

**PERENCANAAN PENGKONDISIAN UDARA MENGGUNAKAN SISTEM
VRF UNTUK BANGUNAN *OFFICE***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
ANGGI RANGGA REZA
NIM : 41316110008

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2021**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN PENGKONDISIAN UDARA MENGGUNAKAN SISTEM
VRF UNTUK BANGUNAN *OFFICE***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun oleh :

Nama : Anggi Rangga Reza

NIM : 41316110008

Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATAKULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
MARET 2021**

HALAMAN PENGESAHAN

**PERENCANAAN PENGKONDISIAN UDARA MENGGUNAKAN SISTEM
VRF UNTUK BANGUNAN OFFICE**



Disusun oleh :

Nama : Anggi Rangga Reza

NIM : 41316110008

Program Studi : Teknik Mesin

MERCU BUANA

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing
Pada tanggal : 20 Maret 2021

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Koordinator Tugas Akhir

Agung Wahyudi Biantoro MM, MT

NIP.0329106901



Alief Avicenna Luthfie ST, M.Eng

NIP. 216910097

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Anggi Rangga Reza
NIM : 41316110008
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Perencanaan pengkondisian udara menggunakan system VRF
untuk bangunan *Office*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

UNIVERSITAS Jakarta, 20/Maret/2021
MERCU BUANA



(Anggi Rangga Reza)

PENGHARGAAN

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan berkah nikmat, kesehatan dan kekuatan kepada penulis selama penyusunan sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan pengkondisian udara menggunakan system VRF untuk bangunan *Office*”. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah melibatkan banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karenanya, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir Ngadino, M.S. Selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Bapak Danto Sukmajadi, Ph D. Selaku Dekan Fakultas Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
3. Bapak Nanang Ruhyat, ST, MSc selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
4. Bapak Alief Avicenna Lutfhfie. ST, M.Eng. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Agung Wahyudi Biantoro MM, MTT. selaku Dosen Pembimbing yang telah sangat membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
6. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa selama kegiatan Tugas Akhir dan penyusunan laporan Tugas Akhir.

Jakarta, 20/Maret/2021

(Anggi Rangga Reza)

ABSTRAK

Pengkondisian udara atau AC (*air conditioning*) diperlukan untuk mendapatkan kenyamanan bagi penghuni, dengan demikian dapat memberi pengaruh psikologis bagi penghuni sehingga aktivitas di dalam ruangan menjadi lebih efektif. Upaya yang dilakukan untuk menurunkan temperatur dan meningkatkan kelembaban sesuai dengan standar SNI 03-6390-2010 adalah menggunakan alat pengkondisian udara AC. Konsumsi energi paling besar di dalam sebuah bangunan adalah AC, dengan mengetahui hal tersebut maka di perlukan sistem AC dengan konsumsi energi yang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem AC mana yang lebih efisien AC VRF (*Variable Refrigerant Flow*) atau AC Split biasa, menggunakan IKE (Intensitas Konsumsi Energi). Penelitian ini menggunakan perhitungan beban kalor secara manual, kemudian menentukan kapasitas konsumsi energi untuk kedua sistem tersebut guna mendapatkan nilai IKE yang layak. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebutuhan beban kalor untuk bangunan perkantoran ini adalah sebesar 131159,90 Kcal/h, kemudian hasil dari IKE menggunakan sistem AC VRF sebesar 13,31 kWh/ m² per bulan dan sistem AC Split biasa sebesar 16,31 kWh/ m² per bulan. Dapat dilihat bahwa pengkondisian udara menggunakan sistem AC VRF menghasilkan nilai tingkat konsumsi energi paling efisien.

Kata kunci: Beban Kalor, VRF, IKE (Intensitas Konsumsi Energi)



AIR CONDITIONING PLANNING USING THE VRF SYSTEM FOR THE OFFICE

ABSTRACT

Air conditioning (AC) is required to gain convenience for the residents, thereby giving psychological influence on residents so that activities in the room can be more effective. To lower the temperature and increase humidity according to SNI 03-6390-2010 can be done by using air conditioner (AC). The largest energy consumption in a building is AC utilization, hence AC with efficient energy consumption systems are needed. This study aims to find out which air conditioning system is more efficient in energy consumption intensity (ECI), AC VRF (Variable Refrigerant Flow) or ordinary split AC. This study used manual heat load calculation, then determined the energy consumption capacity for both systems in order to obtain proper ECI value. The result of this study shows that the heat load requirement for the office building is 131159,90 [Kcal/h], and the result of ECI for AC VRF is 13,31 kWh/m² per month, and for ordinary split AC is 16,31 kWh/m² per month. It can be seen that that air conditioner with AC VRF system has more efficient energy consumption intensity (ECI).

Keywords: Heat Load, VRF, Energy Consumption Intensity (ECI)



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TEBEL	x
DAFTAR SIMBOL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. BATASAN DAN RUANG LINGKUP MASALAH	3
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. PRINSIP DASAR SISTEM PENYEGARAN UDARA	5
2.1.1. Penemuan siklus refrigerasi dan perkembangan sistem penyegaran udara	5
2.1.2. Definisi Pengkondisian Udara	6
2.2. PENELITIAN TERDAHULU	7
2.3. LANGKAH PERHITUNGAN ESTIMASI BEBAN KALOR	11
2.3.1. Beban Radiasi Matahari Melalui jendela	12
2.3.2. Beban tambahan kalor (<i>Heat Gain</i>) melalui jendela	13
2.3.3. Beban kalor sensibel karena adanya ventilasi	14
2.3.4. Beban transmisi kalor melalui dinding	15
2.3.5. Beban transmisi kalor melalui atap	16
2.3.6. Selisih Temperatur Ekuivalen	16
2.3.7. Beban perpindahan kalor melalui partisi	22

2.3.8.	Beban perpindahan kalor melalui langit – langit	23
2.3.9.	Beban kalor lampu dan peralatan listrik	23
2.3.10.	Beban kalor sensibel Penghuni	24
2.3.11.	Beban kalor laten Penghuni	25
2.3.12.	Beban kalor laten oleh infiltrasi	25
2.3.13.	Rekapitulasi hasil perhitungan beban pendinginan	26
2.4.	SISTEM VRF (<i>Variable Refrigerant Flow</i>)	26
2.6.1.	<i>Variable Refrigerant Flow Heat Pump</i> (VRF-HP)	27
2.6.2.	<i>Variable Refrigerant Flow Heat Recovery</i> (VRF-HR)	27
2.6.3.	Kelebihan sistem AC VRF dengan sistem AC biasa	28
2.5.	<i>CONNECTION RATIO</i>	28
2.6.	INTESITAS KONSUMSI ENERGI (IKE)	29
BAB III MOTODELOGI		31
3.1.	DIAGRAM ALIR	31
3.1.1.	Diagram alir penulisan	31
3.1.2.	Diagram alir pengambilan data	33
3.1.3.	Diagram alir penelitian	37
3.2.	ALAT BANTU PENELITIAN	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1.	PENDAHULUAN	40
4.2.	UMUM	40
4.3.	PERHITUNGAN TEMPERATUR EKIVALEN MATAHARI	41
4.3.1.	ETD Matahari Pada Dinding Bangunan	41
4.3.2.	ETD Matahari Pada Atap Bangunan	42
4.3.3.	ETD Udara	43
4.4.	PERHITUNGAN BEBAN KALOR RUANGAN	43
4.4.1.	<i>Office</i> Lantai 1	44
4.4.2.	<i>Lobby Lift</i> Lantai 1	46
4.4.3.	<i>Office</i> Lantai 2	48

4.4.4.	<i>Lobby Lift</i> Lantai 2	49
4.4.5.	Ruang Rapat Lantai 2	51
4.4.6.	Ruang Kacab Lantai 2	52
4.4.7.	<i>Office</i> Lantai 3	53
4.4.8.	<i>Lobby Lift</i> Lantai 3	55
4.4.9.	Ruang Rapat Lantai 3	56
4.4.10.	Ruang Kacab Lantai 3	57
4.4.11.	Musholla Lantai 4	58
4.4.12.	Ruang Arsip Lantai 4	60
4.4.13.	<i>Lobby Lift</i> Lantai 4	61
4.4.14.	Ruang Rapat Lantai 4	62
4.5.	BEBAN AC	63
4.6.	BEBAN KONSUMSI ENERGI	65
4.7.	INTENSITAS KONSUMSI ENERGI	67
BAB V PENUTUP		70
5.1.	KESIMPULAN	70
5.2.	SARAN	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN 1		74
LAMPIRAN 2		75
LAMPIRAN 3		76
LAMPIRAN 4		77
LAMPIRAN 5		78
LAMPIRAN 6		79
LAMPIRAN 7		80
LAMPIRAN 8		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penjelasan dari lembaran perhitungan	11
Gambar 2.2 Cara menepatkan ETD Udara	22
Gambar 2.3 Sistem VRF (<i>Variable Refrigerant Flow</i>)	27
Gambar 3.1 Diagram alir penulisan	32
Gambar 3.2 Diagram alir pengambilan data	33
Gambar 3.3 Lokasi pembangunan <i>Office</i>	34
Gambar 3.4 Citra satelit lokasi pembangunan <i>Office</i>	34
Gambar 3.5 <i>Psikrometrik Chart</i> ruang kerja	36
Gambar 3.6 <i>Psikrometrik Chart</i> ruang transit	36
Gambar 3.7 Diagram alir pengambilan data	38
Gambar 4.1 Bangunan <i>Office</i>	40
Gambar 4.2 Beban kalor di setiap jam	64
Gambar 4.3 Perbandingan konsumsi energi AC VRF dan AC Split	67
Gambar 4.4 Perbandingan Intensitas Konsumsi Energi AC VRF dan AC Split	68
Gambar 4.5 Perbandingan biaya operasional AC VRF dan AC Split	69

DAFTAR TEBEL

Tabel 2.1 Kumpulan Jurnal & Report	7
Tebel 2.2 Faktor transmisi dari jendela	12
Tabel 2.3 Radiasi matahari pada bulan maret	12
Table 2.4 Koefisien transmisi kalor dari jendela K	13
Tabel 2.5 Jumlah udara luar masuk ruangan penyegaran	14
Tabel 2.6 Jumlah penggantian ventilasi	15
Tabel 2.7 Faktor absorpsi radiasi matahari ε dari dinding	17
Table 2.8 Hambatan kalor permukaan	19
Table 2.9 Koefisien transmisi kalor dan kapasitas kalor dari dinding	19
Table 2.10 koefisien transmisi kalor dan kapasitas kalor atap	19
Tabel 2.11 tahanan kalor dan kapasitas kalor dari bahan bangunan.	20
Table 2.12 kalor sensibel dari peralatan listrik	24
Table 2.13 Jumlah Penghuni	24
Table 2.14 jumlah kalor sensible, kalor laten dari orang dan faktor kelompok	25
Tabel 2.15 Nilai IKE Standar Di Bangunan Gedung Perkantoran	29
Tabel 2.16 Nilai konsumsi energi Standar Bangunan	30
Tabel 3.1 Ruang di kondisikan	35
Tabel 3.2 Konsumsi energi peralatan lain	35
Table 3.3 Kondisi perancangan	37
Tabel 4.1 Ekvivalen radiasi matahari dinding	41
Tabel 4.2 Harga Subtitusi dinding	42
Tabel 4.3 Ekvivalen radiasi matahari atap	42
Tabel 4.4 Harga Subtitusi atap	43
Tabel 4.5 Beban Sensibel Area tepi <i>Office</i> lantai 2	48
Tabel 4.6 Beban Sensibel Area dalam <i>Office</i> lantai 2	49
Tabel 4.7 Beban Laten dalam dan tepi <i>Office</i> lantai 2	49
Tabel 4.8 Beban Sensibel Area tepi <i>Lobby Lift</i> lantai 2	50
Tabel 4.9 Beban Sensibel Area dalam <i>Lobby Lift</i> lantai 2	50
Tabel 4.10 Beban Laten dalam dan tepi <i>Lobby Lift</i> lantai 2	50
Tabel 4.11 Beban Sensibel Area ruang rapat lantai 2	51
Tabel 4.12 Beban Sensibel Area dalam Ruang Rapat lantai 2	51

Tabel 4.13 Beban Laten dalam dan tepi Ruang Rapat lantai 2	51
Tabel 4.14 Beban Sensibel Area ruang Kacab lantai 2	52
Tabel 4.15 Beban Sensibel Area dalam Ruang Kacab lantai 2	53
Tabel 4.16 Beban Laten dalam dan tepi Ruang Kacab lantai 2	53
Tabel 4.17 Beban Sensibel Area tepi <i>Office</i> lantai 3	53
Tabel 4.18 Beban Sensibel Area dalam <i>Office</i> lantai 3	54
Tabel 4.19 Beban Laten dalam dan tepi <i>Office</i> lantai 2	54
Tabel 4.20 Beban Sensibel Area tepi <i>Lobby Lift</i> lantai 3	55
Tabel 4.21 Beban Sensibel Area dalam <i>Lobby Lift</i> lantai 3	55
Tabel 4.22 Beban Laten dalam dan tepi <i>Lobby Lift</i> lantai 3	55
Tabel 4.23 Beban Sensibel Area ruang rapat lantai 3	56
Tabel 4.24 Beban Sensibel Area dalam Ruang Rapat lantai 3	56
Tabel 4.25 Beban Laten dalam dan tepi Ruang Rapat lantai 3	57
Tabel 4.26 Beban Sensibel Area ruang Kacab lantai 3	57
Tabel 4.27 Beban Sensibel Area dalam Ruang Kacab lantai 3	58
Tabel 4.28 Beban Laten dalam dan tepi Ruang Kacab lantai 3	58
Tabel 4.29 Beban Sensibel Area Tepi Musholla lantai 4	58
Tabel 4.30 Beban Sensibel Area dalam Musholla lantai 4	59
Tabel 4.31 Beban Laten dalam dan tepi Ruang Kacab lantai 3	59
Tabel 4.32 Beban Sensibel Area Tepi Ruang Arsip lantai 4	60
Tabel 4.33 Beban Sensibel Area dalam Ruang Arsip lantai 4	60
Tabel 4.34 Beban Laten dalam dan tepi Ruang Arsip lantai 4	60
Tabel 4.35 Beban Sensibel Area tepi <i>Lobby Lift</i> lantai 4	61
Tabel 4.36 Beban Sensibel Area dalam <i>Lobby Lift</i> lantai 4	61
Tabel 4.37 Beban Laten dalam dan tepi <i>Lobby Lift</i> lantai 4	62
Tabel 4.38 Beban Sensibel Area ruang rapat lantai 4	62
Tabel 4.39 Beban Sensibel Area dalam Ruang Rapat lantai 4	62
Tabel 4.40 Beban Laten dalam dan tepi Ruang Rapat lantai 4	63
Tabel 4.41 kebutuhan beban kalor di setiap jam [kcal/h]	63
Tabel 4.42 Perbandingan konsumsi energi AC VRF & AC Split merek X	65
Tabel 4.43 Perbandingan konsumsi energi AC VRF & AC Split merek Y	65
Tabel 4.44 Perbandingan konsumsi energi AC VRF & AC Split merek Z	66
Tabel 4.45 IKE Merek X	67

Tabel 4.46 IKE Merek Y	67
Tabel 4.47 IKE Merek Z	68
Tabel 4.48 Perbandingan Harga AC VRF dengan AC Split biasa	69
Tabel 4.49 Perbandingan biaya operasional	69



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$Q_{radiasi}$	Tambahan kalor oleh transmisi radiasi matahari melalui jendela
$Q_{jendela}$	Beban transmisi kalor melalui jendela
$Q_{s,infiltrasi}$	Infiltrasi beban kalor sensible
$Q_{dinding}$	Beban transmisi kalor melalui dinding
Q_{atap}	Beban transmisi kalor melalui atap
$Q_{partisi}$	Koefisien transmisi kalor dari partisi
Q_{langit}	Koefisien transmisi kalor dari langit – langit
Q_{motor}	Bedan kalor sensible karena adanya beban peralatan listrik
Q_{lampu}	Bedan kalor sensible karena adanya beban lampu
$Q_{s,penghuni}$	Beban kalor sensibel manusia
$Q_{l,penghuni}$	Beban kalor laten manusia
$Q_{l,infiltrasi}$	Beban kalor laten oleh infiltrasi
t_0	Temperatur Udara luar sesaat
t_1	Temperatur udara dalam ruangan
t_2	Temperatur udara dalam langit – langit
$t_0 \text{ rancangan}$	Temperatur udara luar untuk perancangan
$\Delta\theta$	Perubahan temperature harian
τ	Waktu penyinaran matahari
γ	Saat terjadinya temperature maximum
L	Luas dinding atau jendela
J_n	Radiasi matahari langsung pada bidang tegak lurus
J_h	Radiasi matahari langsung pada bidang horizontal
J_v	Radiasi matahari langsung pada bidang vertikal
J_β	Radiasi matahari langsung berdasarkan arah datang matahari
J	Radiasi matahari
P	Permeabilitas atmosferik
h	Ketinggian matahari
A	Azimut matahari

Ψ	Kedudukan garis lintang
δ	Deklanasi matahari
K	Koefisien transmisi kalor melalui jendela atau dinding
V	Volume ruangan
N_n	Jumlah penggantian ventilasi alamiah
V_m	Jumlah udara luar masuk ruangan penyegaran
v	Volume spesifik udara lembab
ETD_{Matah}	Selisih temperature ekivalen dari radiasi matahari
ETD_{Udara}	Selisih temperature ekivalen dari temperature atmosfer
$T_{e\ matah}$	jumlah radiasi matahari yang memanasi dinding
ϵ	faktor absorpsi radiasi matahari dari permukaan luar dinding
R	Tahanan perpindahan panas dari dinding atau atap
C	kapasitas kalor dari dinding per 1 m ²
R1	Tahanan perpindahan kalor di setiap lapisan dinding
r 1	Tahanan kalor dan kapasitas kalor dari bahan bangunan
Rsi	Tahanan perpindahan kalor dari lapisan permukaan dalam
Rso	Tahanan perpindahan kalor dari lapisan permukaan luar
k	Faktor amplitude
Γ	waktu keterlambatan
L	Luas langit langit dari ruangan yang di kondisikan
$Q_{a,sensibel}$	Kalor sensible dari penghuni ruangan
$Q_{a,laten}$	Kalor laten dari penghuni ruangan
N	Jumlah penghuni dalam ruangan