63	0.119	12.7	A0, A1, B6, C5, E1, E0
C	8-in. Concrete	109	0.490	21.9	A0, A1, C1, E1, E0
B	8-in. Concrete+1-in. or 2-in. Insulation	110	0.115-0.187	22.0	A0, A1, C1, C8, B5/D6, E1, E0
A	2-in. Insulation+8-in. Concrete	110	0.115	21.9	A0, A1, B3, C10, E1, E0
B	12-in. Concrete	155	0.421	31.2	A0, A1, C14 E1, E0
A	12-in. Concrete+Insulation	155	0.113	31.3	A0, C11, B6 A6, E0
L.W. and H.W. Concrete Block+(Finish)					
F	4-in. Block+Air Space/Insulation	29-35	0.161-0.263	5.7-7.2	A0, A1, C2, B1/B3, E1, E0
E	2-in. Insulation+4-in. Block	29-37	0.103-0.114	5.8-7.3	A0, A1, B1, C2/C3, E1, E0
E	8-in. Block	41-57	0.244-0.402	6.3-11.3	A0, A1, C7/C8, E1, E0
D	8-in. Block+Air Space/Insulation	41-57	0.149-0.173	8.1-11.3	A0, A1, C7/C8, B2, E1, E0
Clay Tiles(Finish)					
F	4-in. Tile	39	0.419	7.8	A0, A1, C1, E1, E0
F	4-in. Tile+Air space	39	0.303	7.8	A0, A1, C1, B1, E1, E0
E	4-in. Tile+1-in. Insulation	39	0.175	7.9	A0, A1, C1, B2, E1, E0
D	2-in. Insulation+4-in. Tile	40	0.110	7.9	A0, A1, B3, C1, E1, E0
D	8-in. Tile	63	0.296	12.5	A0, A1, C6, E1, E0
C	1-in. Tile+Air Space/1-in. Insulation	63	0.151-0.221	12.6	A0, A1, C6, H/02, E1, E0
C	2-in. Insulation+8-in. Tile	63	0.099	12.6	A0, A1, B3, C6, E1, E0

Tabel 7 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Wall

Table 3.10 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls

North Latitude Wall Facing	Solar Time, hr																								Max- imum CLTD	Min- imum CLTD	Max- imum CLTD	Differ- ence CLTD	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Group A Walls																													
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4	
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	22	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	22	18	24	6
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	20	23	14	20	6	
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	15	8	17	
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	19	20	22	23	23	24	26	1	18	27	9		
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7		
Group B Walls																													
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	9	9	9	10	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	11	11	10	10	10	10	11	11	12	12	13	14	14	15	16	16	20	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	24	24	20	15	27	12	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	24	21	14	26	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	23	23	11	22	11		
SW	27	26	26	24	22	21	19	18	16	15	14	14	14	15	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	14	28	15		
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	23	27	29	28	26	14	10	16	16		
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	22	23	24	21	11	23	9		
Group C Walls																													
N	15	14	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	19	16	22	7
NE	19	17	16	14	13	11	10	9	8	8	7	7	7	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	19	16	22	7	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	50	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	24	23	22	20	9	26	17	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	30	33	33	33	32	31	22	11	23	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	33	35	35	35	33	22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	19	16	14	12	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17	
Group D Walls																													
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	16	16	21	6	19	13	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	10	7	15	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24	
S	19	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	29	27	25	24	22	18	6	29	23	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25	
Group E Walls																													
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	21	23	24	25	26	28	29	28	17	15	16	4	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	35	36	38	37	36	34	33	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33		
SE	15	12	10	8	7	5	6	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	13	5	37	32		
S	15	12	10	8	7	5	4	5	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	9	34	31		
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40	
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	23	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33		

Table 8 CLTD Correction for Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitude

Table 3.12 CLTD Correction For Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
0	Dec	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Jan/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	0
	Apr/Aug	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5	
8	Dec	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Jan/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	1	2	4	7	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2	
16	Dec	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Jan/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Apr/Aug	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0	
24	Dec	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Jan/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Apr/Aug	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1	

Table 9 Rates of Heat Gain From Occupants of Conditioned Spaces

Table 4.5 Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces^a

Degree of Activity	Typical Application	ADULT MALE		ADJUSTED GROUP ^b		ADJUSTED GROUP ^b		ADJUSTED GROUP ^b	
		Watts/person	Btu/h/person	Watts/person	Btu/h/person	Watts/person	Btu/h/person	Watts/person	Btu/h/person
Seated at rest	Theater, movie	115	400	100	350	60	210	40	140
Seated, very light work	Offices, hotels, apts	140	480	130	420	65	230	55	190
Seated, eating	Restaurant ^c	150	520	170	580 ^c	75	255	95	325
Seated, light work, typing	Offices, hotels, apts	185	640	150	510	75	255	75	255
Standing, light work or walking slowly	Retail Store, bank	235	800	185	640	90	315	95	325
Light bench work	Factory	255	880	230	780	100	345	130	435
Walking, 3 mph, light machine work	Factory	305	1040	305	1040	100	345	205	695
Bowling ^d	Bowling alley	350	1200	280	960	100	345	180	615
Moderate dancing	Dance hall	400	1360	375	1280	120	405	255	875
Heavy work, heavy machine work, lifting	Factory	470	1600	470	1600	165	565	300	1035
Heavy work, athletics	Gymnasium	585	2000	525	1800	185	635	340	1165

Tabel 10 Kekasaran Pipa/Ducting

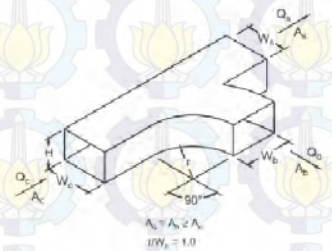
Pipe Material	Roughness Height (mm)
1. Wrought iron	0.04
2. Asbestos cement	0.05
3. Poly(vinyl chloride)	0.05
4. Steel	0.05
5. Asphalted cast iron	0.13
6. Galvanized iron	0.15
7. Cast/ductile iron	0.25
8. Concrete	0.3 to 3.0
9. Riveted steel	0.9 to 9.0

Tabel 11 Koefisien Geometri untuk *Diverging Wye*

SRS-1 Smooth Wye of Type $A_1 \leftrightarrow A_2 \rightarrow A_3$, Branch 90° to Main, Diverging

		C_2 Values								
		Q_2/Q_1								
A_1/A_2	A_3/A_2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.50	0.25	2.25	0.48	0.25	0.18	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17
	0.50	11.00	2.38	1.06	0.64	0.52	0.47	0.47	0.47	0.48
	1.00	60.00	13.00	4.78	2.06	0.96	0.47	0.51	0.27	0.26
0.75	0.25	2.19	0.55	0.35	0.31	0.33	0.35	0.36	0.37	0.39
	0.50	13.00	2.50	0.89	0.47	0.34	0.31	0.32	0.36	0.43
	1.00	70.00	15.00	5.67	2.63	1.36	0.78	0.53	0.41	0.36
1.00	0.25	3.44	0.78	0.42	0.33	0.30	0.31	0.40	0.42	0.46
	0.50	15.50	3.00	1.11	0.63	0.48	0.42	0.40	0.42	0.46
	1.00	67.00	13.75	5.11	2.31	1.28	0.81	0.59	0.47	0.46

		C_3 Values								
		Q_3/Q_1								
A_1/A_2	A_3/A_2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.50	0.25	8.65	1.12	0.21	0.05	0.06	-0.10	-0.15	-0.19	-0.24
	0.50	7.59	0.98	0.19	0.05	0.06	-0.10	-0.14	-0.18	-0.25
	1.00	5.21	0.68	0.15	0.06	0.07	-0.10	-0.13	-0.16	-0.19
0.75	0.25	19.62	3.25	0.86	0.23	0.05	0.02	0.00	0.00	0.03
	0.50	20.62	3.24	0.76	0.14	-0.03	-0.07	-0.05	-0.01	0.03
	1.00	17.01	2.25	0.53	0.07	-0.05	-0.05	-0.02	0.02	0.08
1.00	0.25	46.00	9.90	3.22	1.31	0.52	0.14	0.02	0.05	-0.01
	0.50	35.34	6.49	1.98	0.69	0.22	0.00	-0.04	-0.05	-0.05
	1.00	38.95	7.10	2.15	0.74	0.23	0.02	-0.04	-0.05	-0.04



Tabel 12 Koefisien Geometri untuk *Elbow*

CR3-1 Elbow, Smooth Radius, Without Vanes

$C_D = KC_D$, where K = angle factor

r/W	C_D Values										
	0.25	0.50	0.75	1.0	1.50	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
0.50	1.31	1.38	1.50	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18
0.75	0.37	0.52	0.48	0.44	0.40	0.30	0.30	0.40	0.42	0.45	0.44
1.00	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.30	0.21	0.21
1.50	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.00	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

Angle Factor K											
θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0.00	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40

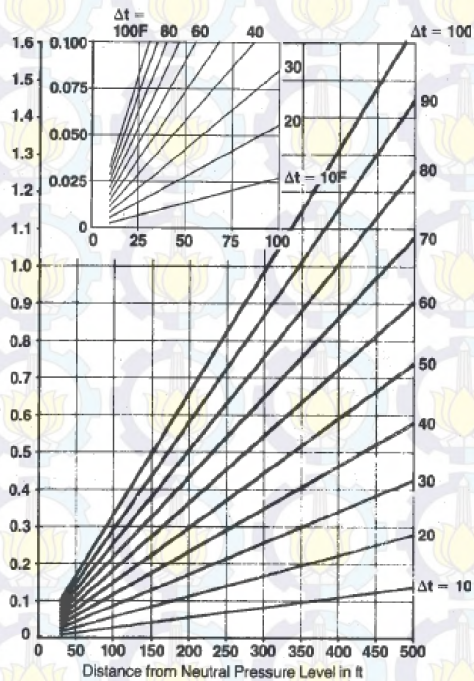
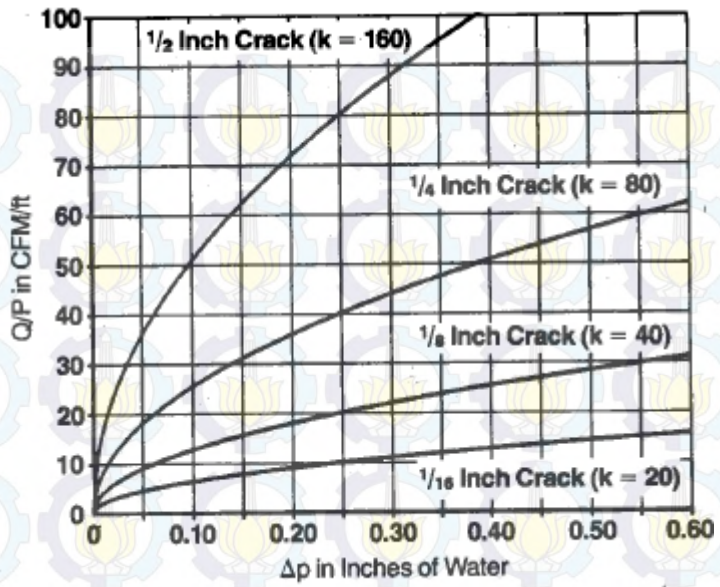
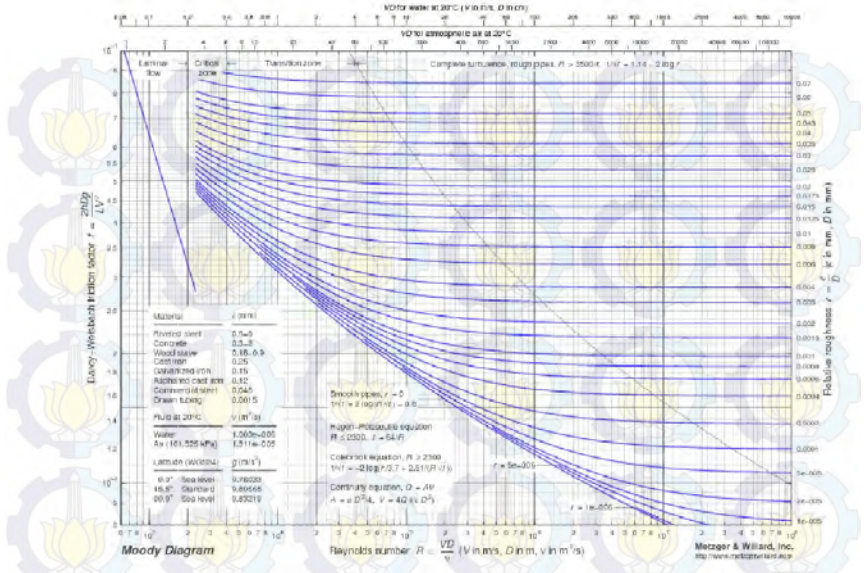


Fig. 5.1 Pressure Difference Due to Stack Effect

Gambar 1 Pressure Difference Due to Stack Effect



Gambar 2 Infiltrasi melalui pintu tipe *Swinging Door*



Gambar 4 Moody Diagram



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



LAMPIRAN B



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Tabel 1a Beban pendinginan akibat peralatan listrik pada unit
MZ-04

	Samsat				
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
MZ 04	Komputer	2	375,33	750,66	1347,41
	Printer	1	443,30	443,3	
	Scanner	1	153,45	153,45	
	Jade				
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Speaker	1	238,7	238,7	455,6783
	DVD	1	12,3783	12,3783	
	Mesin kasir	1	204,6	204,6	
Total Heat Gain					1803,088

Tabel 1b Beban pendinginan akibat peralatan listrik pada unit
MZ-05

	Bloom				
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
MZ 05	Komputer	1	375,33	375,33	841,136
	Telepon	1	22,506	22,506	
	Printer	1	443,30	443,3	
Izone					

No	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Komputer	1	375,33	375,33	528,78
	Scanner	1	153,45	153,45	
Total Heat Gain					1369,916

Tabel 1c Beban pendinginan akibat peralatan listrik pada unit MZ-06

Naughty					
MZ 06	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Komputer	1	375,33	375,33	972,08
	Printer	1	443,30	443,3	
	Scanner	1	153,45	153,45	
Total Heat Gain					972,08

Tabel 1d Beban pendinginan akibat peralatan listrik pada unit MZ-07

Paris					
MZ 07	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Speaker	2	238,7	477,4	546,0433
	TV	1	56,265	56,265	
	DVD	1	12,3783	12,3783	

Love					
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Speaker	1	238,7	238,7	251,0783
	DVD	1	12,3783	12,3783	
Liana					
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Telepon	1	22,506	22,506	22,506
Eravone					
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Komputer	1	375,33	375,33	397,836
	Telepon	1	22,506	22,506	
Faza					
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	TV	1	56,265	56,265	307,3433
	Speaker	1	238,7	238,7	
	DVD	1	12,3783	12,3783	
Raviola					
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Komputer	1	375,33	375,33	818,63
	Printer	1	443,30	443,3	
Malibo					

	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Speaker	2	238,7	477,4	489,7783
	DVD	1	12,3783	12,3783	
Zona 35					
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Speaker	1	238,7	238,7	251,0783
	DVD	1	12,3783	12,3783	
Salwa					
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Tape	1	56,265	56,265	56,265
Total Heat Gain					3140,559

Tabel 1e Beban pendinginan akibat peralatan listrik pada unit MZ-08

Buti					
	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
MZ-08	Komputer	2	375,33	750,66	1693,866
	Telepon	1	22,506	22,506	
	Printer	1	443,30	443,3	
	Speaker	2	238,7	477,4	
	Total Heat Gain				

Tabel 1f Beban pendinginan akibat peralatan listrik pada unit
MZ-11

Lina					
MZ 11	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
		Telepon	1	22,506	22,506
Koridor					
MZ 11	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
	Komputer	0	375,33	0	728,4783
	speaker	3	238,7	716,1	
	DVD	1	12,3783	12,3783	
	Total Heat Gain				

Tabel 1g Beban pendinginan akibat peralatan listrik pada unit
MZ-12

Koridor					
MZ 12	Nama Peralatan	Jumlah	Heat Gain Per Peralatan	Heat Gain Total Per Peralatan	Heat Gain Total Per Tenan
		Komputer	4	375,33	1501,32
	speaker	4	238,7	954,8	
	DVD	2	12,3783	24,7566	
Total Heat Gain					2480,877

Tabel 2 Beban pendinginan akibat infiltrasi

AC	Pintu	Lebar	Tinggi	Perimeter	Tinggi lantai	Jarak normal pressure level
		ft	ft	Ft	ft	ft
MZ-12	Barat	6,562	8,202	29,528	9,843	9,841
MZ-5	Tengah	9,842	8,202	36,089	9,843	9,841
MZ-5	Elevator	6,560	8,202	29,524	9,843	9,841
MZ-5	Elevator	6,560	8,202	29,524	9,843	9,841
MZ-06	Karyawan timur	6,562	8,202	29,528	9,843	22,960
MZ-06	Karyawan selatan	3,281	8,202	22,966	9,843	22,960
MZ-06	Gudang 1	3,281	8,202	22,966	9,843	22,960
MZ-06	Gudang 2	3,281	8,202	22,966	9,843	22,960

T room	W room	T outside	W outside	ΔW	ΔT
°F	Lb/lb d.a	°F	Lb/lb d.a		
75,2	0,009	86,4	0,021	0,012	11,2
75,2	0,009	86,4	0,021	0,012	11,2
75,2	0,009	91,4	0,022	0,013	16,2
75,2	0,009	91,4	0,022	0,013	16,2
75,2	0,009	86,4	0,021	0,012	11,2
75,2	0,009	86,4	0,021	0,012	11,2
75,2	0,009	86,4	0,021	0,012	11,2
75,2	0,009	86,4	0,021	0,012	11,2

$\Delta P/Cd$	Cd	ΔP	K	Q/P	Q	q l	Total ql	qs	Total qs
			Inch	cfm/ft	cfm	btu/hr	btu/hr	btu/hr	btu/hr
0,01	0,8	0,008	0,013	4	118,110	6688,347	6688,347	1455,118	1455,118
0,01	0,8	0,008	0,013	4	144,357	8174,628	23803,481	1778,474	6309,387
					127,130	7814,427		2265,457	
					127,130	7814,427		2265,457	
0,01	0,8	0,008	0,013	4	118,110	6688,347	22294,367	1455,118	4850,367
0,01	0,8	0,008	0,013	4	91,863	5202,007		1131,750	
0,01	0,8	0,008	0,013	4	91,863	5202,007		1131,750	
0,01	0,8	0,008	0,013	4	91,863	5202,007		1131,750	

Tabel 3a Perhitungan nilai koefisien konveksi (h) saluran udara unit MZ-05

Panjang Saluran	Lebar	Tinggi	Side	Top	Bottom	Teff	Side	Top	Bottom
			Ts	Ts	Ts		T film	T film	T film
m	m	m	K	K	K	K	K	K	K
1,2	1,27	0,254	299,9	298,87	299,84	301	300,45	299,935	300,42

Side								
v	α	K	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59E-05	2,26E-05	0,026333	0,0033	0,706937	1635017	19,05976	1,97601	0,347996

Top								
v	α	K	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59E-05	2,25E-05	0,026295	0,0033	0,707009	49883598	22,69098	0,939628	0,165478

1,59E-05	2,26E-05	0,026331	0,003329	0,707009	30319258	46,77324	1,864915	0,328431
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Tabel 3c Perhitungan nilai koefisien konveksi (h) saluran udara unit MZ-07

	V	Tmi	panjang saluran	Lebar	Tinggi	Luas	Perimeter
	m/s	K	m	m	m	m ²	m
Internal flow	4,72	288,9	2	0,8636	0,3556	0,307096	2,4384
	4,48	288,8	2,8	0,8636	0,3556	0,307096	2,4384
	4,3	288,8	2,8	0,7874	0,3556	0,279999	2,286
	3,58	290,8	3,2	0,7874	0,3556	0,279999	2,286
	3,46	290,4	3,2	0,6858	0,3556	0,24387	2,0828
	2,5	292	3,2	0,6858	0,3556	0,24387	2,0828
	3	292	3,2	0,6604	0,3048	0,20129	1,9304
	2,15	292	3,2	0,6604	0,3048	0,20129	1,9304
	2,8	292,3	3,2	0,4064	0,2032	0,08258	1,2192

Dh	ρ	μ	Re	Pr	Nu	k	h	h
						W/mK	W/m ² K	
m	kg/m ³	Ns/m ²						
0,5037667	1,2131926	0,000017905	161111,6159	0,709886	293,7006	0,025412	14,8154273	2,609149
0,5037667	1,2136592	0,0000179	153021,0448	0,709912	281,8452	0,025404	14,212918	2,503041
0,4899378	1,2136592	0,0000179	142841,0734	0,709912	266,7424	0,025404	13,8309911	2,435779
0,4899378	1,2043272	0,000018	117353,4724	0,709392	227,8658	0,025564	11,889593	2,093879
0,4683512	1,2061936	0,00001798	108711,3995	0,709496	214,3522	0,025532	11,6853323	2,057907
0,4683512	1,198728	0,00001806	77716,73874	0,70908	163,8391	0,02566	8,97640794	1,580837
0,4170947	1,198728	0,00001806	83053,67769	0,70908	172,7798	0,02566	10,6295522	1,871973
0,4170947	1,198728	0,00001806	59521,80235	0,70908	132,357	0,02566	8,14270557	1,434014
0,2709333	1,1973282	0,000018075	50252,23441	0,709002	115,5876	0,025684	10,9574966	1,929727

Eksternal Flow	Panjang Saluran	Lebar	Tinggi	Side	Top	Bottom	Tinf	Side	Top	Bottom
				Ts	Ts	Ts		T film	T film	T film
				K	K	K		K	K	K
	m	m	m	K	K	K	K	K	K	K
	16,333	2,361	0,972	299,8	299	300	301	300,4	300	300,5
	20,775	2,361	0,972	299,8	299	300	301	300,4	300	300,5
	20,775	2,152	0,972	299,8	299	300	301	300,4	300	300,5
	20,775	2,152	0,972	299,9	299,1	300,1	301	300,45	300,05	300,55
	20,775	1,875	0,972	299,9	299,3	300,1	301	300,45	300,15	300,55
	20,775	1,875	0,972	300	299,4	300,2	301	300,5	300,2	300,6
	20,775	1,808	0,833	300	299,5	300,2	301	300,5	300,25	300,6
	20,775	1,808	0,833	300	299,5	300,2	301	300,5	300,25	300,6
	8,667	1,108	0,558	300,1	299,6	300,2	301	300,55	300,3	300,6

Side								
v	α	K	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59302E-05	2,26E-05	0,0263296	0,003329	0,706944	100191345	52,10419	1,410676	0,248434564
1,59302E-05	2,26E-05	0,0263296	0,003329	0,706944	100191345	52,10419	1,410676	0,248434564
1,59302E-05	2,26E-05	0,0263296	0,003329	0,706944	100191345	52,10419	1,410676	0,248434564
1,59353E-05	2,26E-05	0,0263333	0,003328	0,706937	91767694,3	50,9874	1,380634	0,243143839
1,59353E-05	2,26E-05	0,0263333	0,003328	0,706937	91767694,3	50,9874	1,380634	0,243143839
1,59403E-05	2,26E-05	0,026337	0,003328	0,70693	83357640,4	49,79287	1,348478	0,237480828
1,59403E-05	2,26E-05	0,026337	0,003328	0,70693	52448472,5	44,42135	1,40391	0,247242993
1,59403E-05	2,26E-05	0,026337	0,003328	0,70693	52448472,5	44,42135	1,40391	0,247242993
1,59453E-05	2,26E-05	0,0263407	0,003327	0,706923	14185614,1	32,22427	1,520256	0,267732797

Top								
v	α	K	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
0,00001589	0,0000225	0,0263	0,003333	0,707	300562226	35,55063513	0,792078	0,139493
0,00001589	0,0000225	0,0263	0,003333	0,707	300562226	35,55063513	0,792078	0,139493
0,00001589	0,0000225	0,0263	0,003333	0,707	227807435	33,17078411	0,81058	0,142752
1,5895E-05	2,25074E-05	0,026304	0,003333	0,706993	216241406	32,74149294	0,800207	0,140925
1,59051E-05	2,25222E-05	0,026311	0,003332	0,706979	127674315	28,70051226	0,805484	0,141854
1,59101E-05	2,25296E-05	0,026315	0,003331	0,706972	120066614	28,26306972	0,793319	0,139712
1,59152E-05	0,000022537	0,026319	0,003331	0,706965	100895769	27,06026234	0,7876706	0,138717
1,59152E-05	0,000022537	0,026319	0,003331	0,706965	100895769	27,06026234	0,7876706	0,138717
1,59202E-05	2,25444E-05	0,026322	0,00333	0,706958	21663734,3	18,42031677	0,8749412	0,154086

Bottom								
v	α	K	β	Pr	Ra	Nu	h	H
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59E-05	2,26E-05	0,026337	0,00332779	0,707	149067369	79,53387	1,774529	0,312513
1,59E-05	2,26E-05	0,026337	0,00332779	0,707	149067369	79,53387	1,774529	0,312513
1,59E-05	2,26E-05	0,026337	0,00332779	0,707	112983775	72,51535	1,774529	0,312513
1,59E-05	2,26E-05	0,0263407	0,00332723	0,706993	101603103	69,99391	1,713067	0,301689
1,59E-05	2,26E-05	0,0263407	0,00332723	0,706979	67155457	60,9703	1,713067	0,301689
1,6E-05	2,26E-05	0,0263444	0,00332668	0,706972	59645443	58,60712	1,646901	0,290036
1,6E-05	2,26E-05	0,0263444	0,00332668	0,706965	53506792	56,52331	1,646901	0,290036
1,6E-05	2,26E-05	0,0263444	0,00332668	0,706965	53506792	56,52331	1,646901	0,290036
1,6E-05	2,26E-05	0,0263444	0,00332668	0,706958	12319260	34,64332	1,646901	0,290036

Tabel 3d Perhitungan nilai koefisien konveksi (h) saluran udara unit MZ-08

Panjang Saluran	Lebar	Tinggi	Side	Top	Bottom	Tinf	Side	Top	Bottom
			Ts	Ts	Ts		T film	T film	T film
m	m	m	K	K	K	K	K	K	K
2,4	1,27	0,381	299,9	299,1	300	301	300,45	300,05	300,5

Side								
v	α	K	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59E-05	2,26E-05	0,026333	0,0033	0,706937	5518181	25,59199	1,768823	0,311508

Top								
v	α	K	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59E-05	2,25E-05	0,026304	0,003333	0,706993	44414067	22,04164	0,913034	0,160795

Bottom								
v	α	K	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59E-05	2,26E-05	0,026337	0,003328	0,706993	23205865	42,7849	1,774529	0,312513

Tabel 3e Perhitungan nilai koefisien konveksi (h) saluran udara unit MZ-11

	V	Tmi	panjang saluran	Lebar	Tinggi	Luas	Perimeter
	m/s	K	m	m	m	m ²	m
Internal Flow	1,914706	273	1,4	0,8636	0,3048	0,263225	2,3368
	2,52	273	1,4	0,6096	0,254	0,154838	1,7272
	1,70625	273	1	0,6096	0,254	0,154838	1,7272
	4,8	273	0,4	0,2286	0,1778	0,040645	0,8128
	4,8	273	1	0,2286	0,1778	0,040645	0,8128
	2,7	273	1,8	0,2286	0,1778	0,040645	0,8128

Dh	ρ	μ	Re	Pr	Nu	K	h	h
m	kg/m ³	Ns/m ²				W/mK	W/m ² k	
0,450574	1,287382	1,71E-05	64912,08	0,71402	142,2566	0,02414	7,621556	1,342234
0,358588	1,287382	1,71E-05	67991,4	0,71402	147,6302	0,02414	9,938399	1,750254
0,358588	1,287382	1,71E-05	46035,85	0,71402	108,066	0,02414	7,274952	1,281194
0,200025	1,287382	1,71E-05	72240,87	0,71402	154,9667	0,02414	18,70214	3,293639
0,200025	1,287382	1,71E-05	72240,87	0,71402	154,9667	0,02414	18,70214	3,293639
0,200025	1,287382	1,71E-05	40635,49	0,71402	97,79944	0,02414	11,80292	2,078615

Eksternal Flow	Panjang Saluran	Lebar	Tinggi	Side	Top	Bottom	Tinf	Side	Top	Bottom
	m	m	m	Ts	Ts	Ts	K	T film	T film	T film
				K	K	K		K	K	K
	3,827645	2,36111	0,833333	299,8	299,1	300	301	300,4	299,75	299,875
	3,827645	1,666666	0,694444	299,8	299,2	300	301	300,4	299,8	299,9
	2,734032	1,666666	0,694444	299,8	299,1	300	301	300,4	299,75	299,875
	1,093613	0,625	0,486111	299,9	299,5	300	301	300,45	299,975	299,9875

	2,734032	0,625	0,486111	300	299,6	300,1	301	300,5	300,05	300,075
	4,921258	0,625	0,486111	300	299,6	300,1	301	300,5	300,05	300,075

Side								
v	α	k	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59E-05	2,26E-05	0,02633	0,003329	0,706944	63040132	46,47986	1,468556	0,258628
1,59E-05	2,26E-05	0,02633	0,003329	0,706944	36481558	40,62645	1,540337	0,271269
1,59E-05	2,26E-05	0,02633	0,003329	0,706944	36481558	40,62645	1,540337	0,271269
1,59E-05	2,26E-05	0,026333	0,003328	0,706937	11461121	30,58654	1,656915	0,2918
1,59E-05	2,26E-05	0,026337	0,003328	0,70693	10410766	29,87642	1,618674	0,285065
1,59E-05	2,26E-05	0,026337	0,003328	0,70693	10410766	29,87642	1,618674	0,285065

Top								
v	α	K	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59E-05	2,25E-05	0,026282	0,003336	0,707035	2,87E+08	35,13643	0,782207	0,137755
1,59E-05	2,25E-05	0,026285	0,003336	0,707028	95485680	26,68998	0,841862	0,148261
1,59E-05	2,25E-05	0,026282	0,003336	0,707035	1,01E+08	27,0587	0,853372	0,150288
1,59E-05	2,25E-05	0,026298	0,003334	0,707004	4184230	12,21146	1,027645	0,180979
1,59E-05	2,25E-05	0,026304	0,003333	0,706993	3900527	11,99899	1,009977	0,177867
1,59E-05	2,25E-05	0,026304	0,003333	0,706993	3900527	11,99899	1,009977	0,177867

Bottom								
v	α	k	β	Pr	Ra	Nu	h	h
m ² /s	m ² /s	W/m.K					W/m ² .K	Btu/hr. ft ² .K
1,59E-05	2,25E-05	0,026291	0,003335	7,07E-07	1,51E+08	79,81252	1,77741	0,31302
1,59E-05	2,25E-05	0,026293	0,003334	7,07E-07	52961434	56,33062	1,777295	0,313

1,59E-05	2,25E-05	0,026291	0,003335	7,07E-07	52982958	56,33825	1,77741	0,31302
1,59E-05	2,25E-05	0,026299	0,003333	7,07E-07	2788920	21,11397	1,77689	0,312929
1,59E-05	2,25E-05	0,026306	0,003333	7,07E-07	2506464	20,37566	1,715178	0,302061
1,59E-05	2,25E-05	0,026306	0,003333	7,07E-07	2506464	20,37566	1,715178	0,302061

Tabel 3f Perhitungan nilai koefisien konveksi (h) saluran udara unit MZ-12

v	T _{mi}	panjang saluran	Lebar	Tinggi	Luas	Perimeter	Dh
m/s	K	m	m	m	m ²	m	m
1,945588	288,7	1,6	1,016	0,381	0,387096	2,794	0,554182
2,54625	289,05	2	1,016	0,381	0,387096	2,794	0,554182
1,7325	289,45	2,6	0,9144	0,3048	0,278709	2,4384	0,4572
6,3	289,7	2,8	0,8636	0,3048	0,263225	2,3368	0,450574
6,3	290,4	3,8	0,6096	0,254	0,154838	1,7272	0,358588
3,1	290,75	3,2	0,4826	0,1778	0,085806	1,3208	0,259862

ρ	μ	Re	Pr	Nu	k	h	h
kg/m ³	Ns/m ²				W/mK	W/m ² k	Btu/hr. ft ² .K
1,214126	1,79E-05	73153,52	0,709938	156,1724	0,025396	7,156773	1,260381
1,212493	1,79E-05	95516,03	0,709847	193,3102	0,025424	8,868422	1,56182
1,210626	1,79E-05	53474,75	0,709743	121,5311	0,025456	6,766611	1,19167
1,20946	1,79E-05	191317,4	0,709678	336,9427	0,025476	19,05115	3,355104
1,206194	1,8E-05	151552,8	0,709496	279,614	0,025532	19,90892	3,506166
1,204561	1,8E-05	53916,31	0,709405	122,3099	0,02556	12,03041	2,118679

Tabel 4 Perhitungan nilai U saluran udara pada lantai II mall
 “XYZ”

AC	R total	U
MZ 5	35,95581645	0,027811912
MZ 6	36,01536153	0,02776593
MZ 7	39,92310274	0,025048153
	39,93935006	0,025037964
	39,78670732	0,025134023
	40,23457307	0,024854247
	40,19642247	0,024877836
	40,7804907	0,024521529
	40,40091746	0,024751913
	40,56406502	0,024652362
	39,04680501	0,02561029
MZ 8	36,96010255	0,027056202
MZ 11	40,08011904	0,024950026
	39,02551504	0,025624261
	39,15069936	0,025542328
	37,01075353	0,027019174
	37,38497346	0,026748715
	37,56958937	0,026617273
MZ 12	40,86438751	0,024471185
	40,81482718	0,0245009
	40,25146067	0,024843819
	40,21890455	0,024863929
	39,61251243	0,025244549
	38,69617142	0,02584235

Tabel 6a Beban pendinginan pada saluran udara unit MZ-05

AC	U	Luas Selimut (m ²)	Q (Btu/hr)
MZ-05	0,027812	52,49344168	21,89914

Tabel 6b Beban pendinginan pada saluran udara unit MZ-06

AC	U	Luas Selimut (m ²)	Q (Btu/hr)
MZ-06	0,027766	52,49344	20,40541

Tabel 6c Beban pendinginan pada saluran udara unit MZ-07

AC	U	Luas Selimut (m ²)	Q (Btu/hr)
MZ-07	0,025048153	52,49344168	15,90985
	0,025037964	73,49081835	22,35673
	0,025134023	68,8976422	21,12643
	0,024854247	78,74016252	21,91871
	0,024877836	71,74103696	18,56152
	0,024521529	71,74103696	17,24016
	0,024751913	66,49169279	14,81217
	0,024652362	66,49169279	14,7526
	0,02561029	41,99475334	9,518156
Total			156,1963

Tabel 6d Beban pendinginan pada saluran udara unit MZ-08

AC	U	Luas Selimut (m ²)	Q (Btu/hr)
MZ-08	0,027056	52,49344	18,03747

Tabel 6e Beban pendinginan pada saluran udara unit MZ-11

AC	U	Luas Selimut (m ²)	Q (Btu/hr)
MZ-11	0,02495	42,69681	12,35732
	0,025624	25,11577	7,465448
	0,025542	17,93984	5,429968
	0,027019	1,883683	0,580209
	0,026749	4,709207	1,322635
	0,026617	8,476573	2,335201
Total			29,49078

Tabel 6f Beban pendinginan pada saluran udara unit MZ-12

AC	U	Luas Selimut (m ²)	Q (Btu/hr)
MZ-12	0,024471	48,11899	14,4836
	0,024501	60,14873	17,61069
	0,024844	68,24147	19,58162
	0,024864	70,4287	19,78782
	0,025245	70,64742	18,9047
	0,025842	45,49431	12,05072
Total			102,4192

Tabel 7a Room Sensible Heat Gain (RSHG) pada unit MZ-04

AC	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
MZ 04	Qtransmisi kaca	191,412	-446,628	-1084,67	-1722,71	-1722,71	-1722,71	-1722,71	191,412
	Qtransmisi dinding	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318
	Qradiasi	2629,706	2410,564	1972,28	1753,138	1533,995	1753,138	2410,564	3067,991
	Qinfiltrasi	0	0	0	0	0	0	0	0
	Qpartisi	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14
	Qpenghuni	17640	17640	17640	17640	17640	17640	17640	17640
	Qpenerangan	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22
	Operalatan	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088
	Qducting	0	0	0	0	0	0	0	0
	Qfan	1981,094	1938,235	1884,419	1841,56	1830,603	1841,56	1874,431	2003,008
	RSHG	41602,98	40702,94	39572,8	38672,76	38442,66	38672,76	39363,05	42063,18

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
829,452	2105,532	4019,652	5295,732	7209,852	7847,892	8485,932	8485,932
324,318	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318
4601,986	6793,408	9203,972	11395,39	12491,11	12710,25	11614,54	10299,68
0	0	0	0	0	0	0	0
2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14
17640	17640	17640	17640	17640	17640	17640	17640
14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22
1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088
0	0	0	0	0	0	0	0
2111,61	2284,985	2501,22	2674,595	2825,086	2867,945	2845,062	2779,319
44343,81	47984,69	52525,61	56166,49	59326,81	60226,85	59746,3	58365,7

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
7847,892	7209,852	5933,772	4657,692	3381,612	2105,532	1467,492	829,452
324,318	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318	324,318
8984,83	7669,977	6355,124	5478,555	4601,986	3944,56	3506,275	3067,991
0	0	0	0	0	0	0	0
2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14	2212,14
17640	17640	17640	17640	17640	17640	17640	17640
14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22	14821,22
1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088	1803,088
0	0	0	0	0	0	0	0
2681,674	2584,03	2454,483	2346,851	2239,218	2142,543	2088,727	2034,91
56315,16	54264,63	51544,15	49283,86	47023,58	44993,4	43863,26	42733,12

Tabel 7b Room Sensible Heat Gain (RSHG) pada unit MZ-05

AC	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
MZ 05	Qtransmisi kaca	78,583	-183,359	-445,301	-707,243	-707,243	-707,243	-707,243	78,583
	Qtransmisi dinding								
	Qradiasi	1079,603	989,636	809,702	719,735	629,768	719,735	989,636	1259,536
	Qinfiltrasi	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387
	Qpartisi	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482
	Qpenghuni	9765	9765	9765	9765	9765	9765	9765	9765
	Qpenerangan	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176
	Qperalatan	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916
	Qducting	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899
	Qfan	1672,852	1655,257	1633,163	1615,568	1611,069	1615,568	1629,063	1681,849
	RSHG	35129,897	34760,393	34296,424	33926,920	33832,455	33926,920	34210,316	35318,828

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
340,524	864,408	1650,233	2174,116	2959,941	3221,883	3483,824	3483,824
1889,305	2788,974	3778,609	4678,278	5128,113	5218,080	4768,245	4228,444
6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387
5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482
9765	9765	9765	9765	9765	9765	9765	9765
9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176
1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916
21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899
1726,434	1797,612	1886,385	1957,563	2019,346	2036,941	2027,546	2000,556
36255,12	37749,853	39614,087	41108,817	42406,259	42775,76	42578,476	42011,685

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
3221,883	2959,941	2436,058	1912,174	1388,291	864,408	602,466	340,524
3688,643	3148,841	2609,040	2249,172	1889,305	1619,404	1439,470	1259,536
6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387	6309,387
5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482	5306,482
9765	9765	9765	9765	9765	9765	9765	9765
9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176	9526,176
1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916	1369,916
21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899	21,899
1960,469	1920,382	1867,198	1823,010	1778,823	1739,134	1717,040	1694,946
41169,85	40328,02	39211,155	38283,217	37355,278	36521,805	36057,836	35593,867

Tabel 7c Room Sensible Heat Gain (RSHG) pada unit MZ-06

AC	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
MZ 06	Qtransmisi kaca	298,205	-695,812	-1689,830	-2683,848	-2683,848	-2683,848	-2683,848	298,205
	Qtransmisi dinding	0	0	0	0	0	0	0	0
	Qradiasi	3709,344	3367,937	2814,303	2472,896	2131,489	3506,331	5693,166	7880,000
	Qinfiltrasi	4850,367	4850,367	4850,367	4850,367	4850,367	4850,367	4850,367	4850,367
	Qpartisi	8077,272	8077,272	8077,272	8077,272	8077,272	8077,272	8077,272	8077,272
	Qpenghuni	14175	14175	14175	14175	14175	14175	14175	14175
	Qpenerangan	11850,400	11850,400	11850,400	11850,400	11850,400	11850,400	11850,400	11850,400
	Qperalatan	972,080	972,080	972,080	972,080	972,080	972,080	972,080	972,080
	Qducting	20,405	20,405	20,405	20,405	20,405	20,405	20,405	20,405
	Qfan	2197,654	2130,883	2053,500	1986,729	1969,658	2038,400	2147,742	2406,187
	RSHG	46150,728	44748,533	43123,498	41721,302	41362,825	42806,408	45102,585	50529,917

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
1292,223	3280,259	6262,312	8250,347	11232,4	12226,418	13220,44	13220,44
0	0	0	0	0	0	0	0
10657,386	13554,738	16147,599	17623,978	17910,039	17476,370	15898,515	14237,612
4850,367	4850,367	4850,367	4850,367	4850,367	4850,367	4850,367	4850,367
8077,272	8077,272	8077,272	8077,272	8077,272	8077,272	8077,272	8077,272
14175	14175	14175	14175	14175	14175	14175	14175
11850,400	11850,400	11850,400	11850,400	11850,400	11850,400	11850,400	11850,400
972,080	972,080	972,080	972,080	972,080	972,080	972,080	972,080
20,405	20,405	20,405	20,405	20,405	20,405	20,405	20,405
2594,757	2839,026	3117,772	3290,993	3454,398	3482,416	3453,224	3370,179
54489,891	59619,547	65473,208	69110,843	72542,363	73130,729	72517,700	70773,752

Tabel 9a Beban pendinginan total pada unit MZ-04

AC	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
MZ-04	RTHG	59802,98	58902,94	57772,8	56872,76	56642,66	56872,76	57563,05	60263,18
	RSHG+10%	45763,28	44773,23	43530,08	42540,03	42286,92	42540,03	43299,36	46269,5
	RTHG+10%	65783,28	64793,23	63550,08	62560,03	62306,92	62560,03	63319,36	66289,5

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
62543,81	66184,69	70725,61	74366,49	77526,81	78426,85	77946,3	76565,7
48778,2	52783,16	57778,17	61783,14	65259,49	66249,54	65720,93	64202,27
68798,2	72803,16	77798,17	81803,14	85279,49	86269,54	85740,93	84222,27

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
74515,16	72464,63	69744,15	67483,86	65223,58	63193,4	62063,26	60933,12
61946,68	59691,09	56698,56	54212,25	51725,94	49492,74	48249,59	47006,43
81966,68	79711,09	76718,56	74232,25	71745,94	69512,74	68269,59	67026,43

Tabel 9b Beban pendinginan total pada unit MZ-05

AC	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
MZ-05	RTHG	69008,379	68638,875	68174,906	67805,402	67710,936	67805,402	68088,797	69197,309
	RSHG+10%	38642,887	38236,433	37726,067	37319,612	37215,7	37319,612	37631,347	38850,711
	RTHG+10%	75909,217	75502,762	74992,396	74585,942	74482,03	74585,942	74897,677	76117,04

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
70133,605	71628,335	73492,569	74987,299	76284,741	76654,245	76456,958	75890,166
39880,636	41524,839	43575,496	45219,699	46646,885	47053,34	46836,324	46212,853
77146,965	78791,168	80841,825	82486,028	83913,215	84319,669	84102,653	83479,183

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
75048,336	74206,506	73089,637	72161,698	71233,76	70400,287	69936,317	69472,348
45286,84	44360,827	43132,271	42111,539	41090,806	40173,986	39663,619	39153,253
82553,17	81627,156	80398,6	79377,868	78357,136	77440,315	76929,949	76419,583

Tabel 9c Beban pendinginan total pada unit MZ-06

MZ-06	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	RTHG	83070,095	81667,899	80042,864	78640,669	78282,191	79725,775	82021,951	87449,284
RSHG+10%	50765,801	49223,386	47435,848	45893,432	45499,107	47087,049	49612,843	55582,909	
RTHG+10%	91377,104	89834,689	88047,151	86504,735	86110,41	87698,353	90224,147	96194,212	

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
91409,258	96538,914	102392,57	106030,21	109461,73	110050,1	109437,07	107693,12
59938,88	65581,502	72020,529	76021,927	79796,599	80443,802	79769,47	77851,127
100550,18	106192,81	112631,83	116633,23	120407,9	121055,11	120380,77	118462,43

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
104769,81	101846,51	97879,484	94493,776	91243,706	88216,476	86455,803	84695,13
74635,491	71419,855	67056,129	63331,85	59756,774	56426,82	54490,08	52553,339
115246,79	112031,16	107667,43	103943,15	100368,08	97038,123	95101,383	93164,643

Tabel 9d Beban pendinginan total pada unit MZ-07

Jenis Beban	Solar Time							
	1	2	3	4	5	6	7	8
MZ-07 RTHG	123426,9	122422,6	121161,6	120157,4	119900,6	120157,4	120927,6	123940,3
RSHG+10%	85004,54	83899,87	82512,79	81408,12	81125,7	81408,12	82255,36	85569,37
RTHG+10%	135769,5	134664,9	133277,8	132173,1	131890,7	132173,1	133020,4	136334,4

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
126485	130547,4	135614,1	139676,5	143202,7	144207	143670,8	142130,3
88368,53	92837,18	98410,5	102879,2	106758	107862,7	107272,9	105578,4
139133,5	143602,2	149175,5	153644,2	157523	158627,7	158037,9	156343,4

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
139842,4	137554,4	134519	131997	129475,1	127209,8	125948,8	124687,8
103061,6	100544,9	97205,9	94431,73	91657,56	89165,8	87778,71	86391,63
153826,6	151309,9	147970,9	145196,7	142422,6	139930,8	138543,7	137156,6

Tabel 9e Beban pendinginan total pada unit MZ-08

AC	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
MZ-08	GTH	55612,05	52792,14	51669,43	48849,52	48793,17	71434,19	97654,59	120042,8
	RSHG+10%	51878,26	48776,36	47541,37	44439,47	44377,49	69282,61	98125,05	122752,1
	GTH+10%	61173,26	58071,36	56836,37	53734,47	53672,49	78577,61	107420	132047,1

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
131822,3	136028,8	130870,6	121095,8	117362,7	111449,2	108813,4	103382,3
135709,5	140336,7	134662,6	123910,4	119803,9	113299,2	110399,7	104425,5
145004,5	149631,7	143957,6	133205,4	129098,9	122594,2	119694,7	113720,5

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
96916,49	92182,52	82943,8	77250,38	71569,32	65913,56	63056	58457,25
97313,14	92105,77	81943,18	75680,42	69431,26	63209,92	60066,6	55007,98
106608,1	101400,8	91238,18	84975,42	78726,26	72504,92	69361,6	64302,98

Tabel 9f Beban pendinginan total pada unit MZ-11

AC	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
MZ-11	RTHG	39453,46	39335,15	39216,84	39098,53	38861,91	38743,6	38506,98	38270,36
	RSHG+10%	29813,81	29683,67	29553,53	29423,39	29163,1	29032,96	28772,68	28512,4
	RTHG+10%	43398,81	43268,67	43138,53	43008,39	42748,1	42617,96	42357,68	42097,4

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
38152,05	38033,74	37915,43	37797,12	37678,81	37678,81	37678,81	37797,12
28382,26	28252,12	28121,98	27991,84	27861,69	27861,69	27861,69	27991,84
41967,26	41837,12	41706,98	41576,84	41446,69	41446,69	41446,69	41576,84

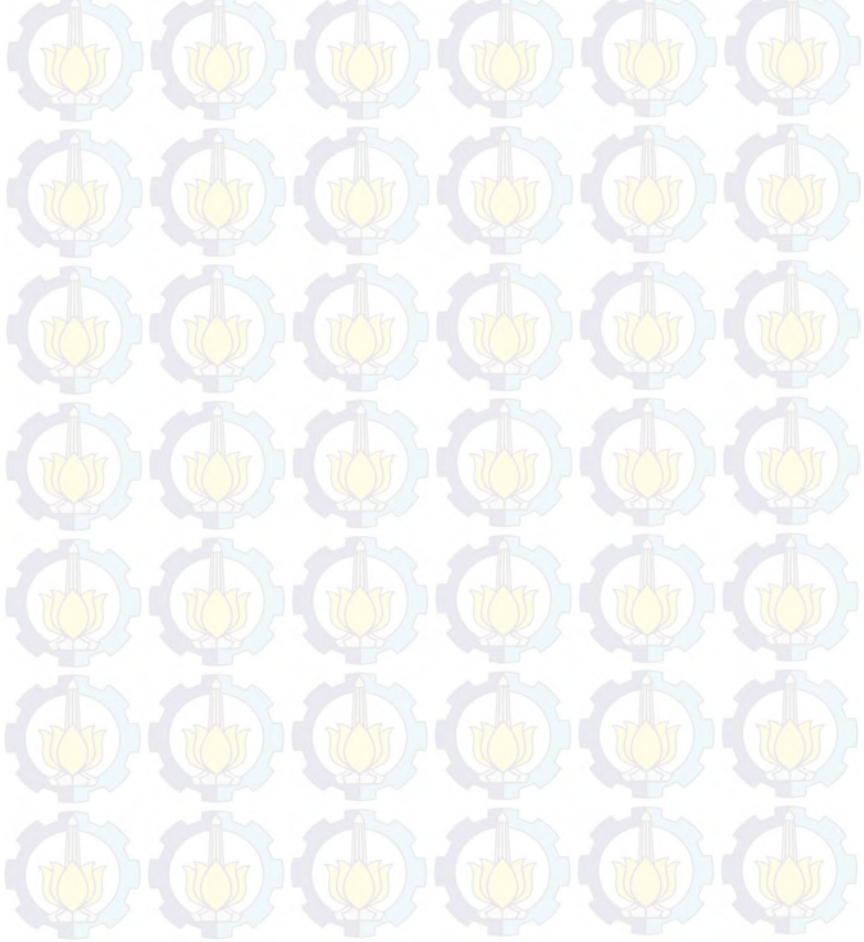
Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
38033,74	38270,36	38625,29	38980,22	39216,84	39453,46	39453,46	39571,77
28252,12	28512,4	28902,82	29293,25	29553,53	29813,81	29813,81	29943,95
41837,12	42097,4	42487,82	42878,25	43138,53	43398,81	43398,81	43528,95

Tabel 9g Beban pendinginan total pada unit MZ-12

AC	Jenis Beban	Solar Time							
		1	2	3	4	5	6	7	8
MZ-12	RTHG	51318,491	51285,957	51253,423	51220,889	51155,82	51123,286	51058,218	50993,15
	RSHG+10%	34435,659	34399,872	34364,084	34328,296	34256,721	34220,934	34149,358	34077,783
	RTHG+10%	56450,341	56414,553	56378,765	56342,978	56271,403	56235,615	56164,04	56092,464

Solar Time							
9	10	11	12	13	14	15	16
50960,615	50928,081	50895,547	50863,013	50830,479	50830,479	50830,479	50863,013
34041,996	34006,208	33970,42	33934,633	33898,845	33898,845	33898,845	33934,633
56056,677	56020,889	55985,102	55949,314	55913,526	55913,526	55913,526	55949,314

Solar Time							
17	18	19	20	21	22	23	24
50928,081	50993,15	51090,752	51188,355	51253,423	51318,491	51318,491	51351,026
34006,208	34077,783	34185,146	34292,509	34364,084	34435,659	34435,659	34471,447
56020,889	56092,464	56199,827	56307,19	56378,765	56450,341	56450,341	56486,128



Tabel 10 Distribusi udara pada lantai II mall “XYZ”

AC	Tenan	Transmisi Dinding Btu/hr	Transmisi Kaca Btu/hr	Radiasi Btu/hr	Partisi Btu/hr	Penghuni Btu/hr	Infiltrasi Btu/hr	Peralatan Btu/hr	Penerangan Btu/hr	Total Load Btu/hr	%load	CFM
MZ -04	Bella	0,00	3139,16	5084,10	663,57	5760,00	0,00	0,00	4746,72	19393,54	0,25	774,12
	35net	0,00	1569,58	2542,05	663,57	4480,00	0,00	0,00	1047,55	10302,75	0,13	411,25
	Jade	0,00	3139,16	5084,10	885,01	7040,00	0,00	455,68	6195,29	22799,23	0,29	910,06
	Samsat	0,00	0,00	0,00	0,00	7040,00	0,00	1347,41	417,38	8804,79	0,11	351,45
	Koridor	0,00	0,00	0,00	885,01	11520,00	0,00	0,00	2414,28	14819,29	0,19	591,53
MZ -05	Bloom	0,00	3221,88	5218,08	844,53	6400,00	0,00	841,14	2504,30	19029,94	0,25	513,06
	Izone	0,00	0,00	0,00	1333,58	6400,00	0,00	528,78	5254,13	13516,49	0,18	364,41
	Koridor	0,00	0,00	0,00	1531,11	7040,00	9953,10	0,00	1767,74	20291,96	0,26	547,08
MZ -06	Mutiara	0,00	2808,80	4549,07	0,00	1920,00	0,00	0,00	892,06	10169,93	0,09	364,31
	Naughty	0,00	4791,46	7760,13	0,00	10880,00	0,00	972,08	3805,56	28209,23	0,26	1010,52
	Koridor	0,00	4626,15	5167,17	8077,27	16000,00	27144,73	0,00	7152,82	68168,15	0,62	2441,93
MZ -07	Raviola	0,00	1239,10	2006,81	0,00	3200,00	0,00	818,63	752,93	8017,47	0,06	363,56
	Malibo	0,00	1239,10	2006,81	0,00	3840,00	0,00	489,78	1227,60	8803,29	0,06	399,19
	Horli	0,00	1569,58	2542,05	0,00	3200,00	0,00	0,00	450,12	7761,75	0,05	351,97

	Azola	0,00	1569,58	2542,05	0,00	5120,00	0,00	0,00	360,10	9591,72	0,07	434,95
	Salwa	0,00	1569,58	2542,05	0,00	4480,00	0,00	56,27	1358,54	10006,44	0,07	453,75
	Zona 35	0,00	1569,58	2542,05	0,00	4480,00	0,00	251,08	343,73	9186,43	0,06	416,57
	Paris	0,00	0,00	0,00	768,51	5120,00	0,00	546,04	1055,74	7490,29	0,05	339,66
	Love	0,00	0,00	0,00	429,45	5120,00	0,00	251,08	634,26	6434,79	0,04	291,79
	Liana	0,00	0,00	0,00	1032,65	5120,00	0,00	22,51	572,88	6748,04	0,05	306,00
	Elvis	0,00	0,00	0,00	1032,65	5760,00	0,00	0,00	965,71	7758,36	0,05	351,81
	Eravone	0,00	0,00	0,00	858,90	6400,00	0,00	397,84	883,87	8540,61	0,06	387,28
	Faza	0,00	0,00	0,00	429,45	4480,00	0,00	307,34	957,53	6174,32	0,04	279,98
	Koridor	0,00	0,00	0,00	0,00	34560,00	0,00	0,00	7422,89	41982,89	0,29	1903,76
MZ -08	Buti	13,70	6190,38	77915,58	0,00	16640,00	0,00	1693,87	20820,10	123273,62	0,94	5781,36
MZ -11	linna	0,00	0,00	0,00	429,45	4480,00	0,00	22,51	249,61	5181,57	0,13	251,20
	Koridor	2201,52	0,00	0,00	1427,55	19840,00	0,00	728,48	6334,42	30531,97	0,77	1480,15
MZ -12	Koridor	605,40	0,00	0,00	4307,34	26240,00	8143,46	2480,88	4419,36	46196,44	0,90	1797,14

Tabel 11 Penurunan tekanan pada saluran lurus tiap unit pengkondisian udara

AC	Tinggi m	Lebar m	Panjang Saluran m	Q CMS	Ts K	Deq m	ρ kg/m ³	μ Ns/m ²	Re	e/D m	f	v m/s	ΔP N/m ²	Total ΔP N/m ²
MZ 04	0,254	0,965	1,80	1,306	282,444	0,402	1,243	0,00001758	151515,049	0,00037	0,019	5,328	1,477	28,811
	0,254	0,813	3,20	1,092	282,444	0,387	1,243	0,00001758	144807,573	0,00039	0,019	5,291	2,733	
	0,254	0,686	3,20	0,878	282,444	0,371	1,243	0,00001758	132192,264	0,00040	0,019	5,043	2,593	
	0,229	0,635	3,20	0,878	282,444	0,336	1,243	0,00001758	143856,287	0,00045	0,019	6,051	4,117	
	0,229	0,457	3,20	0,685	282,444	0,305	1,243	0,00001758	141292,171	0,00049	0,019	6,555	5,413	
	0,229	0,254	3,20	0,503	282,444	0,241	1,243	0,00001758	147471,770	0,00062	0,020	8,667	12,356	
	0,229	0,457	1,00	0,165	282,444	0,305	1,243	0,00001758	34064,780	0,00049	0,024	1,580	0,122	
MZ 05	0,254	1,321	1,8	0,971	275,222	0,426	1,277	0,00001722	91474,994	0,00035	0,021	2,895	0,464	12,045
	0,254	1,321	1,4	0,971	275,222	0,426	1,277	0,00001722	91474,994	0,00035	0,021	2,895	0,361	
	0,254	1,321	2	0,800	275,222	0,426	1,277	0,00001722	75345,154	0,00035	0,021	2,385	0,358	
	0,254	0,483	1	0,416	275,222	0,333	1,277	0,00001722	83770,365	0,00045	0,021	3,394	0,464	
	0,254	0,483	3,2	0,387	275,222	0,333	1,277	0,00001722	78018,068	0,00045	0,021	3,161	1,288	
	0,229	0,381	2,6	0,359	275,222	0,286	1,277	0,00001722	87321,139	0,00052	0,021	4,121	2,072	
	0,229	0,229	2,6	0,330	275,222	0,229	1,277	0,00001722	107160,596	0,00066	0,021	6,322	6,094	
	0,229	1,016	1,2	0,355	275,222	0,373	1,277	0,00001722	42351,885	0,00040	0,023	1,530	0,111	



	0,229	1,016	3,8	0,355	275,222	0,373	1,277	0,00001722	42351,885	0,00040	0,023	1,530	0,350
	0,229	1,016	2,8	0,355	275,222	0,373	1,277	0,00001722	42351,885	0,00040	0,023	1,530	0,258
	0,254	0,483	3,2	0,086	275,222	0,333	1,277	0,00001722	17256,892	0,00045	0,028	0,699	0,084
	0,229	0,381	2,6	0,057	275,222	0,286	1,277	0,00001722	13901,385	0,00052	0,028	0,656	0,070
	0,229	0,229	2,6	0,029	275,222	0,229	1,277	0,00001722	9267,590	0,00066	0,033	0,547	0,072
MZ 06	0,254	1,270	1,2	1,064	279,111	0,423	1,259	0,00001742	100896,835	0,00035	0,020	3,297	0,388
	0,254	1,270	1,8	1,064	279,111	0,423	1,259	0,00001742	100896,835	0,00035	0,020	3,297	0,582
	0,254	1,270	2	1,064	279,111	0,423	1,259	0,00001742	100896,835	0,00035	0,020	3,297	0,647
	0,229	0,635	1,2	0,324	279,111	0,336	1,259	0,00001742	54209,724	0,00045	0,022	2,231	0,246
	0,203	0,508	3	0,236	279,111	0,290	1,259	0,00001742	47880,044	0,00052	0,023	2,282	0,779
	0,152	0,406	3	0,147	279,111	0,222	1,259	0,00001742	38097,810	0,00068	0,024	2,378	1,156
	0,229	0,965	4,6	0,740	279,111	0,370	1,259	0,00001742	89588,925	0,00041	0,021	3,353	1,805
	0,229	0,965	1,2	0,740	279,111	0,370	1,259	0,00001742	89588,925	0,00041	0,021	3,353	0,471
	0,229	0,813	3	0,652	279,111	0,357	1,259	0,00001742	90443,660	0,00042	0,021	3,506	1,334
	0,152	0,406	3	0,326	279,111	0,222	1,259	0,00001742	84277,047	0,00068	0,022	5,260	5,066
	0,229	0,610	1	0,353	279,111	0,333	1,259	0,00001742	60907,806	0,00045	0,022	2,534	0,267
	0,229	0,584	3,8	0,088	279,111	0,329	1,259	0,00001742	15702,794	0,00046	0,027	0,661	0,086
	0,229	0,762	2,4	0,436	279,111	0,352	1,259	0,00001742	63641,632	0,00043	0,022	2,503	0,579
												15,566	





	0,229	0,610	2,4	0,348	279,111	0,333	1,259	0,00001742	59985,887	0,00045	0,022	2,496	0,623
	0,178	0,559	4,2	0,260	279,111	0,270	1,259	0,00001742	50932,582	0,00056	0,023	2,612	1,538
MZ 07	0,356	0,864	2	1,607	279,667	0,504	1,256	0,00001744	189846,132	0,00030	0,018	5,233	1,215
	0,356	0,864	2,8	1,527	279,667	0,504	1,256	0,00001744	180416,016	0,00030	0,018	4,973	1,545
	0,356	0,787	2,8	1,447	279,667	0,490	1,256	0,00001744	182384,960	0,00031	0,018	5,169	1,717
	0,356	0,787	3,2	1,303	279,667	0,490	1,256	0,00001744	164260,943	0,00031	0,018	4,655	1,600
	0,356	0,686	3,2	1,138	279,667	0,468	1,256	0,00001744	157415,896	0,00032	0,018	4,667	1,692
	0,356	0,686	3,2	0,956	279,667	0,468	1,256	0,00001744	132239,447	0,00032	0,019	3,920	1,220
	0,305	0,660	3,2	0,956	279,667	0,417	1,256	0,00001744	142679,404	0,00036	0,019	4,750	2,066
	0,305	0,660	3,2	0,865	279,667	0,417	1,256	0,00001744	129097,372	0,00036	0,019	4,298	1,709
	0,203	0,406	3,2	0,774	279,667	0,271	1,256	0,00001744	182899,290	0,00055	0,020	9,373	12,711
	0,406	1,448	1	1,467	279,667	0,635	1,256	0,00001744	113924,914	0,00024	0,018	2,492	0,111
	0,305	1,016	3,8	0,526	279,667	0,469	1,256	0,00001744	57399,694	0,00032	0,022	1,700	0,321
	0,305	0,914	3,6	0,474	279,667	0,457	1,256	0,00001744	55964,701	0,00033	0,022	1,700	0,313
	0,305	0,813	3	0,421	279,667	0,443	1,256	0,00001744	54268,801	0,00034	0,022	1,700	0,270
	0,305	0,737	3,6	0,368	279,667	0,431	1,256	0,00001744	50959,728	0,00035	0,022	1,641	0,311
	0,305	0,660	2,8	0,316	279,667	0,417	1,256	0,00001744	47128,170	0,00036	0,023	1,569	0,234
0,305	0,559	3,6	0,263	279,667	0,394	1,256	0,00001744	43893,884	0,00038	0,023	1,545	0,311	

35,088



	0,305	0,457	3,6	0,211	279,667	0,366	1,256	0,00001744	39797,121	0,00041	0,023	1,511	0,325
	0,305	0,356	3,6	0,158	279,667	0,328	1,256	0,00001744	34439,816	0,00046	0,024	1,457	0,351
	0,305	0,330	3,6	0,105	279,667	0,317	1,256	0,00001744	23878,273	0,00047	0,026	1,046	0,203
	0,152	0,330	2,8	0,053	279,667	0,209	1,256	0,00001744	15709,390	0,00072	0,029	1,046	0,263
	0,305	1,219	4,6	0,888	279,667	0,488	1,256	0,00001744	83887,603	0,00031	0,020	2,388	0,676
	0,305	0,940	1	0,664	279,667	0,460	1,256	0,00001744	76852,479	0,00033	0,021	2,318	0,150
	0,305	0,813	2	0,611	279,667	0,443	1,256	0,00001744	78802,115	0,00034	0,020	2,468	0,352
	0,305	0,711	3,4	0,559	279,667	0,427	1,256	0,00001744	79220,366	0,00035	0,021	2,578	0,692
	0,305	0,559	3,2	0,506	279,667	0,394	1,256	0,00001744	84421,654	0,00038	0,021	2,972	0,923
	0,305	0,483	3,4	0,454	279,667	0,374	1,256	0,00001744	82963,155	0,00040	0,021	3,083	1,114
	0,152	0,330	2,8	0,188	279,667	0,209	1,256	0,00001744	55999,059	0,00072	0,023	3,728	2,696
MZ 08	0,381	1,270	1,2	2,885	285,222	0,586	1,230	0,00001772	242617,057	0,00026	0,018	5,962	0,783
	0,381	1,270	1,2	2,885	285,222	0,586	1,230	0,00001772	242617,057	0,00026	0,018	5,962	0,783
	0,381	1,270	3	2,885	285,222	0,586	1,230	0,00001772	242617,057	0,00026	0,018	5,962	1,958
	0,381	1,067	3,8	2,376	285,222	0,561	1,230	0,00001772	227844,708	0,00027	0,018	5,845	2,489
	0,381	0,864	3,8	1,867	285,222	0,529	1,230	0,00001772	208248,734	0,00028	0,018	5,673	2,490
	0,356	0,762	3,8	1,358	285,222	0,485	1,230	0,00001772	168664,264	0,00031	0,018	5,010	2,178
	0,305	0,584	3,8	0,848	285,222	0,401	1,230	0,00001772	132521,922	0,00037	0,019	4,765	2,517
												156,657	

0,254	0,330	3,8	0,509	285,222	0,287	1,230	0,00001772	120998,277	0,00052	0,020	6,070	5,849
0,254	0,483	0,6	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772	95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,392
0,254	0,483	0,8	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772	95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,523
0,254	0,483	0,8	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772	95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,523
0,254	0,483	0,8	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772	95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,523
0,254	0,483	0,8	0,509	285,222	0,333	1,230	0,00001772	95964,150	0,00045	0,021	4,153	0,523
0,254	0,330	1	0,509	285,222	0,287	1,230	0,00001772	120998,277	0,00052	0,020	6,070	1,539
0,254	0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772	80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505
0,254	0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772	80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505
0,254	0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772	80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505
0,254	0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772	80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505
0,254	0,330	3,4	0,339	285,222	0,287	1,230	0,00001772	80665,518	0,00052	0,021	4,046	2,505
0,203	0,254	3,4	0,339	285,222	0,226	1,230	0,00001772	103072,606	0,00066	0,021	6,575	8,411
0,203	0,254	3,4	0,170	285,222	0,226	1,230	0,00001772	51536,303	0,00066	0,225	3,288	22,530
0,203	0,254	3,4	0,170	285,222	0,226	1,230	0,00001772	51536,303	0,00066	0,225	3,288	22,530
0,203	0,254	3,4	0,170	285,222	0,226	1,230	0,00001772	51536,303	0,00066	0,225	3,288	22,530
0,203	0,254	3,4	0,170	285,222	0,226	1,230	0,00001772	51536,303	0,00066	0,225	3,288	22,530

MZ 11	0,305	0,864	1,4	0,725	277,722	0,451	1,265	0,00001735	90531,834	0,00033	0,020	2,754	0,298	6,780
	0,254	0,610	1,4	0,551	277,722	0,359	1,265	0,00001735	93103,123	0,00042	0,022	3,559	0,688	
	0,254	0,610	1	0,377	277,722	0,359	1,265	0,00001735	63722,000	0,00042	0,021	2,436	0,224	
	0,178	0,229	0,4	0,203	277,722	0,200	1,265	0,00001735	72974,365	0,00075	0,022	5,001	0,696	
	0,178	0,229	1	0,203	277,722	0,200	1,265	0,00001735	72974,365	0,00075	0,022	5,001	1,741	
	0,178	0,229	1,8	0,203	277,722	0,200	1,265	0,00001735	72974,365	0,00075	0,022	5,001	3,133	
MZ 12	0,381	1,016	1,6	0,938	274,111	0,554	1,282	0,00001717	100340,630	0,00027	0,020	2,424	0,218	2,605
	0,381	1,016	2	0,938	274,111	0,554	1,282	0,00001717	100340,630	0,00027	0,020	2,424	0,272	
	0,305	0,914	2,6	0,782	274,111	0,457	1,282	0,00001717	95811,365	0,00033	0,020	2,806	0,574	
	0,305	0,864	2,8	0,469	274,111	0,451	1,282	0,00001717	59986,246	0,00033	0,022	1,782	0,276	
	0,254	0,610	3,8	0,313	274,111	0,359	1,282	0,00001717	54105,242	0,00042	0,022	2,020	0,610	
	0,178	0,483	3,2	0,156	274,111	0,260	1,282	0,00001717	35376,504	0,00058	0,025	1,823	0,656	

Tabel 12 Penurunan tekanan pada *elbow* tiap unit pengkondisian udara

AC	Jumlah	Tinggi m	Lebar m	Radius m	Degree	H/W	R/W	K	Cp	Co	V m/s	ρ Kg/m ³	P loss N/m ²	Total N/m ²
MZ 04	1	0,229	0,254	0,27	90	0,90	1,06	1	0,21	0,21	8,667	1,243	9,805	9,805
MZ 05	1	0,254	1,321	1,27	90	0,19	0,96	1	0,27	0,27	2,895	1,277	1,445	13,644
	1	0,229	1,016	0,93	90	0,23	0,92	1	0,27	0,27	1,530	1,277	0,404	
	1	0,229	0,229	0,2	90	1,00	0,87	1	0,44	0,44	6,322	1,277	11,227	
	1	0,229	0,229	0,2	90	1,00	0,87	1	0,44	0,44	0,547	1,277	0,084	
	2	0,229	1,016	1	45	0,23	0,98	0,6	0,27	0,162	1,530	1,277	0,484	
MZ 06	1	0,254	1,270	0,83	90	0,20	0,65	1	0,57	0,57	3,297	1,259	3,901	7,804
	1	0,152	0,406	0,3	90	0,38	0,74	1	0,52	0,52	2,378	1,259	1,850	
	1	0,229	0,965	0,87	90	0,24	0,90	1	0,27	0,27	3,353	1,259	1,911	
	1	0,229	0,584	0,5	90	0,39	0,86	1	0,52	0,52	0,661	1,259	0,143	
MZ 07	1	0,356	0,864	0,83	90	0,41	0,96	1	0,25	0,25	5,233	1,256	4,300	22,494
	1	0,203	0,406	0,4	90	0,50	0,98	1	0,25	0,25	9,373	1,256	13,797	
	1	0,305	1,168	1	90	0,26	0,86	1	0,57	0,57	2,388	1,256	2,042	
	1	0,152	0,330	0,3	90	0,46	0,91	1	0,25	0,25	1,046	1,256	0,172	
	1	0,152	0,330	0,3	90	0,46	0,91	1	0,25	0,25	3,728	1,256	2,183	

MZ 08	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1	0,48	0,48	6,575	1,230	12,767	79,747
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1	0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1	0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1	0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1	0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
	1	0,203	0,254	0,2	90	0,80	0,79	1	0,48	0,48	3,288	1,230	3,192	
	1	0,254	0,330	0,27	90	0,77	0,82	1	0,48	0,48	6,070	1,230	10,878	
	2	0,381	1,270	0,47	45	0,30	0,37	0,6	1,53	0,918	5,962	1,230	40,143	
MZ 11	1	0,178	0,483	0,5	90	0,37	1,04	1	0,27	0,27	5,001	1,265	4,273	8,545
	1	0,178	0,483	0,5	90	0,37	1,04	1	0,27	0,27	5,001	1,265	4,273	
MZ 12	1	0,381	1,016	0,83	90	0,38	0,82	1	0,52	0,52	2,424	1,282	1,959	2,534
	1	0,178	0,483	0,5	90	0,37	1,04	1	0,27	0,27	1,823	1,282	0,575	

Tabel 13 Penurunan tekanan pada *diverging wye* tiap unit pengkondisian udara

AC	Hc m	Wc m	Ac m ²	Hb m	Wb m	Ab m ²	Hs m	Ws m	As m ²	As/Ac	Ab/Ac
MZ 04	0,254	0,965	0,245	0,229	0,254	0,058	0,254	0,813	0,206	0,842	0,237
	0,254	0,686	0,174	0,229	0,254	0,058	0,229	0,635	0,145	0,833	0,333

	0,229	0,457	0,105	0,229	0,254	0,058	0,229	0,254	0,058	0,556	0,556
MZ 05	0,254	1,321	0,335	0,203	0,508	0,103	0,254	1,321	0,335	1,000	0,308
	0,229	0,483	0,110	0,229	0,229	0,052	0,254	0,483	0,123	1,111	0,474
	0,254	0,483	0,123	0,229	0,229	0,052	0,229	0,381	0,087	0,711	0,426
	0,229	0,381	0,087	0,229	0,229	0,052	0,229	0,229	0,052	0,600	0,600
	0,254	0,483	0,123	0,203	0,508	0,103	0,229	0,381	0,087	0,711	0,842
	0,229	0,381	0,087	0,229	0,229	0,052	0,229	0,229	0,052	0,600	0,600
MZ 06	0,229	0,635	0,145	0,152	0,406	0,062	0,203	0,508	0,103	0,711	0,427
	0,203	0,508	0,103	0,152	0,406	0,062	0,152	0,406	0,062	0,600	0,600
	0,229	0,965	0,221	0,152	0,406	0,062	0,229	0,813	0,186	0,842	0,281
	0,229	0,584	0,134	0,152	0,406	0,062	0,229	0,584	0,134	1,000	0,464
	0,229	0,762	0,174	0,152	0,406	0,062	0,229	0,610	0,139	0,800	0,356
	0,229	0,610	0,139	0,152	0,406	0,062	0,178	0,559	0,099	0,713	0,444
MZ 07	0,356	0,864	0,307	0,203	0,406	0,083	0,356	0,864	0,307	1,000	0,269
	0,356	0,864	0,307	0,203	0,406	0,083	0,356	0,787	0,280	0,912	0,269
	0,356	0,787	0,280	0,203	0,406	0,083	0,356	0,787	0,280	1,000	0,295
	0,356	0,787	0,280	0,203	0,406	0,083	0,356	0,686	0,244	0,871	0,295
	0,356	0,686	0,244	0,203	0,406	0,083	0,356	0,686	0,244	1,000	0,339

	0,356	0,686	0,244	0,203	0,406	0,083	0,305	0,660	0,201	0,825	0,339
	0,305	0,660	0,201	0,203	0,406	0,083	0,305	0,660	0,201	1,000	0,410
	0,305	0,660	0,201	0,203	0,406	0,083	0,203	0,406	0,083	0,410	0,410
	0,406	1,448	0,588	0,203	0,406	0,083	0,305	1,016	0,310	0,526	0,140
	0,305	1,016	0,310	0,152	0,406	0,062	0,305	0,914	0,279	0,900	0,200
	0,305	0,914	0,279	0,152	0,406	0,062	0,305	0,813	0,248	0,889	0,222
	0,305	0,813	0,248	0,152	0,406	0,062	0,305	0,737	0,225	0,906	0,250
	0,305	0,737	0,225	0,152	0,406	0,062	0,305	0,660	0,201	0,897	0,276
	0,305	0,660	0,201	0,152	0,406	0,062	0,305	0,559	0,170	0,846	0,308
	0,305	0,559	0,170	0,152	0,406	0,062	0,305	0,457	0,139	0,818	0,364
	0,305	0,457	0,139	0,152	0,406	0,062	0,305	0,356	0,108	0,778	0,444
	0,305	0,356	0,108	0,152	0,406	0,062	0,305	0,330	0,101	0,929	0,571
	0,305	0,330	0,101	0,152	0,406	0,062	0,152	0,330	0,050	0,500	0,615
	0,305	0,940	0,286	0,152	0,406	0,062	0,305	0,813	0,248	0,865	0,216
	0,305	0,813	0,248	0,152	0,406	0,062	0,305	0,711	0,217	0,875	0,250
	0,305	0,711	0,217	0,152	0,406	0,062	0,305	0,559	0,170	0,786	0,286
	0,305	0,559	0,170	0,152	0,406	0,062	0,305	0,483	0,147	0,864	0,364
mz 08	0,381	1,270	0,484	0,254	0,483	0,123	0,381	1,067	0,406	0,840	0,253

	0,381	1,067	0,406	0,254	0,483	0,123	0,381	0,864	0,329	0,810	0,302
	0,381	0,864	0,329	0,254	0,483	0,123	0,356	0,762	0,271	0,824	0,373
	0,356	0,762	0,271	0,254	0,483	0,123	0,305	0,584	0,178	0,657	0,452
	0,305	0,584	0,178	0,254	0,483	0,123	0,254	0,330	0,084	0,471	0,688
	0,254	0,483	0,123	0,203	0,254	0,052	0,254	0,330	0,084	0,684	0,421
	0,254	0,483	0,123	0,203	0,254	0,052	0,254	0,330	0,084	0,684	0,421
	0,254	0,483	0,123	0,203	0,254	0,052	0,254	0,330	0,084	0,684	0,421
	0,254	0,483	0,123	0,203	0,254	0,052	0,254	0,330	0,084	0,684	0,421
	0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
	0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
	0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
	0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
	0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
	0,254	0,330	0,084	0,203	0,254	0,052	0,203	0,254	0,052	0,615	0,615
MZ 11	0,305	0,864	0,263	0,178	0,229	0,041	0,305	0,864	0,263	1,000	0,154
	0,305	0,864	0,263	0,178	0,229	0,041	0,254	0,610	0,155	0,588	0,154
	0,254	0,610	0,155	0,178	0,229	0,041	0,254	0,610	0,155	1,000	0,263

	0,254	0,610	0,155	0,178	0,229	0,041	0,178	0,229	0,041	0,263	0,263
	0,178	0,229	0,041	0,178	0,229	0,041	0,178	0,229	0,041	1,000	1,000
MZ 12	0,381	1,016	0,387	0,178	0,483	0,086	0,305	0,914	0,279	0,720	0,222
	0,305	0,914	0,279	0,178	0,483	0,086	0,305	0,864	0,263	0,944	0,308
	0,305	0,864	0,263	0,178	0,483	0,086	0,254	0,610	0,155	0,588	0,326
	0,254	0,610	0,155	0,178	0,483	0,086	0,178	0,483	0,086	0,554	0,554

AC	Qc cms	Qb cms	Qs cms	Qb/Qc	Qs/Qc	Cb	Cs	ρ Kg/m ³	Vb m/s	Vs m/s	P loss b N/m ²	P loss s N/m ²	Total P loss N/m ²
MZ 04	1,31	0,07	1,09	0,05	0,84	1,06	-0,02	1,24	1,13	5,29	0,845	-0,014	22,49
	0,88	0,00	0,88	0,00	1,00	0,00	0,00	1,24	0,00	6,05	0,000	0,000	
	0,69	0,08	0,50	0,12	0,73	17,09	0,10	1,24	1,42	8,67	21,534	0,124	
MZ 05	0,97	0,24	0,80	0,25	0,82	0,58	-0,05	1,28	2,34	2,38	2,021	-0,174	6,08
	0,42	0,02	0,39	0,05	0,93	14,23	-0,05	1,28	0,36	3,16	1,205	-0,004	
	0,39	0,02	0,36	0,05	0,93	9,59	0,07	1,28	0,36	4,12	0,812	0,006	
	0,36	0,02	0,33	0,05	0,92	22,24	0,14	1,28	0,36	6,32	1,883	0,012	
	0,09	0,02	0,06	0,22	0,67	10,83	0,00	1,28	0,18	0,66	0,235	0,000	
	0,06	0,02	0,03	0,33	0,50	0,92	0,02	1,28	0,36	0,55	0,077	0,002	

MZ 06	0,32	0,01	0,24	0,04	0,73	9,61	-0,01	1,26	0,21	2,28	0,255	0,000	1,82
	0,24	0,01	0,15	0,05	0,63	22,24	0,03	1,26	0,21	2,38	0,589	0,001	
	0,74	0,01	0,65	0,02	0,88	3,59	-0,02	1,26	0,21	3,51	0,095	-0,001	
	0,33	0,01	0,09	0,04	0,27	13,75	2,16	1,26	0,21	0,66	0,364	0,057	
	0,44	0,01	0,35	0,03	0,80	7,11	-0,01	1,26	0,21	2,50	0,188	0,000	
	0,35	0,01	0,26	0,04	0,75	10,37	-0,01	1,26	0,21	2,61	0,275	0,000	
MZ 07	1,61	0,08	1,53	0,05	0,95	4,35	-0,01	0,00	1,00	4,97	0,0000381	-0,0000001	0,001
	1,53	0,08	1,45	0,05	0,95	3,88	0,01	0,00	1,00	5,17	0,0000339	0,0000001	
	1,45	0,20	1,30	0,14	0,90	5,61	-0,02	0,00	2,48	4,66	0,0002997	-0,0000009	
	1,30	0,21	1,14	0,16	0,87	1,04	0,02	0,00	2,58	4,67	0,0000602	0,0000009	
	1,14	0,20	0,96	0,17	0,84	7,72	-0,02	0,00	2,37	3,92	0,0003782	-0,0000012	
	0,96	0,00	0,96	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,75	0,0000000	0,0000000	
	0,96	0,08	0,87	0,08	0,90	11,17	-0,04	0,00	0,97	4,30	0,0000910	-0,0000003	
	0,87	0,08	0,77	0,09	0,89	7,40	0,30	0,00	0,97	9,37	0,0000603	0,0000024	
	0,53	0,01	0,53	0,02	1,00	-1,69	0,23	0,00	0,10	1,70	-0,00000015	0,00000002	
	0,53	0,01	0,47	0,02	0,90	0,63	0,02	0,00	0,14	1,70	0,0000001	0,000000033	
	0,47	0,01	0,42	0,02	0,89	1,61	0,02	0,00	0,14	1,70	0,0000003	0,000000033	
0,42	0,01	0,37	0,02	0,88	2,97	0,01	0,00	0,14	1,64	0,0000005	0,000000020		

	0,51	0,17	0,34	0,33	0,67	0,74	0,01	1,23	3,29	4,05	4,921	0,121	
	0,51	0,17	0,34	0,33	0,67	0,74	0,01	1,23	3,29	4,05	4,921	0,121	
	0,51	0,17	0,34	0,33	0,67	1,30	0,04	1,23	3,29	6,58	8,644	1,037	
	0,34	0,17	0,17	0,50	0,50	0,60	0,02	1,23	3,29	3,29	3,990	0,120	
	0,34	0,17	0,17	0,50	0,50	0,60	0,02	1,23	3,29	3,29	3,990	0,120	
	0,34	0,17	0,17	0,50	0,50	0,60	0,02	1,23	3,29	3,29	3,990	0,120	
	0,34	0,17	0,17	0,50	0,50	0,60	0,02	1,23	3,29	3,29	3,990	0,120	
	0,34	0,17	0,17	0,50	0,50	0,60	0,02	1,23	3,29	3,29	3,990	0,120	
MZ 11	0,90	0,17	0,73	0,19	0,81	-0,07	-0,05	1,27	4,28	2,75	-0,799	-0,579	3,89
	0,73	0,17	0,55	0,24	0,76	-0,23	0,13	1,27	4,28	3,56	-2,653	1,471	
	0,55	0,17	0,38	0,32	0,68	0,46	-0,02	1,27	4,28	2,44	5,271	-0,232	
	0,38	0,17	0,20	0,46	0,54	0,05	0,07	1,27	4,28	5,00	0,602	0,811	
	0,20	0,00	0,20	0,00	1,00	0,00	0,00	1,27	0,00	5,00	0,000	0,000	
MZ 12	0,94	0,14	0,78	0,15	0,83	0,32	0,02	1,28	1,64	2,81	0,554	0,041	4,68
	0,78	0,14	0,61	0,18	0,78	1,23	-0,04	1,28	1,64	2,32	2,121	-0,071	
	0,47	0,14	0,31	0,30	0,67	0,51	0,09	1,28	1,64	2,02	0,880	0,155	
	0,31	0,14	0,16	0,45	0,50	0,54	0,04	1,28	1,64	1,82	0,932	0,069	



DAFTAR PUSTAKA

- 1) ASHRAE. 1997. **ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.
- 2) Incopera, Frank P. 2007. **Fundamental of Heat and Mass Transfer, Sixth Edition**. Hoboken. New Jersey : John Willey & Sons, Inc.
- 3) Stoecker, W.F, 1996. **Refrigerasi dan Pengkondisian Udara**. Jakarta : Erlangga.
- 4) Pita, Edward G. 1981. **Air Conditioning Principles and Systems An Energy Approach**. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
- 5) Hasanah, Meilani Nur. 2015. **Perencanaan Ulang Sistem Pengkondisian Udara Pada Lantai Ground Salah Satu Mall di Surabaya**. Surabaya: Tugas Akhir, ITS Surabaya
- 6) Moran, M.J and Shapiro, H.N. (1996). **Fundamental of Engineering Thermodynamics Third Edition**. New York: John Willey and Sons inc.
- 7) Nasution, Titin Hadriana Rosari. 2015. **Perhitungan Ulang Sistem Pengkondisian Udara di Food Court Area Mall City of Tomorrow Surabaya**. Surabaya: Tugas Akhir, ITS Surabaya
- 8) Faber, Oscar and Martin, PL. (1958). **Heating and Air Conditioning of Buildings**. London: The Architectural Press.



RIWAYAT PENULIS



Mohammad Bintang Fikri adalah anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis lahir di Kediri, 08 Juni 1992. Penulis memulai pendidikan di TK Dharma Wanita Pagu, Kediri. Dilanjutkan dengan pendidikan sekolah dasar di SDN Ketami 2 Kediri, jenjang sekolah menengah di SMPN 1 Kediri, dan menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 2 Pare pada tahun 2011. Selanjutnya, penulis meneruskan studinya ke jenjang perkuliahan pada tahun 2011 di Jurusan

Teknik Mesin ITS, Surabaya.

Semasa duduk di bangku kuliah, penulis aktif di berbagai organisasi, diantaranya adalah *club pers* Dimensi, UKM Tenis Lapangan ITS dan juga menjadi asisten di Laboratorium Termodinamika dan Perpindahan Panas. Penulis mulai aktif di berbagai organisasi dimulai pada tahun 2012 dengan mengikuti *club pers* dimensi sebagai staff divisi internal. Selanjutnya, pada tahun 2013 penulis menjabat sebagai Kepala Biro Mading, dan pada tahun 2014 menjabat sebagai Sekretaris.

Selain itu, pada tahun 2012-2014 penulis juga aktif di UKM Tenis Lapangan ITS. Pada tahun 2015 penulis tidak lagi mengikuti kegiatan organisasi untuk fokus pada penyelesaian tugas akhir di laboratorium Termodinamika dan Perpindahan Panas.

Untuk segala informasi dan saran yang ditujukan kepada penulis dapat menghubungi penulis melalui *e-mail* mohammad.bintang.fikri@gmail.com.



(halaman ini sengaja dikosongkan)