

SKRIPSI

**ANALISIS EFISIENSI ENERGI SISTEM PENDINGIN
TERPASANG DI DESA KITSUNE DAY CLUB BALI
UNTUK UPGRADE KE SISTEM
VRF(*VARIABLE REFRIGERANT FLOW*)**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

GDE WIRA GUNAWAN

**PROGRAM STUDY SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

SKRIPSI

**ANALISIS EFISIENSI ENERGI SISTEM PENDINGIN
TERPASANG DI DESA KITSUNE DAY CLUB BALI
UNTUK UPGRADE KE SISTEM
VRF(*VARIABLE REFRIGERANT FLOW*)**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

GDE WIRA GUNAWAN

NIM. 2315264018

**PROGRAM STUDY SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS EFISIENSI ENERGI SISTEM PENDINGIN TERPASANG DI DESA KITSUNE DAY CLUB BALI UNTUK UPGRADE KE SISTEM VRF(*VARIABLE REFRIGERANT FLOW*)

Oleh

GDE WIRA GUNAWAN

NIM. 2315264018

Diajukan sebagai persyaratan menyelesaikan skripsi
Program D4 pada Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Prof. I.D.M. Cipta Santosa,
ST., M.Sc., Ph.D

NIP. 197212211999031002

Pembimbing II



Dr.Eng. I.G.A.B. Wirajati, ST.,
M.Eng.

NIP.197104151999031002

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. I Gede Santosa, M. Erg

NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS EFISIENSI ENERGI SISTEM PENDINGIN TERPASANG DI DESA KITSUNE DAY CLUB BALI UNTUK UPGRADE KE SISTEM VRF(*VARIABLE REFRIGRAN FLOW*)

Oleh

GDE WIRA GUNAWAN

NIM. 2315264018

Proposal Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat dilanjutkan sebagai Skripsi pada hari/tanggal:
4 September 2024

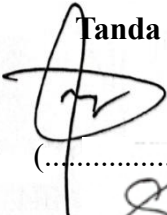
Tim Penguji


Penguji I : Dr. Made Ery Arsana, S.T, M.T.
NIP. : 196709181998021001

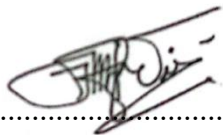
Penguji II : I Gede Artha Negara, S.T, M.T.
NIP. : 199805232022031011

Penguji III : I Nengah Ardita, S.T, M.T.
NIP. : 196411301991031004

Tanda Tangan


(.....)


(.....)


(.....)

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : GDE WIRA GUNAWAN

NIM : 2315264018

Program Studi : TEKNOLOGI TEKAYASA UTILITAS

Judul Proyek Akhir : ANALISIS EFISIENSI ENERGI SISTEM PENDINGIN
TERPASANG DI DESA KITSUNE DAY CLUB BALI
UNTUK UPGRADE KE SISTEM VRF(*VARIABLE
REFRIGRAN FLOW*)

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat. Apa bila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang-undangan yang berlaku

Badung, 4 September 2024
Yang membuat pernyataan

GDE WIRA GUNAWAN
NIM. 2315264018

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Skripsi, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE.,M.eCOM., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST.,MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin. Bapak Dr. Made Ery Arsana, S.T.,MT., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan D4 Teknologi Rekayasa Utilitas.
4. Bapak Dr.Eng. I.G.A.B. Wirajati, ST., M.Eng, selaku Ketua Program RPL Prodi Sarjana Terapan D4 Teknologi Rekayasa Utilitas dan juga selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
5. Bapak Prof. I.D.M. Cipta Santosa, ST., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Buku Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
6. Bapak dosen dan seluruh staf pengelola program RPL yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulis sehingga dapat menunjang dalam penyelesaian Skripsi ini.
7. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu.

Semoga Buku Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 21 Agustus 2024

Gde Wira Gunawan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Skripsi ini yang berjudul “ANALISIS EFISIENSI ENERGI SISTEM PENDINGIN TERPASANG DI DESA KITSUNE DAY CLUB BALI UNTUK UPGRADE KE SISTEM VRF(*VARIABLE REFRIGRAN FLOW*)” tepat pada waktunya. Penyusunan Buku Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program pendidikan pada jenjang Diploma 4 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Penulis Menyadari Buku Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai pembelajaran dari penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis di masa yang akan datang.

Badung,

Gde Wira Gunawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.4.1 Tujuan Umum.....	2
1.4.2 Tujuan Khusus.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Sistem Pengkondisian Udara VRF	4
2.2 Komponen Pengkondisi Udara VRF (Variabel Refrigran Flow).....	5
2.2.1 Kompresor	5
2.2.2 Kondensor.....	6
2.2.3 Evaporator	7
2.2.4 Alat Ekspansi	8
2.2.5 Blower.....	9
2.2.6 Thermistor	9
2.2.7 PCB Kontrol	10
2.2.8 Refrigerant	10
2.3 Cara Kerja Pengkondisi Udara	11
2.4 Pertimbangan dan Perencanaan Awal Pengkondisi Udara VRF.....	13

2.4.1 Kondisi Umum Bangunan	13
2.4.2 Kondisi Kenyamanan ASHRAE.....	14
2.5 Faktor-Faktor Dalam Menghitung Beban Pendinginan.....	14
2.6 Perhitungan Beban Pendinginan.....	16
2.6.1 Perhitungan beban melalui dinding	17
2.6.2 Perhitungan beban melalui zona	21
2.6.3 Perhitungan beban melalui atap.....	22
2.6.4 Perhitungan beban melalui kaca	23
2.6.5 Perhitungan beban manusia	25
2.6.6 Perhitungan beban lampu	26
2.6.7 Perhitungan beban peralatan elektronik.....	27
2.6.8 Beban infiltrasi	28
2.6.9 Beban ventilasi	30
2.7 Kapasitas Pendinginan.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Jenis Penelitian	32
3.2 Alur Penelitian.....	32
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	33
3.4 Penentuan Sumber Data.....	34
3.5 Sumber Data Penelitian	34
3.6 Instrumen Penelitian	35
3.7 Prosedur Penelitian	35
3.7.1 Tabel pengambilan data ukuran dinding dan kaca.....	36
3.7.2 Tabel pengambilan data ukuran pintu dan jendela	36
3.7.3 Tabel pengambilan data jumlah manusia.....	37
3.7.4 Tabel pengambilan data beban lampu.....	37
3.7.5 Tabel data beban perangkat elektronik	37
BAB IV	39
4.1 Data Bangunan.....	39
4.2 Perhitungan <i>cooling load</i> pada bangunan Maison	43
4.2.1 Perhitungan <i>cooling load</i> pada dinding (Q_d)	44
4.2.2 Perhitungan <i>cooling load</i> pada lantai (Q_{lantai}).....	49

4.2.3	Perhitungan <i>cooling load</i> pada atap (Q_{atap}).....	50
4.2.4	Perhitungan <i>cooling load</i> manusia (Q_m)	50
4.2.5	Perhitungan <i>cooling load</i> lampu (Q_{lamp})	51
4.2.6	Perhitungan <i>cooling load</i> beban elektronik ($Q_{\text{elektronik}}$)	51
4.2.7	Perhitungan beban infiltrasi pintu (Q_{ip})	52
4.2.8	Perhitungan beban pendinginan total di Maison	53
4.2.9	Perhitungan beban pendinginan untuk semua bangunan	53
4.3	Analisis <i>cooling load</i> yang dibutuhkan dengan sistem pendingin yang terpasang saat ini	53
4.3.1	Tabel perbandingan kapasitas beban pendinginan	53
4.3.2	Analisis tabel 4.8 dan peluang efisiensi energi	54
4.4	Rekomendasi penggantian sistem pendingin yang terpasang ke unit VRF (<i>Variable Refrigerant Flow</i>)	57
4.5	Investasi balik Modal	59
BAB V		60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tahanan termal permukaan Ri dan Ro	17
Tabel 2. 2 Konduktivitas termal bahan penyusun dinding.....	17
Tabel 2.3 Wall construction group description.....	17
Tabel 2.4 Cooling load temperature difference (CLTD) walls and doors	19
Tabel 2.5 Latitude month	21
Tabel 2.6 Koefisien warna.....	21
Tabel 2.7 Standards U_{value} roof.....	22
Tabel 2.8 Koefisien warna.....	22
Tabel 2.9 CLTD for roofs.....	22
Tabel 2.10 Value factor for roof	23
Tabel 2.11 U_{value} kaca	23
Tabel 2.12 Cooling load temperature difference (CLTD) glass	24
Tabel 2.13 Shading coefficient for glass	24
Tabel 2.14 Cooling load factor for glass	24
Tabel 2.15 Solar heat gain factor for glass	25
Tabel 2.16 Standards sensible and latent heat gain for people.....	26
Tabel 2.17 Cooling load factor (CLF) for people	26
Tabel 2.18 Cooling load factor for light and electronic device.....	27
Tabel 2.19 Ballast factor for lamp.....	27
Tabel 2.20 Heat gain from equipment.....	28
Tabel 2.21 Nilai ketetapan CLF electrical equipment.....	28
Tabel 2.22 <i>Infiltration</i> berdasarkan metode lain	29
Tabel 3. 1 Kegiatan Penelitian	34
Tabel 3.2 Pengambilan data ukuran dinding dan kaca.....	36
Tabel 3.3 Pengambilan data ukuran pintu dan jendela.....	36
Tabel 3.4 Kapasitas manusia pada tiap ruangan yang dikondisikan	37
Tabel 3.5 Tabel Pengambilan data beban lampu	37

Tabel 4. 1 Data Bangunan Maison	41
Tabel 4. 2 Data Bangunan Toilet Cewek & Toilet Cowok.....	41
Tabel 4. 3 Data Bangunan Restoran	42
Tabel 4. 4 Data Bangunan Restoran	42
Tabel 4. 5 U_{value} untuk elemen selubung bangunan.....	44
Tabel 4. 6 Solar intensity dan solar heat gain factor (SHGF)	44
Tabel 4. 7 Data Hasil Perhitungan <i>Cooling Load</i> untuk semua bangunan.....	53
Tabel 4. 8 Data Perbandingan cooling load dengan sistem pendingin yang terpasang.....	54
Tabel 4. 9 Tabel Analisis peluang efisiensi energi berdasarkan kapasitas pendinginan	56
Tabel 4. 10 Analisis peluang efisiensi berdasarkan energi yang di konsumsi unit pendingin sesuai dengan name plate	57
Tabel 4. 11 Rekomendasi penggunaan kapasitas <i>indoor</i> VRF (<i>Variable Refrigerant Flow</i>).....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skematis sistem VRF (<i>Variable Refrigran Flow</i>)	4
Gambar 2. 2 Kompresor VRF	6
Gambar 2.3 Kondensor unit VRF	7
Gambar 2.4 Evaporator	8
Gambar 2.5 Katup ekspansi EEV	8
Gambar 2.6 Kipas AC	9
Gambar 2.7 Thermistor	9
Gambar 2.8 PCB Kontrol	10
Gambar 2.9 Jenis-jenis Refrigerant.....	11
Gambar 2.10 Siklus kompresi uap	12
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	33
Gambar 4. 1 Bangunan Maison	39
Gambar 4. 2 Bangunan cafe	39
Gambar 4. 3 Bangunan Restaurant.....	40
Gambar 4. 4 Bangunan Toilet	40
Gambar 4. 5 Struktur dinding	46
Gambar 4. 6 Denah Maison	45
Gambar 4. 7 Tampilan coolpack	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pengondisi udara atau *air conditioning* (AC) merupakan salah satu sistem utilitas yang umum digunakan di suatu properti. Sistem pengondisi udara yang umum digunakan di Indonesia adalah pendingin ruangan mengingat Indonesia memiliki iklim tropis menurut (Sebayang, 2019)

Penggunaan pengondisi udara tentunya tidak terlepas dari biaya operasional dan biaya pemeliharaan agar sistem pengondisi udara dapat berjalan sebagaimana mestinya. Terdapat berbagai jenis tipe pengondisi udara yaitu : *AC Ducting*, *AC Split*, *AC Window*, *AC Standing* yang memiliki kapasitas pendinginan serta keunggulan dan kelemahan masing masing jika diterapkan pada masing-masing properti yang memiliki karakteristik bangunan dan iklim yang berbeda-beda.

Idealnya suatu sistem pengondisi udara dirancang agar menggunakan energi seminimal mungkin dengan kemudahan pemeliharaan dan monitoring sistem sehingga dapat menghemat biaya operasional dan pemeliharaan dengan tetap memperhitungkan kapasitas pendinginan dari suatu sistem pengondisi udara menurut (Japa, 2023). Penggunaan sistem pendingin udara VRF bisa di bebani sampai 130% dari kapasitasnya dan jarak maksimal pipa lebih panjang daripada AC split. Desa Kitsune Day Club Bali saat ini menggunakan sistem ac split di mana AC yang terpasang sekarang akan di analisis apakah kapasitas AC sudah sesuai dengan kebutuhan ruangan. Dari hasil analisis ini, sistem pendingin yang terpasang saat ini akan di compare dengan AC VRF (Variable Refrigiran Flow) sehingga diharapkan dapat mengetahui penghematan energi , biaya operasional dan memudahkan pemeliharaan .

Analisis efisiensi energi akan di lakukan dengan menghitung kebutuhan *cooling load* dari masing masing ruangan dan membandingkannya dengan sistem pendingin yang terpasang saat ini apakah sudah sesuai atau tidak. Kemudian sistem pendingin yang terpasang saat ini juga akan di bandingkan dengan sistem VRF(Variable Refrigiran Flow) untuk mengetahui perbedaan penggunaan energi antara sistem pendingin yang terpasang dengan sistem VRF.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menghitung kapasitas *cooling load* pada setiap ruangan yang di analisis di Desa Kitsune Dayclub Bali.
2. Bagaimana cara menganalisis efisiensi energi antara sistem pendingin yang terpasang dengan sistem VRF (*Variable Refrigeran Flow*).

1.3 Batasan Masalah

Analisis sistem pendingin terpasang di Desa Kitsune Day Club Bali memiliki beberapa batasan yang bertujuan agar penelitian dapat terfokus. Batasan masalah hanya membandingkan total konsumsi energi sistem pendingin yang terpasang saat ini di Desa Kitsune Day Club Bali dengan sistem AC VRF (*Variable Refrigerant Flow*) berdasarkan analisis *cooling load* untuk mendapatkan efisiensi energi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian terdiri atas tujuan umum dan tujuan khusus yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan Umum

- a. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan D4 pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
- b. Untuk mengaplikasikan materi yang sudah di dapatkan selama kuliah di Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan Khusus

Dapat menganalisis kebutuhan pendinginan yang diperlukan oleh bangunan di Desa Kitsune dan membandingkannya dengan sistem pendingin yang terpasang saat ini .

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini bagi penulis, bagi institusi Politeknik Negeri Bali, dan pihak umum sebagai berikut:

1. Manfaat Bagi Penulis
Bisa menerapkan teori yang di dapatkan selama kuliah untuk menghitung potensi *saving energi* di tempat kerja
2. Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali
Penelitian ini bisa menjadi refrensi bagi mahasiswa di lingkungan Politeknik Negeri Bali yang ingin melakukan analisis *saving energi* dengan menghitung *cooling load*
3. Manfaat bagi pihak umum
Hasil dari penelitian ini memberikan referensi untuk memilih tipe sistem pendingin ruangan yang akan di rancang / dibuat

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis efisiensi energi sistem pendingin yang terpasang saat ini di Desa Kitsune Day Club Bali dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Dari data *cooling load* yang di perlukan oleh setiap bangunan di ketahui pemilihan unit pendingin yang di pasang jauh melebihi dengan kapasitas atau kebutuhan pendinginan dari bangunan tersebut terutama bangunan Toilet Cewek, Toilet Cowok dan Restoran.
2. Efisiensi *energi* dan *saving cost* sangat bisa sekali di lakukan dengan cara menyesuaikan kebutuhan pendinginan sesuai dengan hasil analisis dengan unit pendingin yang terpasang sekarang. Sehingga unit pendingin yang terpasang secara berlebihan bisa di *take out*.
3. Penggantian sistem pendingin yang terpasang sekarang di Desa Kitsune sangat baik sekali jika di ganti ke sistem VRF. Dimana sesuai dengan analisis daya yang di perlukan oleh VRF hampir 3 kali lipat lebih kecil dari pada daya yang di perlukan oleh sistem yang terpasang saat ini.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis efisiensi energi sistem pendingin terpasang di Desa Kitsune Day Club Bali untuk upgrade ke sistem VRF(*Variable Refrigerant Flow*), penulis menggunakan sistem *stand alone* untuk out doornya. Sehingga di rasa perlu merancang dan menganalisis pemilihan sistem VRF secara tandem dimana jika ada kerusakan di salah satu unit, unit yang lain bisa sebagai Cadangan.

Selain itu biaya investasi awal dan juga perawatan perlu di pertimbangkan sehingga upgrade ke sistem VRF ini benar-benar mendapatkan data yg lebih spesifik mengenai keuntungan dan efisiensinya di bandingkan dengan sistem pendingin yang terpasang saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2024. *Air Conditioning System City Multi*. Edisi 1. Mitshubishi Electric.
- ASHRAE (1992) 1992 Ashrae Handbook: Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Systems and Equipment/I-P Edition (ASHRAE HANDBOOK HEATING, VENTILATING, AND AIR CONDITIONING SYSTEMS AND EQUIPMENT INCH-POUND). Amer Society of Heating.
- ASHRAE (2009) Ashrae hand book fundamental 2009.
- ASHRAE (2012) Heating, Ventilating, and Air-Conditioning SISTEM AND EQUIPMENT. Tersedia pada: https://www.academia.edu/45155352/ASHRAE_2012_Heating_Ventilating_and_Air_conditioning_SYSTEMS_AND_EQUIPMENT.
- Badan Standarisasi Indonesia (2008) BS EN ISO 6946:2007 Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation method. Tersedia pada: <https://doi.org/10.3403/30127651>.
- Eco Cost Sving (2022) *How Many Watts Does A Laptop Use? [Design Usage & Costs Revealed – 1,084 Studied], USA*. Available at:
- Goetzler W. (2007) *Variable Refrigerant Flow Systems*. ASHRAE J Am S Heat Refrigerating Air Cond Eng
- Rachman, A., Nesti, L., & Yanto, A. (2022). Study of the VRF/VRV Air Conditioning System in the Hospital: A Review of Economic and Environmental Aspects. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 17-25.
- Suamir, I.N. (2020) *Desain Dan Pengembangan Rhvac Basis Komputer*. Denpasar.
- Yuda, J. (2023) *Perancangan Sistem AC Sentral pada Gedung D4 Teknologi Politeknik Negeri Bali*. Badung.
- Sebayang, M.D. (2019) “PERAWATAN AIR CONDISIONER (AC) SENTRAL,” *repository.uki.ac.id* [Preprint]. Tersedia pada: http://repository.uki.ac.id/939/1/Perawatan_Air_Conditioner_%28AC%29_Sentral.pdf