



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**“PENGARUH DEBIT AIR *EVAPORATIVE COOLER*
DENGAN 3 *COOLING PAD* PADA *PRECOOLING SYSTEM*
TERHADAP KINERJA *AIR CONDITIONER*”**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya

M SEPTA MAULANA

40040218060018

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
SEKOLAH VOKASI**

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG


DESEMBER 2021

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : M Septa Maulana

NIM : 40040218060018

Tanda Tangan : 

Tanggal : 14 Desember 2021



SURAT TUGAS

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN
TINGGI
SEKOLAHVOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 237/ UN7.5.13 / TM / 2021

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk Mahasiswa berikut :

No.	NAMA	NIM
1	Chandra Haryo Prasajo	40040218060016
2	Wicoro Syahjati	40040218060017
3	M Septa Maulana	40040218060018

Judul Proyek Akhir : Pengaruh debit air Evaporative cooler
dengan 3 Cooling pad pada Precooling system
terhadap kinerja air conditioner

Dosen Pembimbing : Sri Utami Handayani, ST, M,T
NIP. : 197609152003122001

Isi Tugas :

1. Pengoperasian Power Quality Analyzer
2. Proses pembuatan dan pengujian Precooling Evaporative Cooling Pad
3. Pembuatan Laporan Tugas Akhir

Proposal TA harus disetujui Dosen Pembimbing dan diserahkan Program Studi paling lambat 2 bulan setelah Surat Tugas ini diterima. Tugas Akhir harus diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak Proposal TA disetujui Dosen Pembimbing, serta diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang ,14 Desember 2021

Ketua PSD III Teknik MesinNIP

Drs. Ireng Sigit A, M.Kes
NIP. 196204211986031002

Surat Tugas dicetak 3 lbr untuk :

1. Dosen Pembimbing TA
2. Mahasiswa ybs.
3. Arsip jurusan

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Dengan ini menerangkan bahwa Laporan Tugas Akhir dengan judul :
“PENGARUH DEBIT AIR EVAPORATIVE COOLER DENGAN 3 COOLING
PAD PADA PRECOOLING SYSTEM TERHADAP KINERJA AIR
CONDITIONER” yang telah disusun oleh :

Nama : M Septa Maulana
NIM : 40040218060018
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro

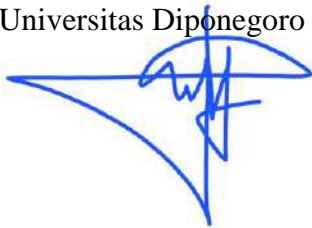
Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada :

Hari : S e l a s a
Tanggal : 14 Desember 2021

Semarang, 14 Desember 2021

Ketua PSD III Teknik Mesin

Universitas Diponegoro



Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes

NIP. 196204211986031002

Dosen Pembimbing



Sri Utami Handayani, S.T, M.T

NIP. 197609152003122001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : M Septa Maulana

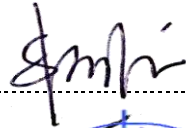
NIM : 40040218060018

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : “PENGARUH DEBIT AIR EVAPORATIVE COOLER DENGAN 3 COOLING PAD PADA PRECOOLING SYSTEM TERHADAP KINERJA AIR CONDITIONER”

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Sri Utami Handayani, S.T, M. T ()

Penguji 1 : Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes ()

Penguji 2 : Susastro, S.T, M.T ()

Semarang, 14 Desember 2021
Ketua PSD III Teknik MesinSV
Universitas Diponegoro



Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes

NIP. 196204211986031002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : M Septa Maulana
NIM : 40040218060018
Program Studi : Diploma III
Teknik MesinFakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi Pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya saya yang berjudul :

“PENGARUH DEBIT AIR EVAPORATIVE COOLER DENGAN 3 COOLING PAD PADA PRECOOLING SYSTEM TERHADAP KINERJA AIR CONDITIONER”

Dengan Hak Bebas Royalty / Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihkan media / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 14 Desember 2021

Yang menyatakan,



M Septa Maulana

HALAMAN MOTTO

Motto:

“Semua akan baik-baik saja”

Laporan ini dipersembahkan kepada:

1. Orangtua, yang senantiasa memberi doa dan dukungan.
2. Angkatan 2018, yang selalu memberi semangat yang tiada henti agar lulus bersama.

KATA PENGANTAR

Assalamualai'alaikum Wr. Wb,

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul "*Pengaruh Debit Air Evaporative Cooler dengan 3 Cooling Pad pada Precooling System terhadap kinerja Air Conditioner*" dengan baik.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak saran, bimbingan, dan bantuan dari pihak pembimbing, pemateri, maupun teman, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes, selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Ibu Sri Utami Handayani, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing serta memberi masukan selama penyusunan laporan tugas akhir.
4. Bapak Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes, selaku dosen wali.
5. Kelompok tugas akhir yang telah bekerja sama dengan baik serta saling membantu.

6. Kedua orang tua serta keluarga yang telah memberikan doa, kepercayaan dan dorongan serta semangat.
7. Teman-teman angkatan 2018 Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.
8. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir baik secara moral maupun material. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan laporan ini, maka segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebajikan. Dan semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 14 Desember 2021



M Septa Maulana

ABSTRAK

Sistem pengkondisian udara merupakan salah satu kebutuhan manusia yang dapat meningkatkan produktifitas. Saat ini sekitar 30% energi total didunia digunakan untuk sistem refrigerasi dan pengkondisian udara. Pada proyek tugas akhir ini dibuat rekayasa sistem pengkondisian udara dengan evaporative cooler. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pre-cooling system yang dapat menurunkan temperatur udara masuk sistem AC agar dapat mengganti udara sirkulasi dengan udara segar. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan sistem Direct Evaporative Cooling dengan 3 cooling pad dan variasi debit air. Dari penelitian diperoleh hasil bahwa evaporative cooler mempunyai pengaruh terhadap udara yang masuk ke sistem AC seperti suhu, kelembaban, dan enthalpy. Dengan adanya penambahan evaporative cooler ini juga dapat mempengaruhi unjuk kerja sistem AC seperti COP dan EER. Namun untuk konsumsi daya listriknya evaporative cooler tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsumsi daya listrik AC yang digunakan.

Kata kunci: AC, Evaporative Cooler

ABSTRACT

Air conditioning system is one of the human needs that can increase productivity. Currently about 30% of the world's total energy is used for refrigeration and air conditioning systems. In this final project, an air conditioning system with an evaporative cooler was engineered. This study aims to develop a pre-cooling system that can reduce the temperature of the air entering the AC system in order to replace circulating air with fresh air. The method used is an experiment using a Direct Evaporative Cooling system with 3 cooling pads and variations in water discharge. From the research, it is found that the evaporative cooler has an effect on the air entering the AC system such as temperature, humidity, and enthalpy. With the addition of this evaporative cooler, it can also affect the performance of AC systems such as COP and EER. However, for electric power consumption, the evaporative cooler does not have a significant effect on the AC power consumption used.

Keywords: AC, Evaporative Cooler

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan penelitian.....	3
1.4 Batasan masalah	4
1.5 Metode Pengumpulan Data	4
1.6 Sistematika Laporan.....	4
BAB II.....	6
2.1 Pengkondisian Udara (AC)	6
2.2 Evaporative Cooling.....	10
2.2.1 Direct Evaporative Cooling (DEC).....	11
2.3 Perhitungan Kapasitas Pendinginan Media DEC.....	15
BAB III	17
METODOLOGI	17
3.1 Alat dan Bahan.....	17
3.2 Diagram Alir Tugas Akhir	27
3.3 Perancangan Alat	28
3.3.1 Perancangan Desain Alat	28
3.3.2 Pembuatan dan Perakitan Alat	30
3.4 Prosedur Pengambilan Data	34

3.4.1 Tahapan Persiapan	Error! Bookmark not defined.
3.4.2 Tahapan Pengambilan Data.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	34
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Data hasil pengujian.....	35
4.2 Pengolahan data hasil pengujian Test bed AC.....	36
4.2.1 Perubahan suhu	36
4.2.2 Perubahan kelembaban.....	37
4.2.3 Perubahan enthalpy	39
4.2.4 Coofesient of Performance (COP) Kinerja Air Conditioner.....	40
4.3 Pengolahan Data Hasil Pengujian Power Quality Analizer	43
BAB V.....	46
PENUTUP.....	46
5.1 Kesimpulan	46
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Spesifikasi AC.....	17
Gambar 3. 2 Test Bed Air Conditioner	18
Gambar 3. 3 Komponen Tes Bed AC	19
Gambar 3. 4Evaporative Cooling Pad.....	20
Gambar 3. 5 Kipas.....	21
Gambar 3. 6 Pompa Sentrifugal	21
Gambar 3. 7 Flowmeter.....	22
Gambar 3. 8 Voltmeter.....	22
Gambar 3. 9 Amperemeter	23
Gambar 3. 10 Inverter VFD	23
Gambar 3. 11 Power Quality Analyzer	25
Gambar 3. 12 Komponen PQA	25
Gambar 3. 13 Diagram Alur Tugas Akhir	27
Gambar 3. 14 Desain Evaporative cooler	28
Gambar 3. 15 Komponen Evaporative cooler.....	29
Gambar 3. 16 Pemotongan Akrilik	30
Gambar 3. 17 Perakitan Bagian Akrilik.....	31
Gambar 3. 18 Pembuatan Meja.....	31
Gambar 3. 19 Perakitan Akrilik dengan Meja	32
Gambar 3. 20 Pemasangan Pipa.....	32
Gambar 3. 21 Kelistrikan Panel	33
Gambar 3. 22 . Penyambungan Test Bed AC dengan Evaporative cooler	33

Gambar 4.1 Grafik hubungan perubahan suhu dengan debit air.....	38
Gambar 4.2 Grafik hubungan perubahan kelembaban dengan debit air.....	39
Gambar 4.3 Grafik perubahan <i>Enthalp</i>	40
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara debit air dengan COP.....	42
Gambar 4.5 Grafik EER.....	44
Gambar 4.6 Grafik perbedaan daya.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data hasil percobaan	35
Tabel 4. 2 Perubahan suhu	36
Tabel 4. 3 Perubahan kelembaban	38
Tabel 4. 4 Perubahan Enthalpy	39
Tabel 4. 5 Perhitungan COP	41
Tabel 4. 6 Perubahan daya	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Data Hasil Pengujian	50
Lampiran 1. 2 Tabel Properties Air Propane (R-290).....	51
Lampiran 1. 4 Diagram Pycometric (Flycarpet)	52
Lampiran 1. 3 Data hasil pembacaan PQA	52
Lampiran 1.5 Gambar desain Evaporative Cooler.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pengkondisian udara merupakan salah satu kebutuhan manusia yang dapat meningkatkan produktifitas. Saat ini sekitar 30% energi total didunia digunakan untuk sistem refrigerasi dan pengkondisian udara. Sistem pengkondisian udara yang dipergunakan di gedung perkantoran , pabrik, rumah sakit, atau hotel biasanya menggunakan tipe AC sentral karena lebih efisien dan efektif dalam pengoperasian dan perawatan. Pada sistem ini, untuk menghemat konsumsi energi listrik, mayoritas udara disirkulasikan dalam ruangan dan hanya sebagian kecil udara luar (udara ventilasi) yang dimasukkan untuk menjaga kandungan oksigen agar memenuhi syarat.

Sebagian besar desain bangunan yang saat ini baru berfokus pada pencapaian kenyamanan thermal dan efisiensi energi, belum mengimplementasikan konsep tata udara yang mampu mengurangi konsentrasi virus di dalam ruangan. (Utami, 2021)

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi virus dalam ruangan, antara lain : (a) membuang/mengisap udara ruangan dengan cara memasang exhaust fan, (b) melarutkan konsentrasi virus di dalam ruangan dengan memasukkan udara segar/luar yang sudah dikondisikan (filter, temperature dan kandungan uap airnya diturunkan) dengan memakai DOAS (Dedicated Outdoor Air System), (c) memfilter udara di dalam ruangan dengan memakai Air Purifier yang dilengkapi dengan Hepafilter atau Corona Plasma Air Purifier yang

dapat membunuh dan menghancurkan bakteri dan virus selain VOC, HVOC, dan menyaring partikel PM2.5 dan PM10 . (Utami, 2021)

Pada sistem AC sentral semakin besar pembuangan udara ruangan dan pemasukan udara luar akan berakibat kenaikan konsumsi energi listrik, karena kondisi udara luar yang cenderung memiliki suhu dan kelembaban yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan rekayasa sistem pengkondisian udara agar sistem AC sentral dengan udara ventilasi yang maksimum tidak berakibat pada kenaikan konsumsi energi listrik yang terlalu besar.

Kebutuhan energi saat ini diperkirakan sebesar 40 % hingga 50% dari total konsumsi daya utama. Di negara-negara beriklim panas, konsumsi energi listrik tertinggi pada bangunan disebabkan penggunaan sistem pendinginan udara sistem HVAC tradisional. Sebagai contoh, di Timur Tengah, 70% konsumsi energi listrik bangunan. Saat ini, sistem pendinginan udara telah menjadi kebutuhan bagi kehidupan manusia dan berperan peran penting dalam memastikan tingkat kenyamanan dalam ruangan. Karenanya, meningkatkan efisiensi sistem pendinginan sangat penting, terutama yang memiliki kinerja pendinginan tinggi dan konsumsi daya rendah.(Yang, Cui, & Lan, 2019)

Sistem ini bertujuan untuk mengembangkan pre-cooling system yang dapat menurunkan temperatur udara masuk sistem AC sentral agar dapat mengganti udara sirkulasi dengan udara segar sehingga menurunkan resiko penyebaran Covid 19.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah dijelaskan diatas maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap perubahan suhu
2. Bagaimana pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap perubahan kelembaban
3. Bagaimana pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap perubahan enthalpy
4. Bagaimana pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap kinerja ac
5. Bagaimana perbandingan EER spesifikasi dan EER aktual AC
6. Bagaimana pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap konsumsi energi listrik AC

1.3. Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap perubahan suhu
2. Mengetahui pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap perubahan kelembaban
3. Mengetahui pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap perubahan enthalpy
4. Mengetahui pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap kinerja ac
5. Mengetahui perbandingan EER spesifikasi dan aktual AC.

6. Mengetahui pengaruh penambahan *evaporative cooler* terhadap konsumsi energi listrik AC

1.4 Batasan masalah

Batasan masalah dibuat agar pembahasan pada penelitian ini dimaksudkan agar meminimalisir penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah. Pada laporan tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut :

1. Proses pembuatan dari *evaporative cooler*.
2. Proses pengambilan data dengan menggunakan test bed ac berjenis ac split

1.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam proses penyusunan laporan ini, proses pengumpulan data penelitian menggunakan beberapa metode :

1. Metode Eksperimental

Mencari tahu kemungkinan sebab akibat dengan melakukan kontrol pada variable tertentu.

1.6 Sistematika Laporan

Guna mempermudah pembaca untuk mengerti dan memahanmi isi dari laporan kerja praktek ini, maka penulis membagi sistematika laporan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode pengumpulan data, dan sistematika laporan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi penjelasan dan pemaparan dari studi literature bagaimana perhitungan efektifitas maupun juga penjelasan tentang *evaporative cooling system*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan secara mendetail tentang prototype yang telah dibuat, dimana terdiri dari alat, bahan, prosedur pembuatan alat, prosedur pengambilan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi hasil dari uji coba dan pembahasan bagaimana uji coba didapatkan dan berbagai jenis perhitungan yang digunakan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil laporan tugas akhir ini serta saran terkait penelitian.

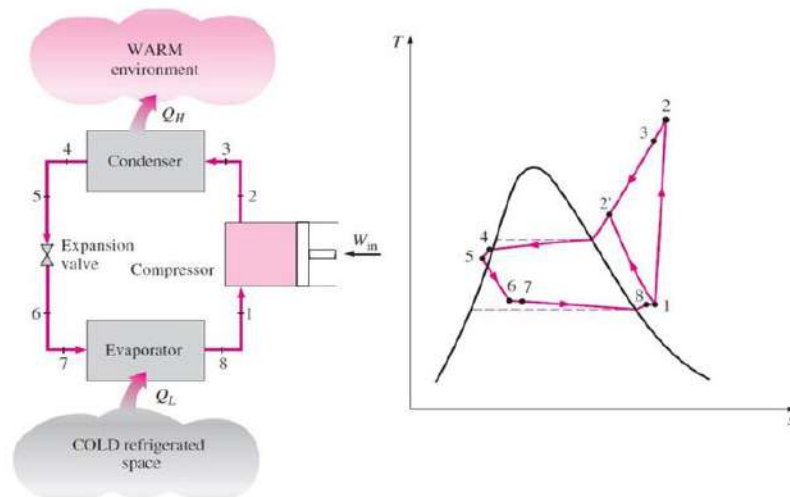
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengkondisian Udara (AC)

Sistem pengkondisian udara merupakan pengembangan sistem refrigerasi, dimana refrigerasi memiliki pengertian “proses pembuangan panas dari tempat bertemperatur rendah menuju tempat bertemperatur tinggi” yang berarti pada ruangan dengan temperatur rendah akan terjadi penyerapan kalor, sedangkan pada ruangan yang memiliki temperatur tinggi akan terjadi pembuangan kalor.

Pada umumnya mesin pengkondisian udara yang digunakan pada bangunan komersial menggunakan konfigurasi siklus kompresi uap dimana refrigeran mengalami proses penguapan, kondensasi, dan dikompresi dalam fase uap. (Standar Nasional Indonesia, 2001)



Gambar 2.1 Siklus Pengkondisian Udara (Cengel, 2005)

Mesin pengkondisian udara memerlukan sebuah ruangan tertutup agar suhu dan kelembapan di dalam ruangan tersebut dapat diatur dan

terkontrol. Terdapat beberapa ventilasi guna memungkinkan agar udara segar yang kaya akan oksigen dapat masuk tetapi apabila ventilasi yang diberikan terlalu besar atau terlalu banyak dapat menyebabkan peningkatan beban pendinginan udara itu sendiri terutama suhu udara luar di Indonesia yang berada pada $\pm 34^{\circ}\text{C}$ yang kemungkinan besar berada diluar dari grafik zona nyaman. Tetapi dengan semakin minimnya ventilasi, terjadi pertukaran udara segar di dalam ruangan juga semakin minim sehingga memperbesar kemungkinan untuk penumpukan udara kotor di dalam ruangan.(Cengel, 2005)

2.1.1 Coefficient of performance (COP)

Sebuah efisiensi dari mesin pendingin udara dapat juga disebut dengan istilah *Coefficient of Performance* (COP), COP dibagi 2 jenis, yaitu: COP_R dan COP_{HP} . Dimana COP_R istilah yang digunakan untuk efisiensi mesin pendingin (*refrigerator*) sedangkan untuk COP_{HP} digunakan untuk efisiensi mesin pemanas (*heat pump*). (Cengel, 2005)

COP dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{COP} = \frac{\text{kalor yang dibuang}}{\text{kalor yang dibutuhkan}} \quad (1)$$

Dimana untuk COP_R sebagai berikut :

$$\text{COP}_R = \frac{Q_L}{W_{\text{net.in}}} \quad (2)$$

Dimana :

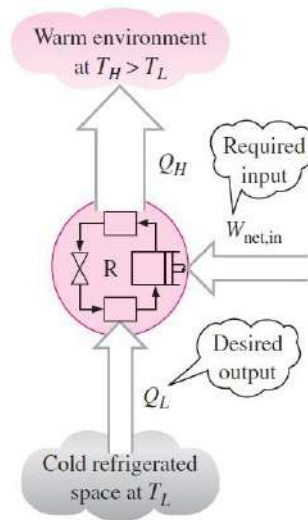
- Q_L = Kalor yang dibuang pada suhu rendah
- $W_{\text{net.in}}$ = Daya yang dibutuhkan untuk membuang kalor

Dan $W_{net.in}$ dapat dicari dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$W_{net.in} = Q_H - Q_L \quad (3)$$

Dimana :

- Q_H = Kalor yang dibuang pada suhu tinggi
- Q_L = Kalor Yang dibuang pada suhu rendah



Gambar 2.2 Skema proses mesin refrigerasi (Cengel, 2005)

Untuk Q_L dan Q_H dapat dicari dengan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$Q = \dot{m} (h_{in} - h_{out}) \quad (4)$$

Dimana :

- \dot{m} = laju aliran masa $\left(\frac{kg}{s} \right)$
- h_{in} = entalpi udara masuk $\left(\frac{kJ}{kg} \right)$
- h_{out} = entalpi udara keluar $\left(\frac{kJ}{kg} \right)$

2.1.2 Energy Efficiency Ratio (EER)

Energy Efficiency Ratio (EER) adalah perbandingan kapasitas pendinginan dengan input daya. Kapasitas pendinginan dengan input daya. Kapasitas pendinginan menggunakan satuan Btu/h (British thermal units per hour) sedangkan daya diukur menggunakan satuan watt. Berbeda dengan COP, EER berbanding lurus dengan efisiensi dari sebuah AC. Semakin tinggi EER dari sebuah AC maka semakin efisien pada AC tersebut. Perhitungan EER menggunakan persamaan 5: 5:(Mayrullah, 2020)

$$EER = \frac{\textit{Cooling Capacity}}{\textit{Win}} \quad (6)$$

Dimana:

EER : *Energy Efficiency Ratio* (W/W)

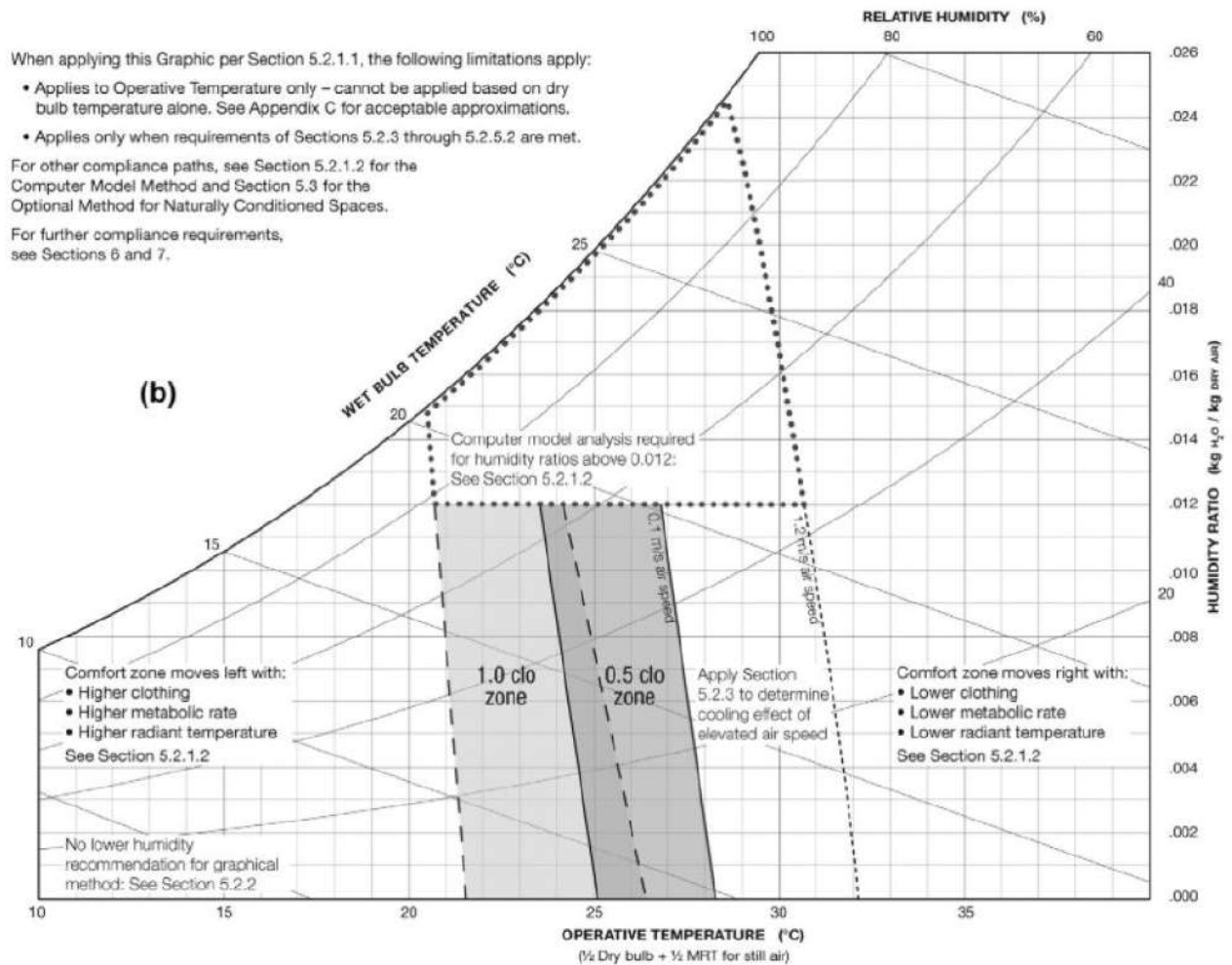
Cooling Capacity : Kapasitas pendinginan AC (BTU/hr)

Win : Daya Input AC (W)

Untuk mencari *Cooling Capacity* digunakan rumus pada persamaan 4. Sedangkan untuk mencari daya input AC menggunakan data hasil perekaman *Power Quality Analyzer*.

Menurut *VANOS Journal Of Mechanical Engineering Education (2019)* “*Analysis Of Energy Efficiency Ratio (Eer) In Air Conditioner (AC) Type Split*” EER dapat dicari dengan cara yang lebih praktis dengan rumus:(Fani & Arnif, 2019)

$$EER = COP \times 3,412 \quad (7)$$



Gambar 2.3 Grafik Zona Nyaman (Utami, 2021)

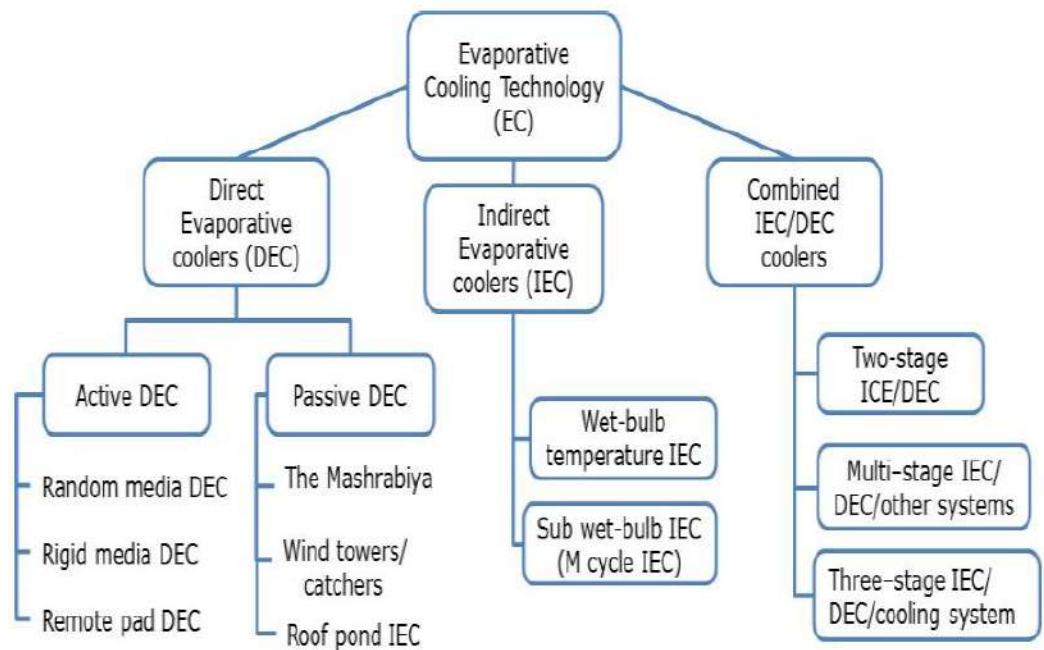
2.2 Evaporative Cooling

Evaporative cooling merupakan sebuah proses pemindahan panas dan massa dengan menggunakan uap air untuk mendinginkan udara, dimana panas dengan jumlah yang besar dipindahkan dari udara menuju air yang berakibat suhu pada udara menurun. (Yang et al., 2019)

Evaporative cooler terdiri dari tiga jenis, yaitu :

1. *Direct Evaporative Cooler* (DEC), yang berarti fluida kerja (air dan udara) mengalami kontak langsung dengan media evaporasi.

2. *Indirect Evaporative Cooler* (IEC), yang berarti terdapat sebuah permukaan atau plat yang memisahkan antara fluida kerja dengan media evaporasi.
3. Gabungan sistem (DEC) dan (IEC) dan/atau dengan siklus pendinginan lain.(Kashif, Sultan, & Khan, 2017)



Gambar 2.4Klasifikasi Sistem Evaporative Cooler pada Pendinginan Gedung

2.2.1 Direct Evaporative Cooling (DEC)

Direct Evaporative Cooling Merupakan sistem tertua dan paling sederhana dari pendinginan evaporasi, dimana udara panas dibawa untuk mengalami kontak langsung dengan air. (Yang et al., 2019)

Sistem DEC dibedakan berdasarkan konsumsi daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikannya, dimulai tanpa daya apapun hingga daya besar untuk pengoperasiannya.

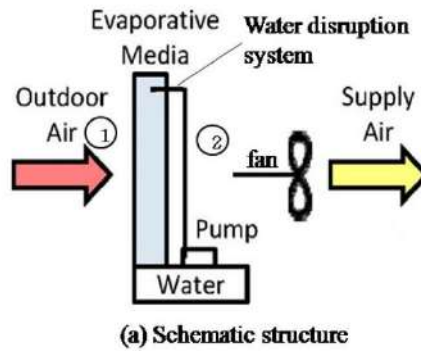
- Active DEC, untuk pengoperasiannya membutuhkan daya listrik .
- Passive DEC, beroperasi secara alami tanpa membutuhkan daya apapun.

Sistem pendinginan evaporasi DEC hanya cocok untuk lingkungan yang kering dan juga panas, kelembaban relatives dapat mencapai 80% dimana kelembaban dengan kandungan sebesar itu dapat membuat bahan yang rentan menjadi melengkung, berkarat, dan juga berjamur. (Yunianto, 2017)

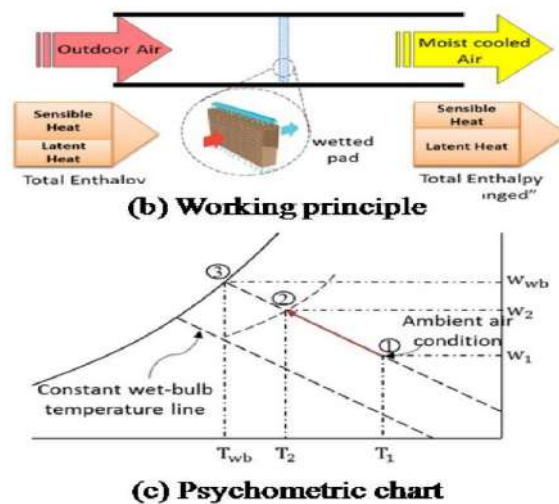
2.1.1 Active DEC Systems

Active DEC digerakan dengan menggunakan energy listrik, namun, hanya sedikit daya yang digunakan untuk mensirkulasikan udara dan air. Bila dipertimbangkan dengan teknologi pendinginan tradisional lain lebih sedikit membutuhkan energy secara kontinu, dengan penghematan energi hingga 90%. Pada umumnya DEC tersusun dari media evaporasi (bahan yang dapat dibasahi dan berpori), kipas untuk menghembuskan udara melewati media yang dibasahi, wadah air, pompa sirkulasi, dan sistem distribusi air yang diilustrasikan pada gambar 2.6. DEC merupakan proses pendinginan adiabatik, i.e. entalpi pendinginan total dari udara konstan sepanjang proses pendinginan. Air menyerap panas sensible dari udara segar dan evaporasi membuat temperature

udara menurun serta meningkatkan kelembaban udara seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.7.(Yang et al., 2019)



Gambar 2.5 Skema Umum DEC (Yang, Cui and Lan, 2019)



Gambar 2.6 Prinsip Kerja dan Diagram Psikometrik DEC (Yang, Cui and Lan, 2019)

Secara teori, udara segar dapat didinginkan hingga efektifitas 100%, namun pada proses tersebut efektifitas suhu bola basah hanya mencapai 60%-80% hal tersebut dapat terjadi karena waktu kontak yang sangat singkat diantara 2 fluida. (Gilani & Poshtiri, 2014)

Ketidakmampuan dari media untuk menyerap air dan berdasarkan fakta bahwa air yang bersirkulasi dan udara segar akan mencapai pada titik keseimbangan dari suhu bola basah dari udara segar, pada akhirnya sistem DEC tidak dapat mendinginkan udara segar yang datang dibawah dari temperatur suhu bola basah.

Efektifitas suhu bola basah pada sistem DEC yang beredar dipasaran dapat mencapai efektifitas 70%-85%.(Tipsaenporm, Lertsatitthanakorn, Bubphachot, Rungsiyopas, & Soponronnarit, 2012)

Berdasarkan ASHRAE Handbook-HVAC Systems and Equipment (2008), *active DEC* dapat dibedakan berdasarkan jenis bahan yang digunakan pada media basah menjadi 3, yaitu :

1. Random media DEC
2. Rigid media DEC
3. Remote media DEC

MAIN TYPES OF ACTIVE DEC SYSTEM			
System Type	Evaporative Media	Effectiveness	Features
Random Media	Excelsior or Plastic fiber/foam supported by plastic foam	> 80%	Low Effectiveness short life-time Hard to clean. High Initials cost.
Rigid Media	Blocks of corrugated materials : Cellulose, Plastic, Fiberglass	75-95 %	Longer life-time. Cleaner air
Remote Pad	Random or rigids Pad	75-95%	Higher power consumption Bacteria growth





Gambar 2.7Jenis dari DEC(Yang, Cui and Lan, 2019)

2.2.2 Perhitungan Kapasitas Pendinginan Media DEC

Kapasitas pendinginan dapat dihitung dari beda temperature pada sisi inlet dan outlet :

(Laknizi et al., 2019)

$$Q_{Evap} = \dot{m}_{air} C_p (T_{out} - T_{in}) \quad (5)$$

$$\dot{m}_{air} = \rho \times V \times L \times H \quad (6)$$

Dimana :

\dot{m}_{air} = laju aliran massa udara segar (kg/s)

C_p = kapasitas kalor spesifik udara (kJ/kg.K)

ρ = massa jenis udara (kg/m³)

V = kecepatan alir udara (m/s)

L = lebar dari cooling pad (m)

H = tinggi dari cooling pad (m)

Q_{Evap} = Kapasitas pendinginan (kJ/s)

Massa air yang terevporasi dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\dot{m}_e = \dot{m}_{air} (W_{out} - W_{in}) \quad (7)$$

Dimana :

W_{out} dan W_{in} merupakan rasio kelembaban pada bagian inlet dan outlet secara berurutan.

Efektifitas kejenuhan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\eta = \frac{T_{id} - T_{od}}{T_{id} - T_{iw}} \times 100\% \quad (8)$$

Dimana ;

T_{id} = suhu bola kering inlet ($^{\circ}\text{C}$)

T_{od} = suhu bola kering outlet ($^{\circ}\text{C}$)

T_{iw} = suhu bola basah inlet ($^{\circ}\text{C}$)

Koefisien performa dapat disimpulkan sama dengan rasio efek pendinginan terhadap konsumsi daya listrik, maka dapat dihitung dengan rumus beri

kut

$$COP = \frac{Q_{pad}}{P_{fan} + P_{pump}} \quad (9)$$

:

Dimana :

Q_{pad} = kapasitas pendinginan *cooling pad* (kJ/s)

P_{fan} = daya listrik kipas (kW)

P_{motor} = daya listrik pompa (kW)

BAB III

METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Pada test bed ini terpasang ac yang digunakan untuk pengujian dengan spesifikasi berikut:



Gambar 3.1 Spesifikasi AC

Tabel 3 1. Spesifikasi AC

Spesifikasi	Keterangan
Daya	930 W
Kapasitas	9500 Btu/hr
Tegangan	220-240 V
Arus	8,5-10,5 A
Fasa	1
Frekuensi	50 hz
Refrigerant	R22 0,77 kg
Tekanan max	2,410 kpa
Tekanan min	1,035 kpa

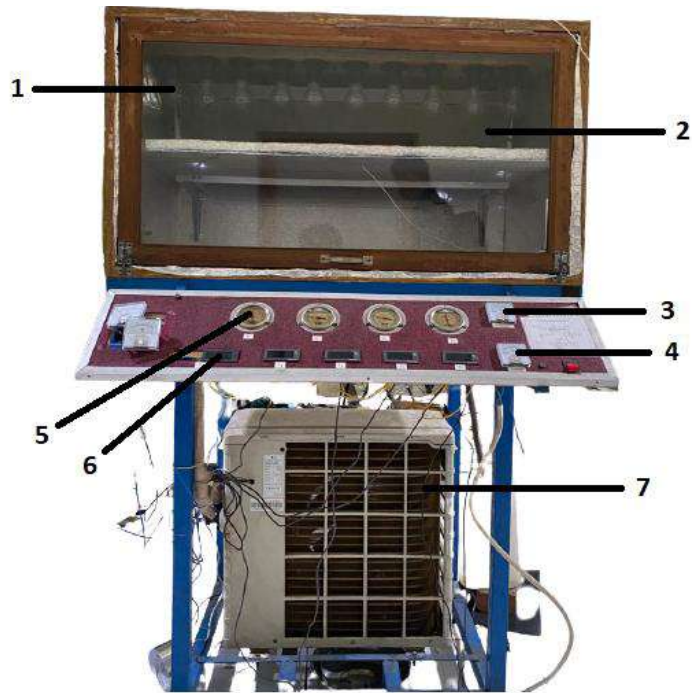
Dan pada proyek tugas akhir ini kami membutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

1. Test Bed Air Conditioner (AC)



Gambar 3.2 Test Bed Air Conditioner

Test bed merupakan meja uji yang digunakan sebagai media pengujian .



Gambar 3.3 Komponen Tes Bed AC

Pada tes bed terdiri dari beberapa komponen, yaitu:

1. Lampu

Lampu yang digunakan berjenis neon dengan daya 100 watt yang berjumlah 10 buah. Berfungsi sebagai beban sensibel untuk ac.

2. Unit indoor AC Split

Berfungsi untuk mengalirkan dan menyerap panas dari udara ke dalam ruangan refrigerant.

3. Voltmeter

Berfungsi untuk mengukur tegangan dari kinerja ac.

4. Amperemeter

Berfungsi untuk mengukur arus dari kinerja ac.

5. Manometer Analog

Berfungsi untuk mengukur tekanan dari sistem refrigeran ac.

6. Temperatur Digital

Berfungsi untuk mengukur suhu dari sistem refrigerant ac.

7. Kondensor

Berfungsi untuk menukar kalor, mengubah wujud refrigerant dari bentuk gas sampai menjadi cair, dan menurunkan suhu temperature refrigerant.

2. Evaporative cooler

Sebuah sistem yang bertujuan untuk mendinginkan udara sebelum memasuki evaporator pada mesin pengkondisian udara. Bahan dan alat yang dibutuhkan untuk merancang evaporative precooler terdiri dari:

1. Evaporative Cooling Pad



Gambar 3.4 Evaporative Cooling Pad

Sebagai benda perantara perpindahan panas udara dengan media air. Pada umumnya bahan evaporative cooling pad terbagi menjadi 3 yaitu, yang terbuat dari selulosa tanaman hijau, serat kayu pohon/ aspen fiber, dan sabut kelapa. (Maurya, Shrivastava, & Shrivastava, 2014)

2. Kipas



Gambar 3.5 Kipas

Berfungsi untuk menarik udara agar melewati media pendinginan.

3. Pompa Sentrifugal



Gambar 3.6 Pompa Sentrifugal

Berfungsi untuk mengalirkan air menuju media pendinginan.

4. Flowmeter



Gambar 3.7 Flowmeter

Berfungsi untuk mengetahui debit air.

5. Volt Meter



Gambar 3.8 Voltmeter

Berfungsi untuk mengetahui tegangan listrik dari kipas dan pompa.

6. Ampere Meter



Gambar 3.9 Amperemeter

Berfungsi untuk mengetahui arus listrik dari kipas dan pompa.

7. Inverter VFD (*Variable Frequency Drive*)



Gambar 3.10 Inverter VFD

Inverter merupakan sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. Pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang di inginkan atau sesuai dengan kebutuhan.

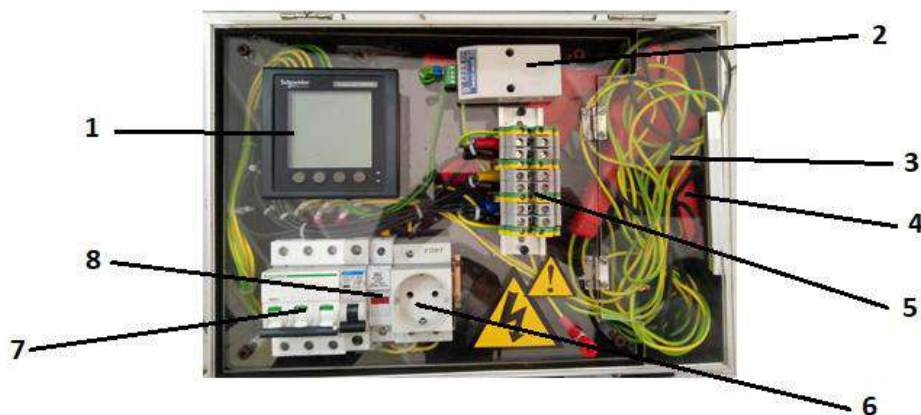
Secara sederhana prinsip dasar inverter untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur. Untuk mengubah tegangan AC menjadi DC dibutuhkan penyearah (converter AC-DC) dan biasanya menggunakan penyearah tidak terkendali (rectifier dioda) namun juga ada yang menggunakan penyearah terkendali (thyristor rectifier). Setelah tegangan sudah diubah menjadi DC maka diperlukan perbaikan kualitas tegangan DC dengan menggunakan tandon kapasitor sebagai perata tegangan. Kemudian tegangan DC diubah menjadi tegangan AC kembali oleh inverter dengan teknik PWM (Pulse Width Modulation). Dengan teknik PWM ini bisa didapatkan amplitudo dan frekuensi keluaran yang diinginkan. Selain itu teknik PWM juga menghasilkan harmonisa yang jauh lebih kecil dari pada teknik yang lain serta menghasilkan gelombang sinusoidal, dimana kita tahu kalau harmonisa ini akan menimbulkan rugi-rugi pada motor yaitu cepat panas. Maka dari itu teknik PWM inilah yang biasanya dipakai dalam mengubah tegangan DC menjadi AC (Inverter).(Syaprudin, 2019)

3. *Power Quality Analyzer (PQA)*



Gambar 3.11 *Power Quality Analyzer*

Merupakan alat ukur yang berfungsi mengukur besaran listrik secara terintegrasi dari beberapa komponen alat ukur menjadi satu kesatuan yang terangkai dalam suatu alat ukur. Untuk dapat menampilkan data yang ada pada perekam data dalam laptop/komputer membutuhkan *software Labview*. (Subtirelu, Dobriceanu, & Linca, 2017). Adapun komponen dari power quality analyzer sebagai berikut:



Gambar 3.12 *Komponen PQA*

Keterangan:

1. Monitor Power Meter 5350 *Schneider*

Berfungsi untuk menampilkan kelistrikan yang diukur.

2. Connector USB

Berfungsi untuk menyambungkan PQA ke laptop.

3. Kabel

Berfungsi untuk menghubungkan clam meter dengan PQA.

4. Caput Buaya

Berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari sumber daya adaptor ke PQA.

5. Terminal Block

Berfungsi sebagai tempat berhentinya arus listrik sementara yang akan dihubungkan ke PQA.

6. Stop Contact

Berfungsi sebagai alat pemutus kontak listrik.

7. MCB (Miniatuur Circuit Breaker)

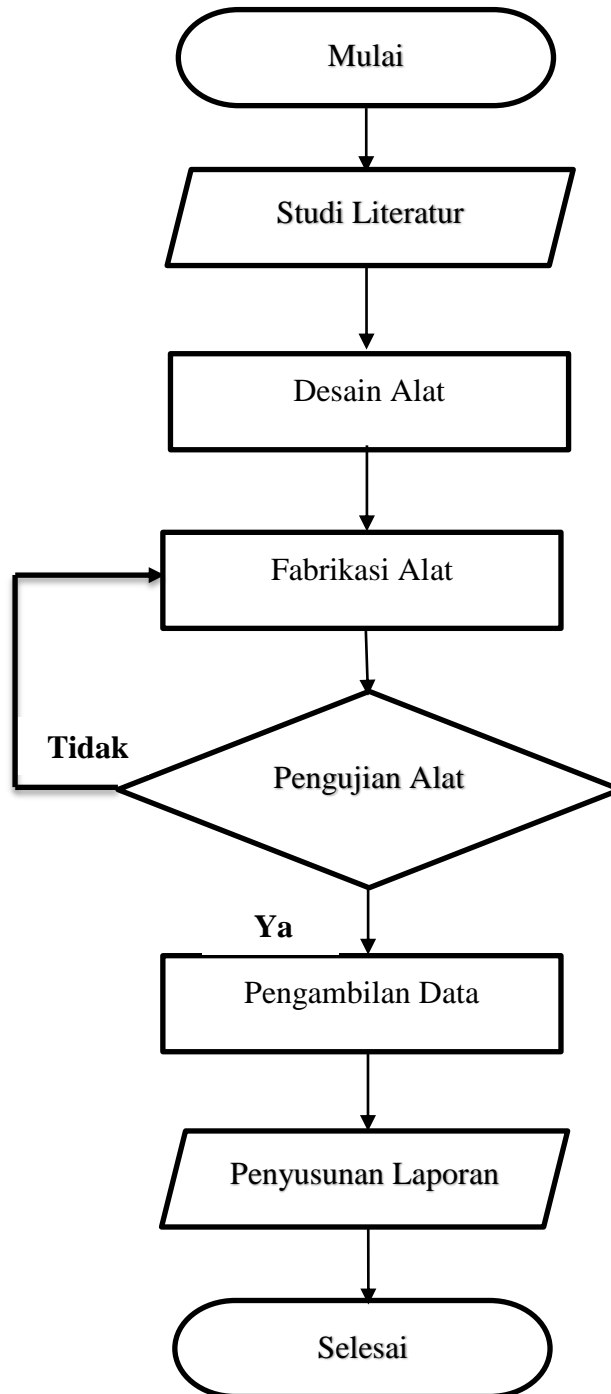
Berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi PQA bila terjadi beban lebih dan hubungan singkat arus listrik (short circuit atau korsleting).

8. Fuse

Berfungsi untuk memutus arus listrik berlebih.

3.2 Diagram Alir Tugas Akhir

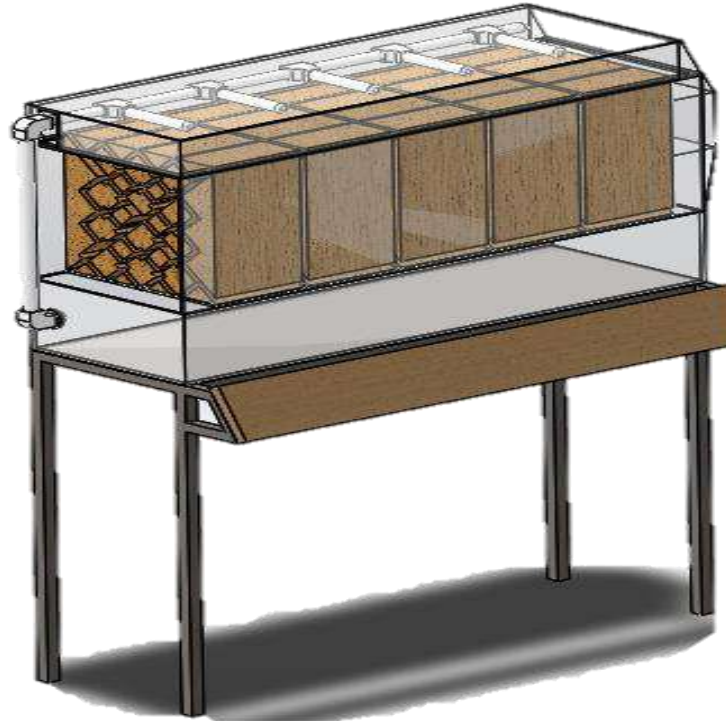
Diagram alir Tugas Akhir “Pengaruh Debit Air *Evaporative Cooler* Dengan 3 Cooling Pad pada Precooling System Air Conditioner” dijelaskan dalam skema gambar 3.12.



Gambar 3.13 Diagram Alir Tugas Akhir

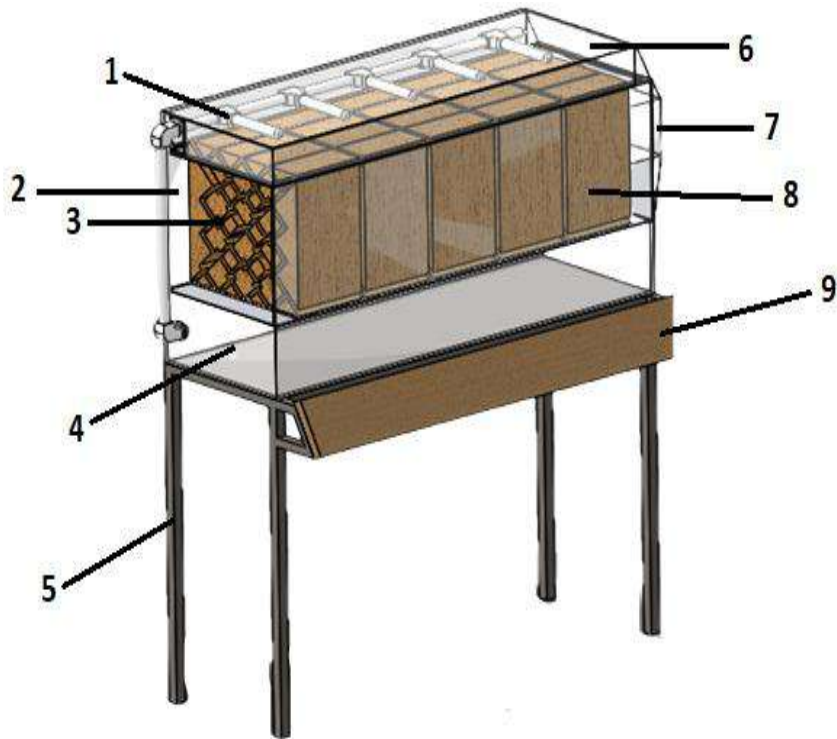
3.3 Perancangan Alat

3.3.1 Perancangan Desain Alat



Gambar 3.14 Desain *Evaporative cooler*

Secara umum alat ini terbuat dari bahan akrilik dengan tebal bervariasi antara 5 - 6 mm. Untuk meja dudukan menggunakan plat besi, lalu kaki meja sendiri menggunakan besi hollow ukuran 2 cm. Alat ini juga dilengkapi panel untuk melihat kinerja kelistrikannya. Dalam evaporative pre-cooler ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu:



Gambar 3.15 Komponen *Evaporative cooler*

Keterangan:

1. Pipa paralon

Berfungsi sebagai jalur mengalirkan air dari penampungan ke cooling pad.

2. Penutup belakang

Berfungsi sebagai pintu untuk membuka dan menutup *evaporative cooler*.

3. Cooling pad

Berfungsi sebagai media pendingin.

4. Penampungan air

Berfungsi sebagai wadah penampungan air.

5. Meja

Berfungsi sebagai dudukan *evaporative cooler*.

6. Penutup atas

Berfungsi sebagai penahan udara bagian atas.

7. Moncong kanan

Berfungsi sebagai media mengfokuskan udara agar melewati lubang yang telah dibuat.

8. Penutup depan

Berfungsi sebagai tempat dudukan cooling pad.

9. Papan panel

Berfungsi sebagai tempat komponen control kelistrikan.

Dari desain gambar 3.13 di atas, pada setiap komponen memiliki ukurannya masing-masing. Untuk rincian ukurannya ditunjukkan pada bagian lampiran.

3.3.2 Pembuatan dan Perakitan Alat

1. Pemotongan Akrilik



Gambar 3.16 Pemotongan Akrilik

Akrilik yang digunakan berupa akrilik bening dengan ukuran antara 5 – 6 mm. Saat proses pemotongan ini sesuai dengan desain dan ukuran yang telah dibuat.

2. Perakitan Bagian – Bagian Akrilik



Gambar 3.17 Perakitan Bagian Akrilik

Pada proses perakitan ini perekat yang digunakan berupa lem khusus akrilik dan juga lem silent untuk penampungan air.

3. Pembuatan Meja



Gambar 3.18 Pembuatan Meja

Meja yang dibuat menggunakan plat baja yang telah dipotong sesuai ukuran. Kaki meja sendiri disambungkan dengan meja menggunakan las, kemudian dudukan pompa juga disambungkan dengan kaki meja.

4. Perakitan Akrilik dengan Meja



Gambar 3.19 Perakitan Akrilik dengan Meja

Untuk menjaga agar akrilik dibagian atas tidak bergeser atau jatuh karena getaran dari pompa di setiap sisi meja diberi siku atau plat strip agar lebih aman.

5. Pemasangan Pipa



Gambar 3.20 Pemasangan Pipa

Pipa ini disambungkan dari penampungan menuju ke bawah (pompa) kemudian dari pompa menuju ke atas ke bagian evaporative cooling pad.

6. Perakitan Panel dan Kelistrikan



Gambar 3.21 Kelistrikan Panel

Panel pada bagian depan terbuat dari kayu. Untuk panel ini berisi voltmeter, ampemeter, dan juga inverter.

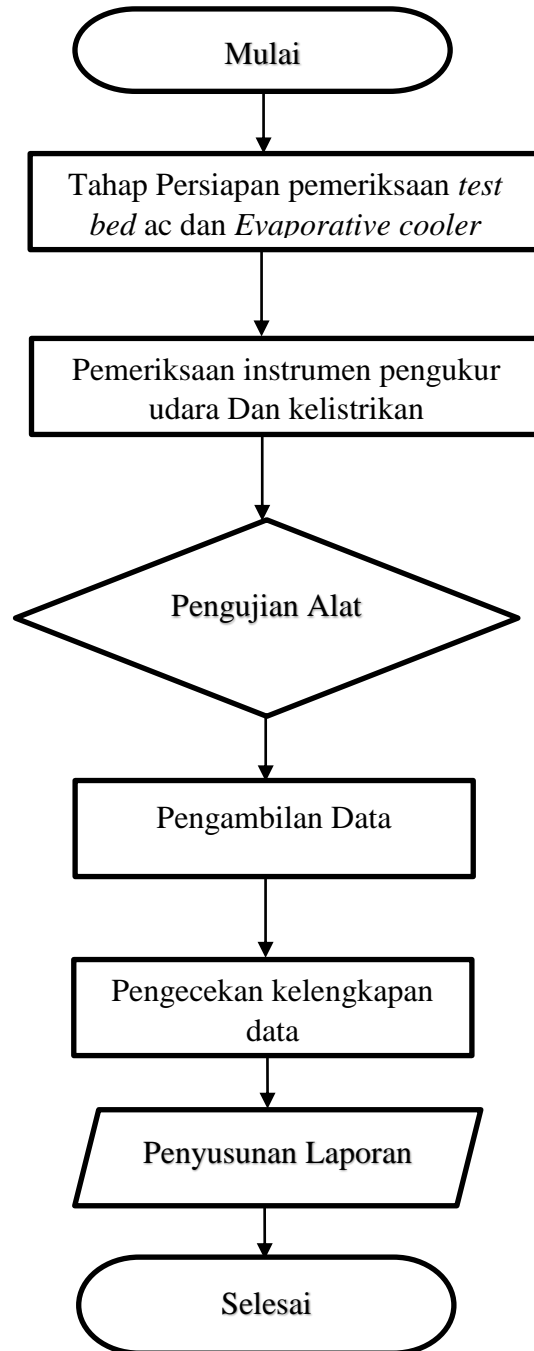
7. Menyambung Test Bed AC dengan *Evaporative cooler*



Gambar 3.22 . Penyambungan Test Bed AC dengan *Evaporative cooler*

Pada tahap ini Evaporative pre-cooler disambungkan dengan test bed AC menggunakan selang berdiameter 12 cm sesuai dengan lubang dari Test Bed AC kemudian diberi perekat berupa aluminium tape. Alat siap untuk diuji.

3.4 Prosedur Pengambilan Data



Gambar 3.33 Diagram Alir Prosedur Pengambilan Data

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data hasil pengujian

Dari pengujian yang telah dilakukan pada tanggal 9 Oktober 2021

didapatkan data seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil percobaan

Variasi (Debit air)	Tanpa evaporative Precooler	dengan Evaporative cooling				
		I 8 Lpm	II 18Lpm	III 24Lpm	IV 29Lpm	V 36Lpm
Tekanan Udara sekitar (atm)	1	1	1	1	1	1
Suhu udara sekitar (°C)	33,6	30,3	30,4	30,5	30,4	30,4
Set point suhu AC (°C)	18	18	18	18	18	18
RH%		70	69	70	70	71
Enthalpy (kJ/kg)		79,5	79,2	80,3	80,0	79,5
Sisi Udara Inlet						
Kelembaban relatif (%)	40	65	65	64	65	67
Suhu Bola kering (°C)	31,6	31,5	31,2	31,7	31,5	31,5
Kecepatan udara masuk (m/s)	4,3	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Luas Penampang (cm ²)	144	144	144	144	144	144
Sisi Udara Outlet						
Kelembaban relatif (%)	41	65	65	65	65	66
Suhu Bola kering (°C)	12	20,2	19,6	19,6	19,1	17,1
Kecepatan udara keluar (m/s)	2,6	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Luas Penampang (cm ²)	144	144	144	144	144	144
Sistem Refrigerant						
Tekanan inlet kompresor (kg/cm ²)	3,7	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2
Suhu inlet kompresor (°C)	19,8	9,9	13,6	13,6	14	17,6
Tekanan outlet kompresor (kg/cm ²)	20,15	14	14,1	14,1	14,2	15
Suhu outlet kompresor (°C)	75,6	61,9	62,9	63,1	63,4	68,5
Tekanan outlet kondesor (kg/cm ²)	20,15	14	14,1	14,1	14,2	15
Suhu outlet Kondensor (°C)	45	34,4	34,3	34,3	34,4	34,1
Tekanan inlet evaporator (kg/cm ²)	4,7	3,2	3,4	3,4	3,4	3,9
Suhu inlet evaporator (°C)	10,1	4,2	5,1	5,5	5,7	8,4
Arus motor kompresor (Ampere)	3,52	2,47	2,58	2,68	2,78	2,8

Tabel 4.1 Lanjutan

Data Hasil Pengujian					
	Uji Coba				
	I	II	III	IV	V
	8Lpm	18Lpm	24Lpm	29Lpm	36Lpm
Voltase motor kompresor (Volt)	220	220	220	220	220
Sisi Humidifier					
Debit	8	18	24	29	36
Outlet Humidifier					
Kelembaban (RH%)	85,5	86	86,5	87	88,6
Suhu (°C)	28,7	28,8	28,9	28,9	29
Enthalpy (kJ/kg)	83,6	84,4	85,2	85,5	87,0
Arus (A)					
Kipas	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Pompa	0,78	1,07	1,08	1,08	0,15
Tegangan (V)					
Kipas	215	215	215	215	215
Pompa	200	185	165	120	102

4.2 Pengolahan data hasil pengujian Test bed AC

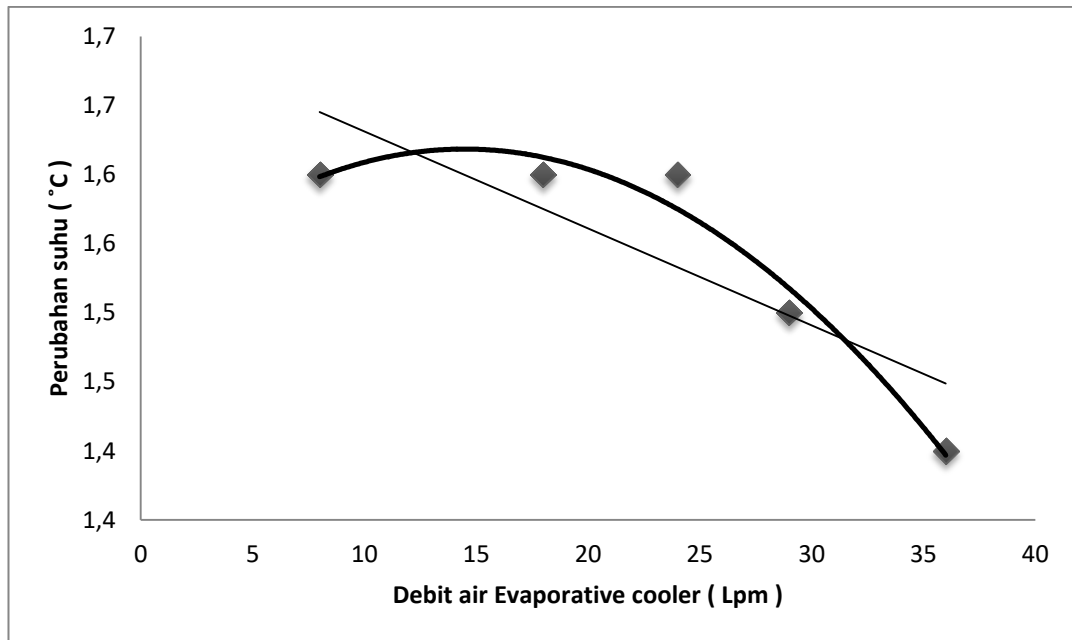
4.2.1 Perubahan suhu

Perbedaan suhu merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui perubahan suhu yang terjadi sebelum menggunakan *evaporative cooler* dan sesudah menggunakan *evaporative cooler*. Perubahan suhu akan ditunjukkan dengan tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perubahan suhu

Debit air	Sebelum <i>evaporative cooler</i>	Sesudah <i>evaporative cooler</i>	Perubahan suhu
8	30,3	28,7	1,6
18	30,4	28,8	1,6
24	30,5	28,9	1,6
29	30,4	28,9	1,5
36	30,4	29,0	1,4

Dari tabel 4.2 di dapat Gambar grafik 4.1



Gambar 4.1 Grafik Hubungan perubahan suhu dengan debit air

Berdasarkan gambar grafik 4.1 diketahui terdapat perubahan suhu mulai dari debit air 8 Lpm hingga debit 36 Lpm. Gambar menunjukkan perubahan suhu yang relatif turun, dimana perubahan suhu paling efektif terjadi pada debit air 8,18,dan 24 Lpm yang menunjukkan perubahan suhu sebesar 1,6 °C. Perubahan suhu terbesar sendiri terjadi pada debit air 8 – 24 Lpm, sedangkan perubahan suhu terkecil terjadi pada debit air 36 Lpm. Perubahan suhu ini dipengaruhi oleh air sebagai media pendingin yang mana semakin besar aliran air, maka akan terjadi pula penurunan suhu.

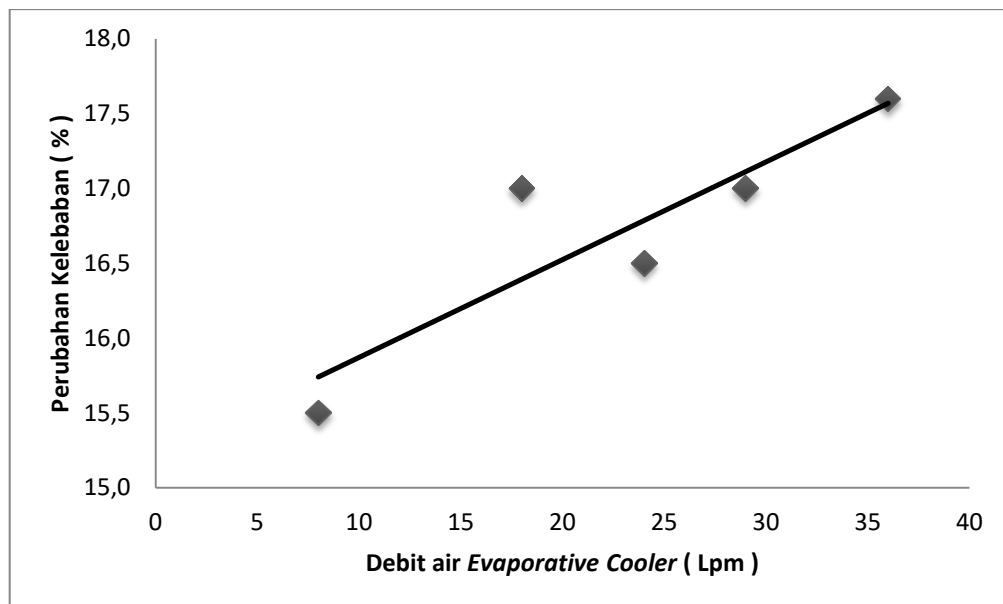
4.2.2 Kelembaban udara

Pengukuran kelembaban ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kelembaban yang terjadi sebelum dan sesudah menggunakan *evaporative cooler*. Perubahan kelembaban yang terjadi akan ditunjukkan dengan tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perubahan kelembaban

Debit air	Sebelum evaporative cooler	Sesudah evaporative cooler	Perubahan Kelembaban
8	70	85,5	15,5
18	69	86,0	17,0
24	70	86,5	16,5
29	70	87,0	17,0
36	70	88,6	18,6

Dari tabel 4.3 di dapat Gambar grafik 4.2



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Perubahan kelembaban dengan debit air

Berdasarkan gambar grafik 4,2 diketahui perubahan kelembaban yang ditunjukkan dengan grafik yang mengalami kenaikan. Untuk variasi paling tertinggi terjadi pada debit air 36 Lpm yang menunjukkan angka kelembaban sebesar 18,6 %. Perubahan kelembaban terbesar terjadi pada debit air 36 Lpm dan perubahan kelembaban terkecil terjadi pada debit air 8 Lpm. Kelembaban dapat berubah karena udara yang masuk ke *evaporative cooler* melewati air dan mengubah kelembaban.

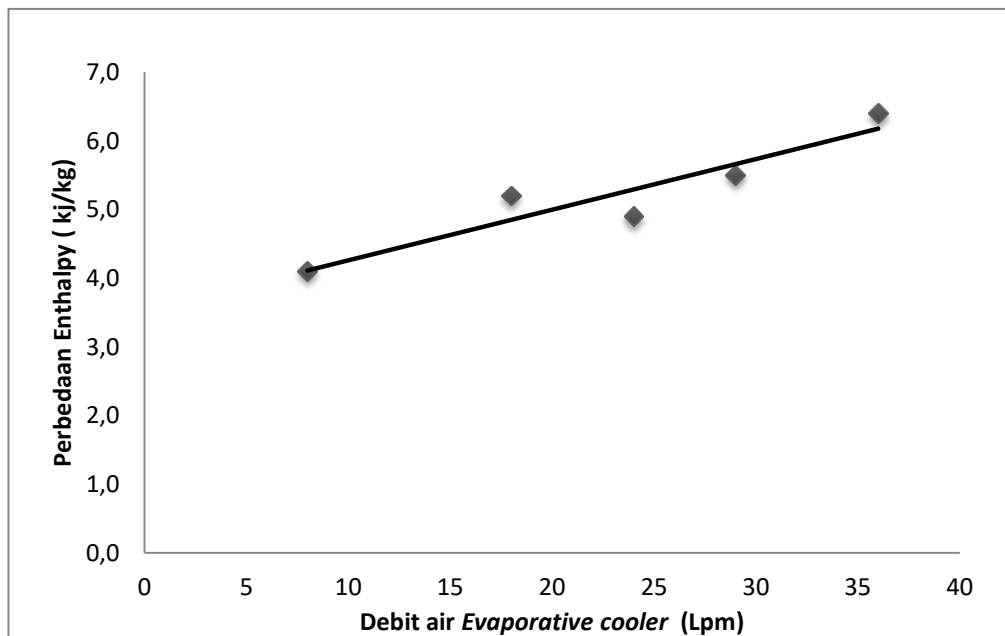
4.2.3 Perubahan enthalpy

Enthalpy merupakan besaran dalam termodinamika yang menyatakan jumlah energi dalam, volume dan tekanan panas dari suatu zat. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui perubahan enthalpy sebelum dan sesudah menggunakan *evaporative cooler*. Perubahan enthalpy akan ditunjukkan dengan tabel 4.4

Tabel 4.4 Perubahan Enthalpy

Debit air	Suhu Sebelum	Suhu Sesudah	RH Sebelum	RH Sesudah	Sebelum <i>evaporative cooler</i>	Sesudah <i>evaporative cooler</i>	Perubahan Enthalpy
8	30,2	28,7	70	85,5	79,5	83,6	4,1
18	30,4	28,8	69	86	79,2	84,4	5,2
24	30,5	28,9	70	86,6	80,3	85,2	4,9
29	30,4	28,9	70	87	80	85,5	5,5
36	30,4	29	71	88,6	80,6	87,0	6,4

Dari Tabel 4.4 didapat Gambar grafik 4.3



Gambar 4.3 Grafik Perubahan enthalpy

Dari Gambar grafik 4.3 didapat bahwa terjadi perubahan enthalpy yang mana, titik perubahan enthalpy terbesar terdapat pada debit air 36 Lpm. Grafik sendiri menunjukkan perubahan yang fluktuatif, namun cenderung mengalami kondisi kenaikan pada debit pertama hingga akhir, perubahan enthalpy terkecil terjadi pada debit air 8 Lpm dan yang terbesar terjadi pada debit air 36 Lpm.

4.2.4 Kinerja Air Conditioner

Perhitungan COP dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang dihasilkan sebelum menggunakan *evaporative cooler* dengan setelah menggunakan *evaporative cooler*. Untuk mencari enthalpy dapat menggunakan Ashrae 2013 Thermodinamika berikut merupakan perhitungan COP pada debit air 8 lpm:

Diketahui:

$$h_1 : 447,00 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 : 557,02 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 : 64,54 \text{ kJ/kg}$$

Ditanya: COP

Jawab:

$$COP_R = \frac{q_L}{W_{net.in}}$$

$$COP_R = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$COP_R = \frac{597,001 - 356,653}{676,787 - 597,001}$$

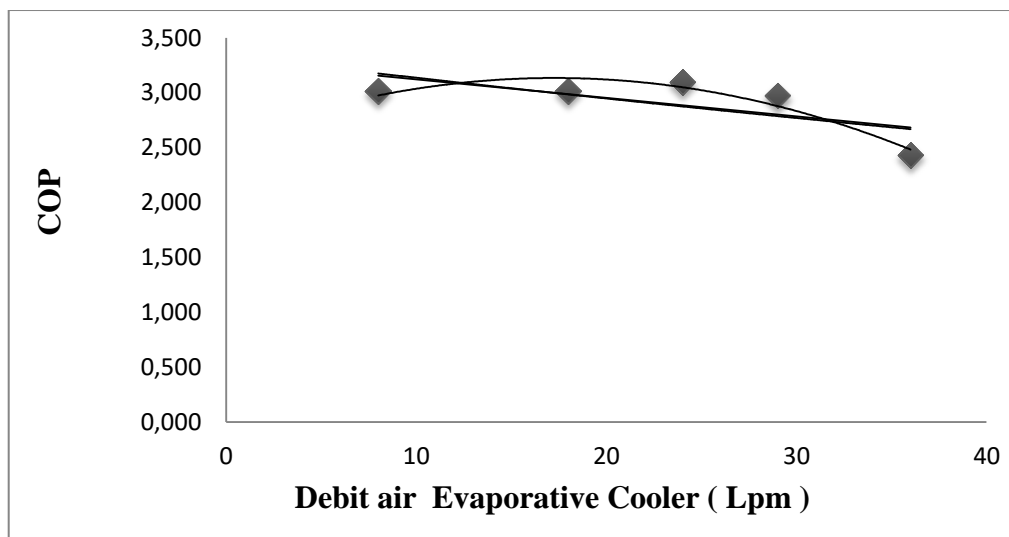
$$COP_R = 3,012$$

Untuk perhitungan COP yang telah dilakukan akan ditunjukkan dengan tabel 4.5:

Tabel 4. 5 Perhitungan COP

Debit air	h_1 (kJ/kg)	h_2 (kJ/kg)	h_4 (kJ/kg)	COP
8	597,001	676,787	356,653	3,012
18	596,720	676,730	355,772	3,011
24	595,720	673,401	355,508	3,092
29	595,930	676,780	355,394	2,975
36	584,670	678,802	355,850	2,431

Dari tabel 4.5 didapat Gambar grafik 4.4



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Debit Air Dengan COP

Dari Gambar grafik 4.4, COP terkecil terdapat pada debit air 36 Lpm dan yang tertinggi terdapat pada debit air 24 Lpm. Pada grafik juga terlihat perubahan yang cenderung mengalami penurunan, dengan selisih angka yang tidak terlalu besar. COP ini dipengaruhi oleh enthalpy refrigerasi. jika kalor yang dibuang semakin sedikit artinya koefisiennya semakin baik.

4.2.5 Energy Efficiency Ratio (EER)

EER dihitung secara teoritis agar mengetahui perbandingan antara EER spesifikasi dengan EER aktual. Untuk perhitungan EER menggunakan rumus persamaan 6. Contoh perhitungan EER teoritis seperti dibawah ini:

Perhitungan EER menggunakan data debit air 8 lpm:

Diketahui:

$$\rho : 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$V : 5,2 \text{ m/s}$$

$$A : \pi r^2 = \pi (0,12)^2 = 0,045 \text{ m}^2$$

$$h_1 : h_{inlet} = t_{in} : 31,5^\circ\text{C}$$

$$= \text{RH} : 65\%$$

$$= 80,534 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 : h_{outlet} = t_{out} : 20,2^\circ\text{C}$$

$$= \text{RH} : 65\%$$

$$= 44,760 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Daya PQA debit air 8 lpm} : 0,611 \text{ kW}$$

Ditanya: EER

$$\text{a.} \quad \dot{m} = \rho \times V \times A$$

$$\dot{m} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 5,2 \text{ m/s} \cdot 0,045 \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = 0,282 \text{ kg/s}$$

$$\text{b.} \quad EER = \frac{\dot{m}(h_1 - h_2)}{\text{Daya PQA}}$$

$$EER = \frac{0,282 \text{ kg/s} \cdot (80,534 - 44,760) \text{ kJ/kg}}{0,611 \text{ kW}}$$

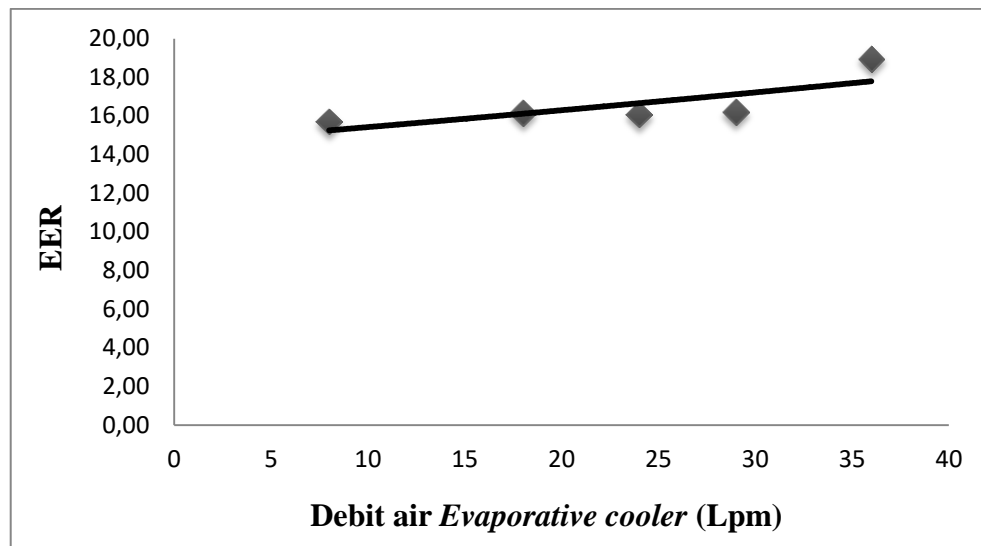
$$EER = 15,69$$

Dari hasil perhitungan EER didapat tabel 4.6

Tabel 4.6 Perhitungan EER

Debit air	M				h1	h2	daya (kw)	EER
	P(kg/m ³)	v(m/s)	a(m ²)	m(kg/s)	t in RH	t out RH		
8	1,146	5,2	0,045	0,268	80,534	44,760	0,6110	15,69
18	1,146	5,2	0,045	0,268	80,354	43,240	0,6160	16,15
24	1,145	5,2	0,045	0,267	80,533	43,240	0,6200	16,06
29	1,147	5,2	0,045	0,268	79,372	41,998	0,6190	16,18
36	1,145	5,2	0,045	0,267	82,085	37,543	0,6280	18,94

Dari tabel 4.6 didapat Gambar grafik 4.5



Gambar 4.5 grafik EER

Dari Gambar grafik 4.5 dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan kenaikan dimana, angka kenaikan tertinggi terdapat pada debit air 36 Lpm yang menunjukkan EER sebesar 18,94. Dan angka terendah terdapat pada debit air 8 Lpm yang menunjukkan nilai sebesar 15,69. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa EER menunjukkan kenaikan.

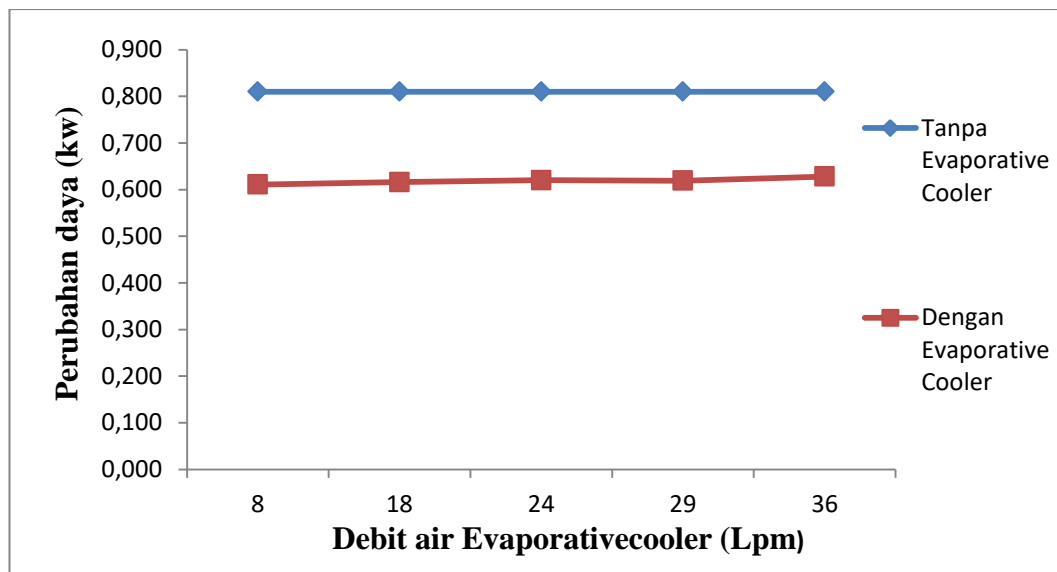
4.2.6 Pengaruh Penambahan Evaporative Cooler Terhadap konsumsi energi listrik AC

Daya listrik yang digunakan sebelum dan sesudah evaporative cooler. Daya listrik yang dimaksud adalah daya listrik AC yang digunakan selama proses pengujian dilakukan. Perubahan daya akan ditunjukkan dengan tabel 4.6

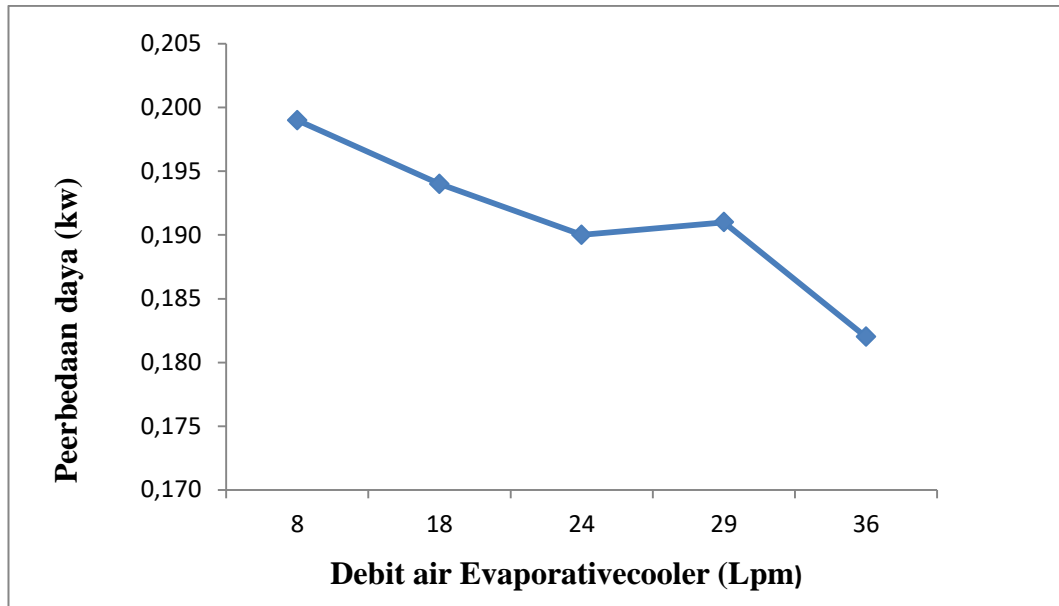
Tabel 4.7 Perbedaan daya

Debit	waktu(m)	Dengan <i>Evaporative cooler</i>	Tanpa <i>Evaporative cooler</i>	Perbedaan Daya
		daya (kw)	daya (kw)	
8	10	0,611	0,810	0,199
18	10	0,616	0,810	0,194
24	10	0,620	0,810	0,190
29	10	0,619	0,810	0,191
36	10	0,628	0,810	0,182

Dari tabel 4.7 di dapat Gambar grafik 4.6



Gambar 4.5 Grafik Perbedaan daya



Gambar 4.6 Grafik hasil perbedaan daya

Di dapat bahwa mulai debit air 8 Lpm sampai dengan 36Lpm , perubahan daya yang terkecil pada saat debit air 36 Lpm dan yang terbesar terjadi pada debit air 8 Lpm. Untuk data hubungan antara debit air dengan perbedaan daya, mengalami perbedaan yang mengalami kenaikan. Melihat data yang telah diambil, perubahan daya terjadi karena, semakin tinggi debit air, semakin besar pula daya listrik yang dibutuhkan air conditioner .

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian test bed AC da evaporative cooler, dengan variasi debit air dan 3 cooling pad terhadap suhu dapat disimpulkan bahwa pada setiap variasi debit air menunjukkan adanya penurunan suhu. Debit air 8-24 Lpm menjadi variasi debit air dengan penurunan suhu yang paling optimal dengan selisih suhu 1,6°C
2. Dari hasil pengujian test bed AC da evaporative cooler, dengan variasi debit air dan 3 cooling pad terhadap kelembaban dapat disimpulkan bahwa pada setiap variasi debit air menunjukkan adanya kenaikan kelembaban. Debit air 36 Lpm menjadi variasi debit air dengan kanaikan kelembaban yang paling optimal dengan kelembaban sebesar 18,6%
3. Dari hasil pengujian test bed AC dan evaporative cooler, dengan variasi debit air dan 3 cooling pad terhadap enthalpy dapat disimpulkan bahwa setiap variasi menunjukkan kenaikan. Variasi debit air 36 Lpm yaitu sebesar 6,4 kj/kg dan menjadi yang paling optimal
4. Dari hasil pengujian test bed AC da evaporative cooler, dengan variasi debit air dan 3 cooling pad terhadap COP AC dapat disimpulkan bahwa pada setiap varisasi debit air menunjukkan hasil COP yang relatif menurun pada debir air 24 Lpm memiliki nilai angka tertinggi sebesar 3,092 sekaligus menjadi angka paling optimal.

5. Dari hasil pengujian test bed AC dan evaporative cooler, dengan variasi debit air dan 3 cooling pad terhadap Daya listrik dapat disimpulkan bahwa terjadi perubahan yang terjadi antara debit air 8-36 Lpm. Namun menunjukkan perbedaan daya yang mengalami penurunan. Hal menunjukkan bahwa *evaporative cooler* tidak mempengaruhi daya listrik yang digunakan oleh AC.
6. Dari hasil pengujian Test bed AC dan evaporative cooler dengan menggunakan 2 cooling pad, terhadap EER menunjukkan kenaikan tertinggi terdapat pada debit air 36 Lpm yaitu sebesar 18,94 dan yang terendah pada debit air 8 Lpm sebesar 15,69. Grafik juga menunjukkan kenaikan.
7. penggunaan evaporative cooler ini, cocok / tepat digunakan di daerah yang memiliki kelembaban yang cenderung rendah/ kering.(Yunianto, 2018)

5.2 Saran

1. Perlunya digunakan alat ukur yang lebih akurat untuk mengetahui suhu dan juga kelembaban untuk meminimalisir adanya kesalahan saat pengambilan data
2. Perlunya dilakukan pengecekan lebih lanjut terhadap komponen-komponen test bed ac agar data hasil pengujian lebih akurat.
3. Perlunya ditambahkan komponen yang tepat untuk menghubungkan evaporative cooler dengan test bed ac agar lebih efektif dan efisien

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y. A. (2005). *Thermodynamics : An Engineering Approach 5th Edition*. 935.
- Fani, Y., & Arnif, I. (2019). ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER) IN AIR CONDITIONER (AC) TYPE SPLIT. *VANOS Journal of Mechanical Engineering Education*. <https://doi.org/10.30870/vanos.v4i1.6108>
- Gilani, N., & Poshtiri, A. H. (2014). Heat exchanger design of direct evaporative cooler based on outdoor and indoor environmental conditions. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*. <https://doi.org/10.1115/1.4028179>
- Kashif, M., Sultan, M., & Khan, Z. M. (2017). Alternative Air-Conditioning Options for Developing Countries. *European Journal of Engineering Research and Science*. <https://doi.org/10.24018/ejers.2017.2.1.261>
- Laknizi, A., Mahdaoui, M., Ben Abdellah, A., Anoune, K., Bakhouya, M., & Ezbakhe, H. (2019). Performance analysis and optimal parameters of a direct evaporative pad cooling system under the climate conditions of Morocco. *Case Studies in Thermal Engineering*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.11.013>
- Maurya, R., Shrivastava, N., & Shrivastava, V. (2014). Performance evaluation of alternative evaporative cooling media. *International Journal of Scientific & Engineering Research*.
- Mayrullah, F. (2020). ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU EVAPORATOR TERHADAP KINERJA KOMPRESOR AC INVERTER. *Jurnal EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*. <https://doi.org/10.31602/eeict.v3i1.4534>
- Standar Nasional Indonesia. (2001). Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. *Sni 03 - 6572 - 2001*.
- Subtirelu, G. E., Dobriceanu, M., & Linca, M. (2017). Power quality analyzer. *2017 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, ATEE 2017*. <https://doi.org/10.1109/ATEE.2017.7905043>
- Syaprudin, D. (2019). Modul Latih Pengaturan Motor Induksi 3 Fasa. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Riset Teknologi Di Era Revolusi Industri 4.0 Untuk Menghadapi Kompetisi Global*.
- Tipsaenporm, W., Lertsatitthanakorn, C., Bubphachot, B., Rungsiyopas, M., & Sophonronarit, S. (2012). Improvement of cooling performance of a compact

thermoelectric air conditioner using a direct evaporative cooling system. *Journal of Electronic Materials*. <https://doi.org/10.1007/s11664-012-1909-9>

Utami, S. H. (2021). PROPOSAL PENELITIAN TERAPAN STRATEGIS DANA DPA SEKOLAH VOKASI UNDIP TAHUN ANGGARAN 2021 REKAYASA MODEL SISTEM PENGKONDISIAN UDARA SENTRAL HEMAT ENERGI UNTUK PENCEGAHAN PENYEBARAN COVID-19 SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO TAHUN 2021. *REKAYASA MODEL SISTEM PENGKONDISIAN UDARA SENTRAL HEMAT ENERGI UNTUK PENCEGAHAN PENYEBARAN COVID-19*, 1, 15.

Yang, Y., Cui, G., & Lan, C. Q. (2019). Developments in evaporative cooling and enhanced evaporative cooling - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 113. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.037>

Yunianto, B. (2017). PENGARUH DEBIT AIR SEMBURAN TERHADAP EFEKTIVITAS DIRRECT EVAPORATIVE COOLING POSISI HORIZONTAL. *ROTASI*. <https://doi.org/10.14710/rotasi.19.1.12-17>

Yunianto, B. (2018). Pemanfaatan Evaporative Cooling untuk Meningkatkan Kenyamanan Ruang. *ROTASI*. <https://doi.org/10.14710/rotasi.20.1.29-32>

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Data Hasil Pengujian

Lembar Data Pengamatan

30 Hz 35 Hz 30 Hz 35 Hz 35 Hz

Data Percobaan : Tagas Akhir Air Conditioning

No	Besaran	I	II	III	IV	V	VI
1	Tekanan udara sekitar, Pa	1	1	1	1	1	
2	Suhu udara sekitar, Ta	30.4	30.4	30.5	30.4	30.3	
3	Set point suhu AC	18	18	18	18	18	
	RH%	70%	70%	70%	69%	70%	
	Suhu udara inlet cooling coil						
4	Kelembaban relatif, RH _i	67	65	64	65	65	
5	Suhu bola kering, Tdb _i	31.5	31.2	31.7	31.5	31.5	
6	Kecepatan udara masuk, v ₁	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	
7	Luas penampang	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	
	Suhu udara outlet cooling coil						
8	Kelembaban relatif, RH _o	66	65	65	65	65	
9	Suhu bola kering, Tdb _o	17.1	19.1	19.6	19.6	20.2	
10	Kecepatan udara masuk, v ₂	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	
11	Luas penampang	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	
	Sistem Refrigerasi						
12	Tekanan inlet kompresor	3.2	2.7	2.6	2.4	2.5	
13	Suhu inlet kompresor	17.6	14.0	13.6	13.6	9.9	
14	Tekanan outlet kompresor	14.8	14.2	14.1	14.1	14	
16	Suhu outlet kompresor	68.5	63.4	63.3	62.9	61.9	
17	Tekanan outlet kondensator	15	14.2	14.1	14.1	14	
18	Suhu outlet kondensator	34.1	34.4	34.3	34.3	34.4	
19	Tekanan inlet evaporator	3.9	3.4	3.4	3.4	3.2	
20	Suhu inlet evaporator	8.4	5.7	5.5	5.1	4.2	
21	Arus motor kompresor	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	
22	Voltage motor kompresor	220	220	220	220	220	
	debit	36	29	24	18	8	
	outlet & C	88.6	87	86.5	86	85.5	
	RH	29	28.9	28.9	28.8	28.7	
	suhu						
	Arus	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
	wipas	1.15	1.08	1.08	1.07	0.78	
	pompa						
	Tayang an	215	215	215	215	215	
	wipas	200	185	165	120	102	

Lampiran 1. 2 Tabel Properties Air Propane (R-290)

TABLE A-16 Properties of Saturated Propane (Liquid-Vapor): Temperature Table

Temp. °C	Press. bar	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Temp. °C
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
-100	0.02888	1.553	11.27	-128.4	319.5	-128.4	480.4	352.0	-0.634	2.140	-100
-90	0.06426	1.578	5.345	-107.8	329.3	-107.8	471.4	363.6	-0.519	2.055	-90
-80	0.1301	1.605	2.774	-87.0	339.3	-87.0	462.4	375.4	-0.408	1.986	-80
-70	0.2434	1.633	1.551	-65.8	349.5	-65.8	453.1	387.3	-0.301	1.929	-70
-60	0.4261	1.663	0.9234	-44.4	359.9	-44.3	443.5	399.2	-0.198	1.883	-60
-50	0.7046	1.694	0.5793	-22.5	370.4	-22.4	433.6	411.2	-0.098	1.845	-50
-40	1.110	1.728	0.3798	-0.2	381.0	0.0	423.2	423.2	0.000	1.815	-40
-30	1.677	1.763	0.2585	22.6	391.6	22.9	412.1	435.0	0.096	1.791	-30
-20	2.444	1.802	0.1815	45.9	402.4	46.3	400.5	446.8	0.190	1.772	-20
-10	3.451	1.844	0.1309	69.8	413.2	70.4	388.0	458.4	0.282	1.757	-10
0	4.743	1.890	0.09653	94.2	423.8	95.1	374.5	469.6	0.374	1.745	0
4	5.349	1.910	0.08591	104.2	428.1	105.3	368.8	474.1	0.410	1.741	4
8	6.011	1.931	0.07666	114.3	432.3	115.5	362.9	478.4	0.446	1.737	8
12	6.732	1.952	0.06858	124.6	436.5	125.9	356.8	482.7	0.482	1.734	12
16	7.515	1.975	0.06149	135.0	440.7	136.4	350.5	486.9	0.519	1.731	16
20	8.362	1.999	0.05525	145.4	444.8	147.1	343.9	491.0	0.555	1.728	20
24	9.278	2.024	0.04973	156.1	448.9	158.0	337.0	495.0	0.591	1.725	24
28	10.27	2.050	0.04483	166.9	452.9	169.0	329.9	498.9	0.627	1.722	28
32	11.33	2.078	0.04048	177.8	456.7	180.2	322.4	502.6	0.663	1.720	32
36	12.47	2.108	0.03659	188.9	460.6	191.6	314.6	506.2	0.699	1.717	36
40	13.69	2.140	0.03310	200.2	464.3	203.1	306.5	509.6	0.736	1.715	40
44	15.00	2.174	0.02997	211.7	467.9	214.9	298.0	512.9	0.772	1.712	44
48	16.40	2.211	0.02714	223.4	471.4	227.0	288.9	515.9	0.809	1.709	48
52	17.89	2.250	0.02459	235.3	474.6	239.3	279.3	518.6	0.846	1.705	52
56	19.47	2.293	0.02227	247.4	477.7	251.9	269.2	521.1	0.884	1.701	56
60	21.16	2.340	0.02015	259.8	480.6	264.8	258.4	523.2	0.921	1.697	60
65	23.42	2.406	0.01776	275.7	483.6	281.4	243.8	525.2	0.969	1.690	65
70	25.86	2.483	0.01560	292.3	486.1	298.7	227.7	526.4	1.018	1.682	70
75	28.49	2.573	0.01363	309.5	487.8	316.8	209.8	526.6	1.069	1.671	75
80	31.31	2.683	0.01182	327.6	488.2	336.0	189.2	525.2	1.122	1.657	80
85	34.36	2.827	0.01011	347.2	486.9	356.9	164.7	521.6	1.178	1.638	85
90	37.64	3.038	0.008415	369.4	482.2	380.8	133.1	513.9	1.242	1.608	90
95	41.19	3.488	0.006395	399.8	467.4	414.2	79.5	493.7	1.330	1.546	95
96.7	42.48	4.535	0.004535	434.9	434.9	454.2	0.0	457.2	1.437	1.437	96.7

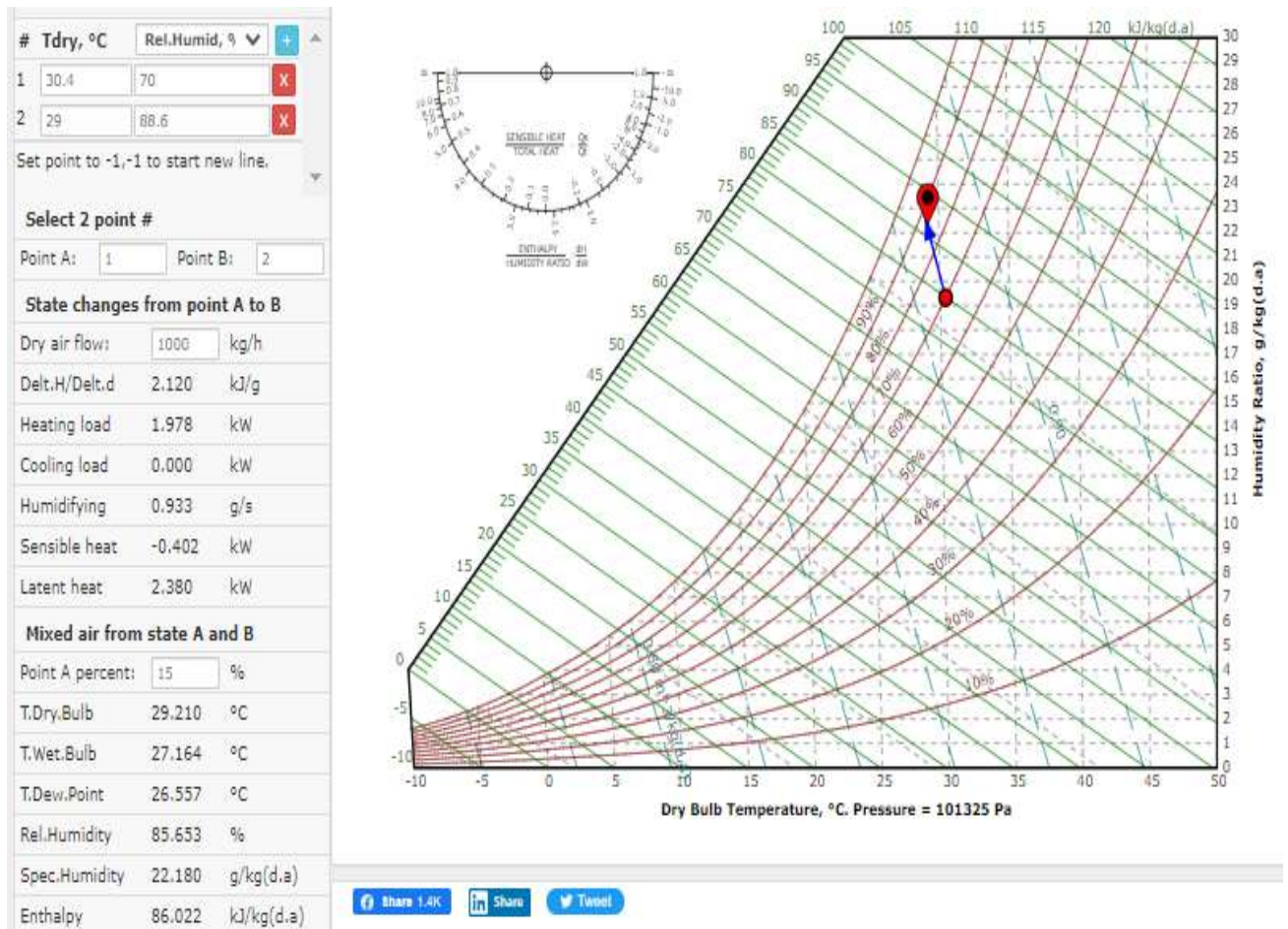
Source: Tables A-16 through A-18 are calculated based on B. A. Younglove and J. F. Ely, "Thermophysical Properties of Fluids. II. Methane, Ethane, Propane, Isobutane and Normal Butane," *J. Phys. Chem. Ref. Data*, Vol. 16, No. 4, 1987, pp. 577-598.

Propane

Lampiran 1. 4 Data hasil pembacaan PQA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Date	Time	Current A	Current B	Current C	Frequency	Voltage AN	Voltage B	Voltage C	Voltage AV	P A (kW)	P B (kW)	P C (kW)	P Total (k	Q A (kVA)	Q B (kVA)	Q C (kVA)	Q Total (k	SA (kVA)
2	12/03/2021	2:47:18 PM	4.624.184	NaN	NaN	49.991.768	221.513.779	NaN	NaN	221.513.779	1.018.944	NaN	NaN	1.018.381	-0.105746	NaN	NaN	-0.105746	1.023.857
3	12/03/2021	2:47:23 PM	4.626.267	NaN	NaN	50.000.317	221.522.339	NaN	NaN	221.553.055	1.020.334	NaN	NaN	1.020.334	-0.105392	NaN	NaN	-0.105392	1.025.763
4	12/03/2021	2:48:23 PM	4.624.513	NaN	NaN	50.014.076	221.524.002	NaN	NaN	221.517.288	1.019.311	NaN	NaN	1.019.311	-0.105045	NaN	NaN	-0.105045	1.024.710
5	12/03/2021	2:49:23 PM	4.620.690	NaN	NaN	50.051.285	221.831.207	NaN	NaN	221.876.999	1.020.507	NaN	NaN	1.020.507	-0.105777	NaN	NaN	-0.105777	1.025.974
6	12/03/2021	2:50:23 PM	4.622.093	NaN	NaN	49.999.134	222.248.398	NaN	NaN	222.248.398	1.020.365	NaN	NaN	1.020.365	-0.105442	NaN	NaN	-0.105442	1.025.798
7	12/03/2021	2:51:23 PM	4.619.141	NaN	NaN	50.051.620	222.474.670	NaN	NaN	222.474.670	1.022.945	NaN	NaN	1.022.945	-0.106156	NaN	NaN	-0.106156	1.028.439
8	12/03/2021	2:52:23 PM	4.620.633	NaN	NaN	49.974.537	222.083.954	NaN	NaN	222.083.954	1.021.942	NaN	NaN	1.021.942	-0.105711	NaN	NaN	-0.105711	1.027.395
9	12/03/2021	2:53:23 PM	4.620.213	NaN	NaN	49.986.961	222.093.399	NaN	NaN	222.093.399	1.020.558	NaN	NaN	1.020.558	-0.105998	NaN	NaN	-0.105998	1.026.048
10	12/03/2021	2:54:23 PM	4.621.792	NaN	NaN	49.963.081	222.059.158	NaN	NaN	222.085.999	1.019.993	NaN	NaN	1.019.993	-0.105312	NaN	NaN	-0.105312	1.025.415
11	12/03/2021	2:55:23 PM	4.619.853	NaN	NaN	49.986.557	222.081.589	NaN	NaN	222.080.551	1.020.653	NaN	NaN	1.020.653	-0.105479	NaN	NaN	-0.105479	1.026.089
12	12/03/2021	2:56:23 PM	4.614.915	NaN	NaN	49.998.802	222.158.096	NaN	NaN	222.201.279	1.019.760	NaN	NaN	1.019.760	-0.104726	NaN	NaN	-0.104726	1.025.124
13																			
14																			
15																			
16																			

Lampiran 1. 3 Diagram Pycometric (Flycarpet)



Lampiran 1.4 Diagram mollier untuk mencari *Enthalpy* refrigerant.

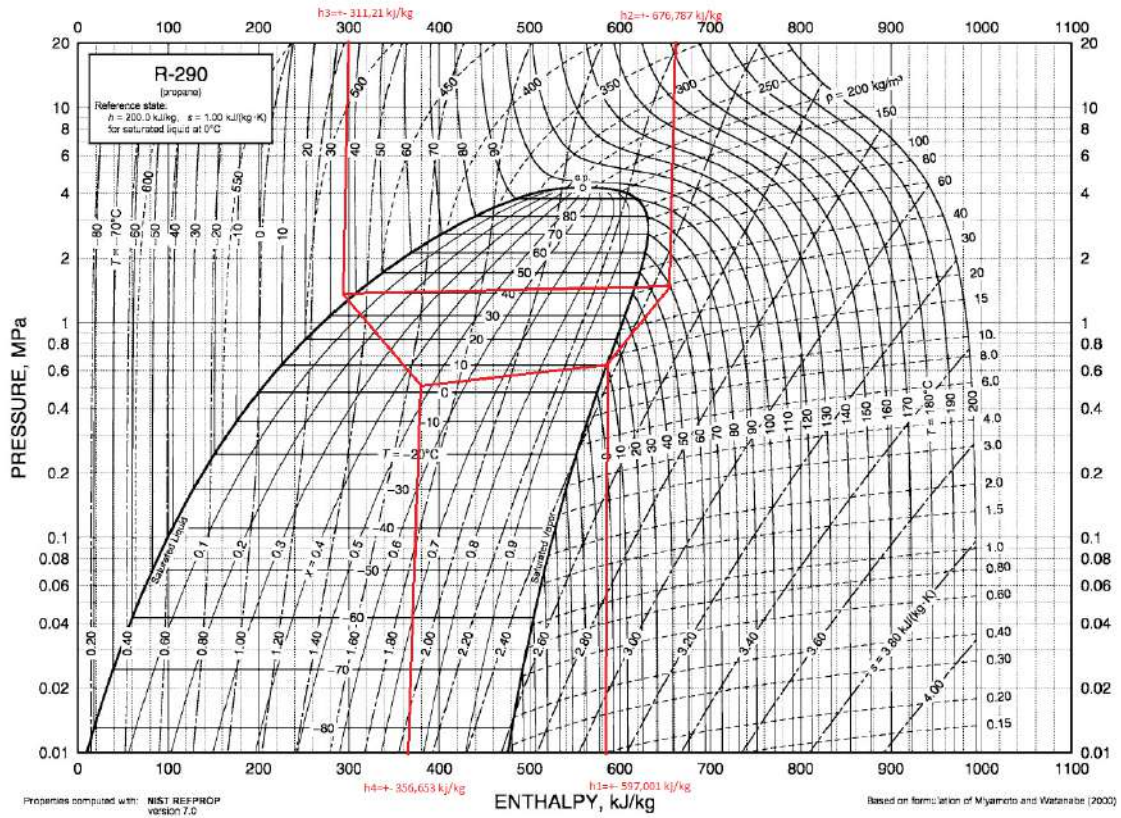
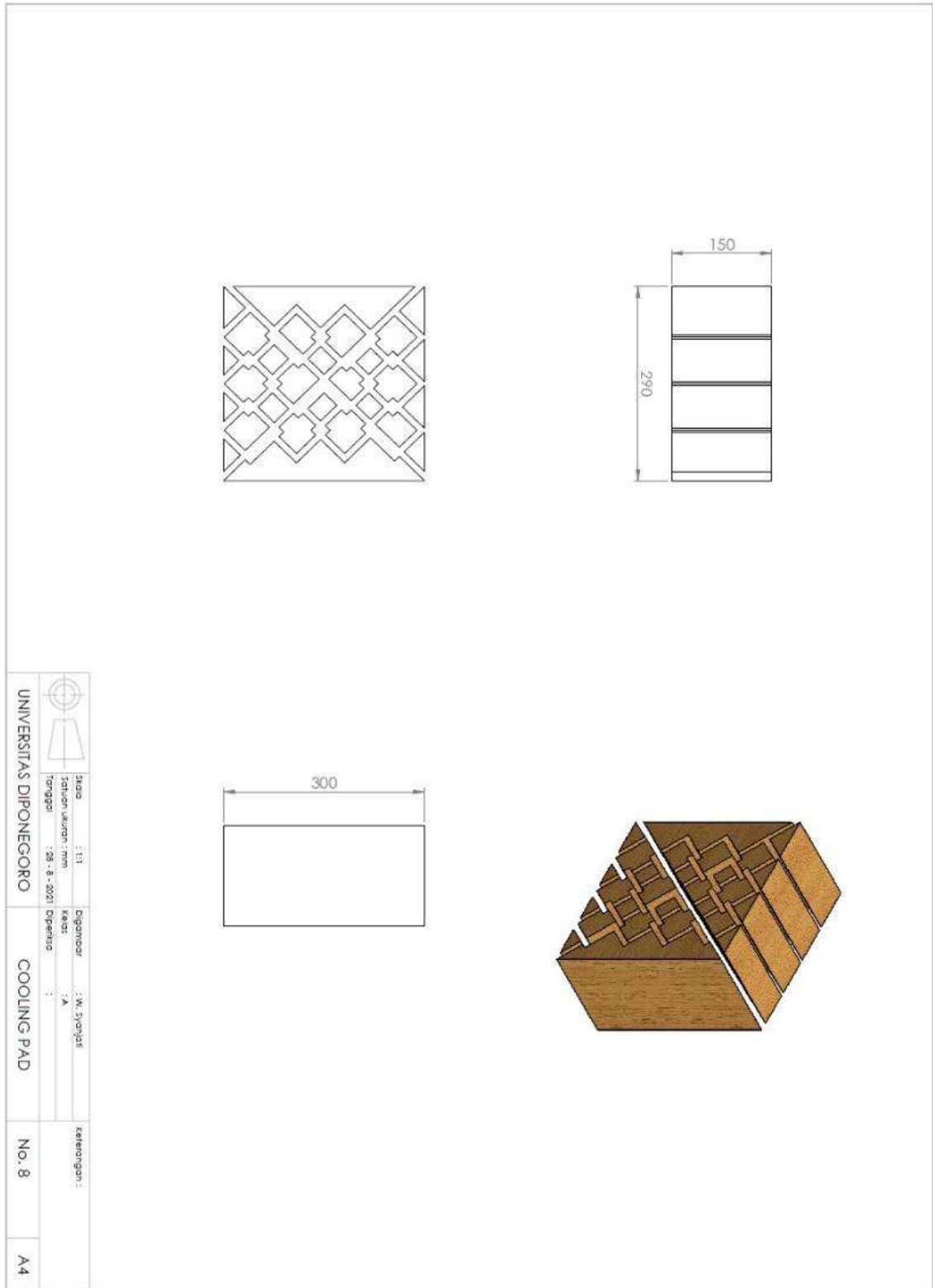
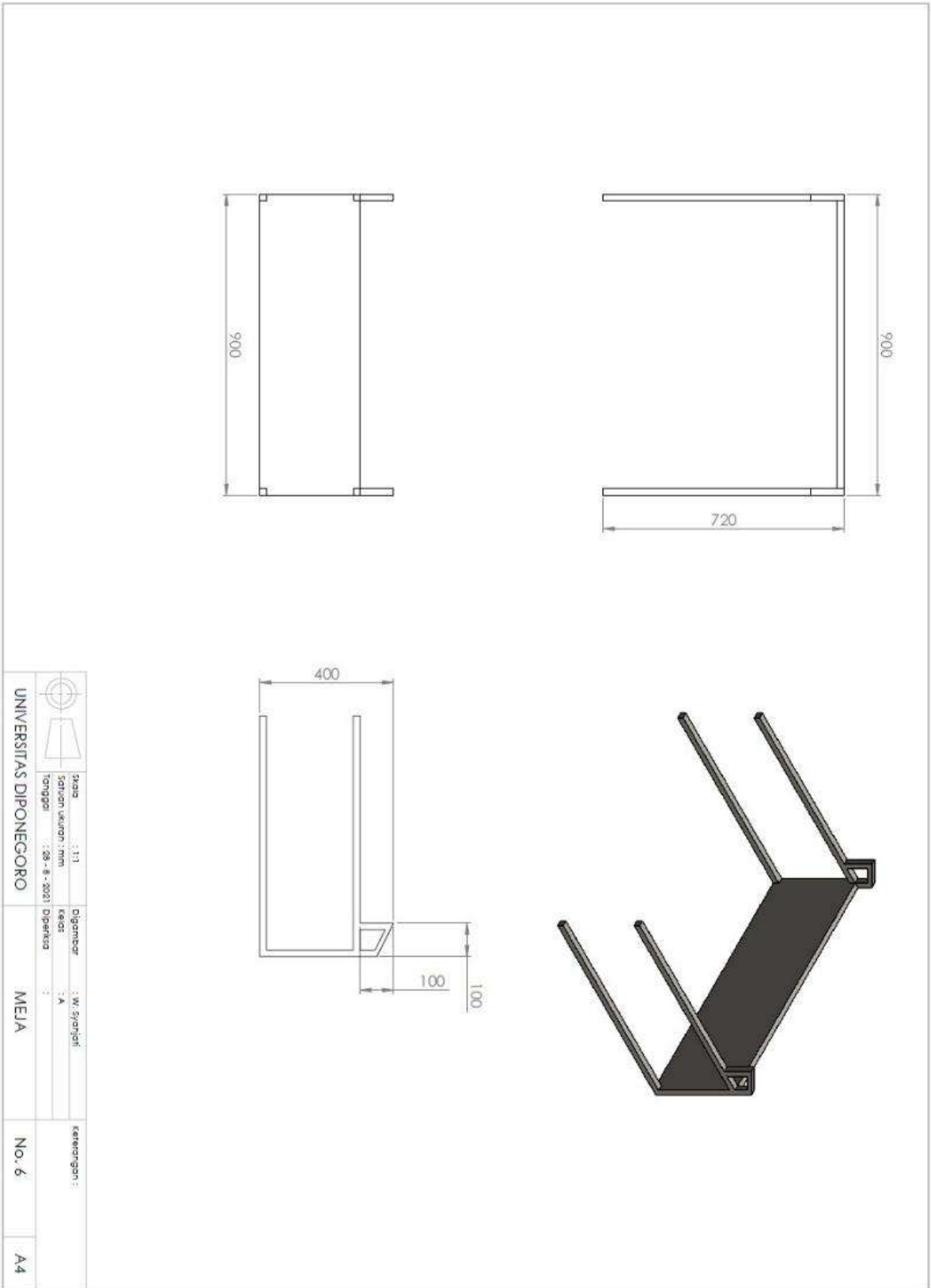
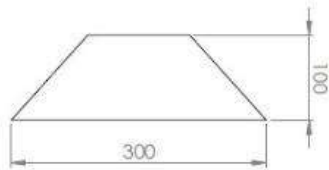
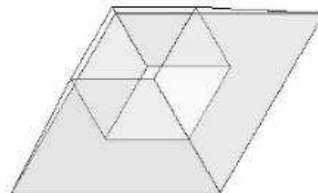
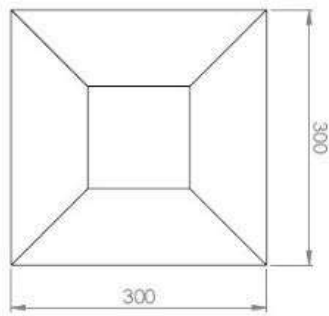
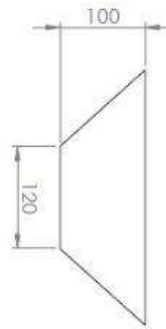


Fig. 23 Pressure-Enthalpy Diagram for Refrigerant 290 (Propane)

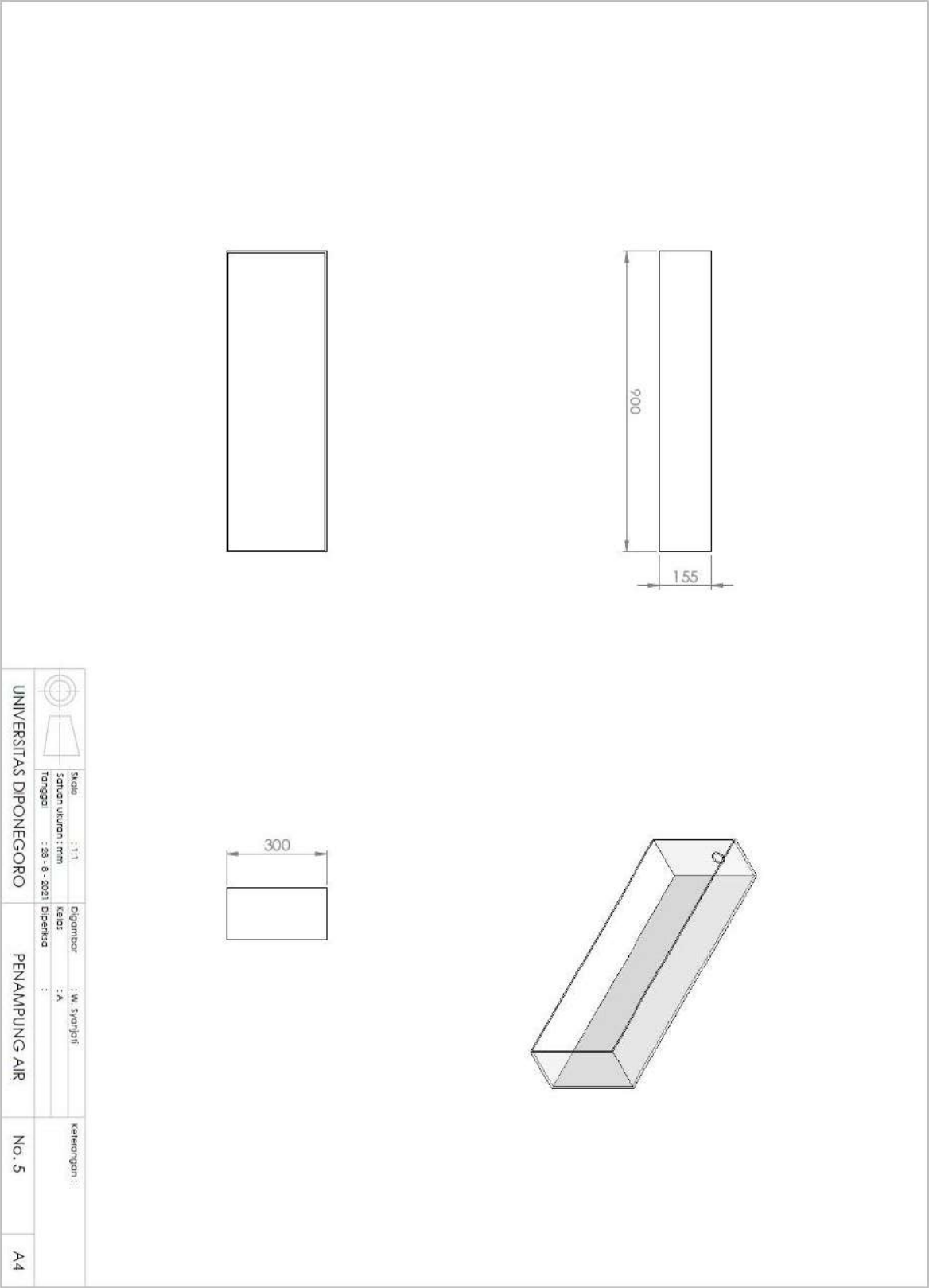
Lampiran 1. 5 Desain Komponen *Evaporative Cooler*

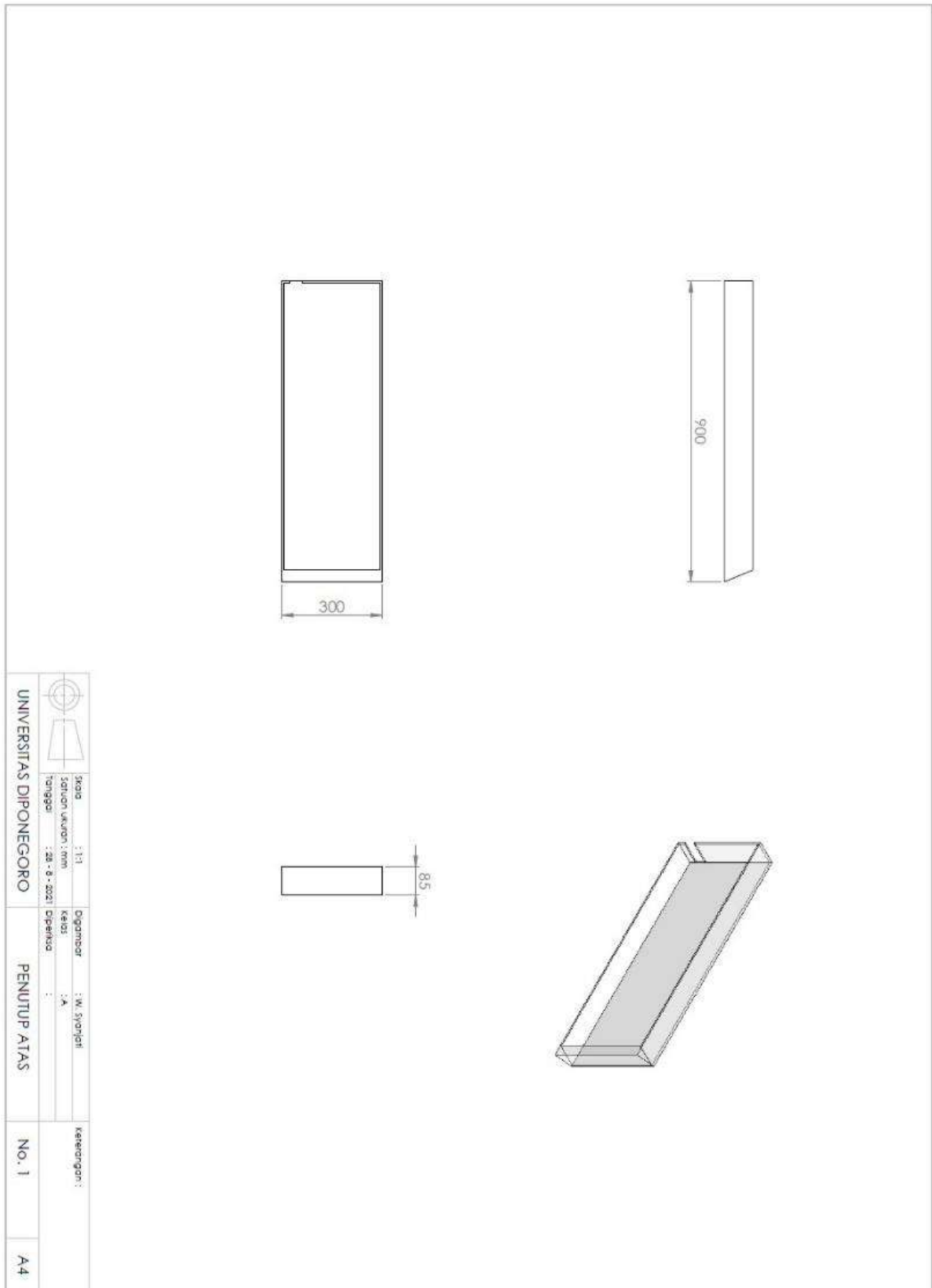


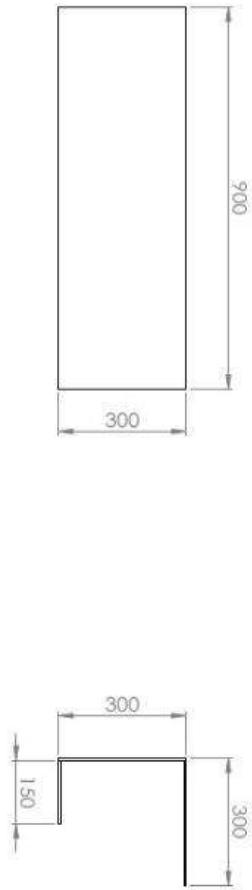
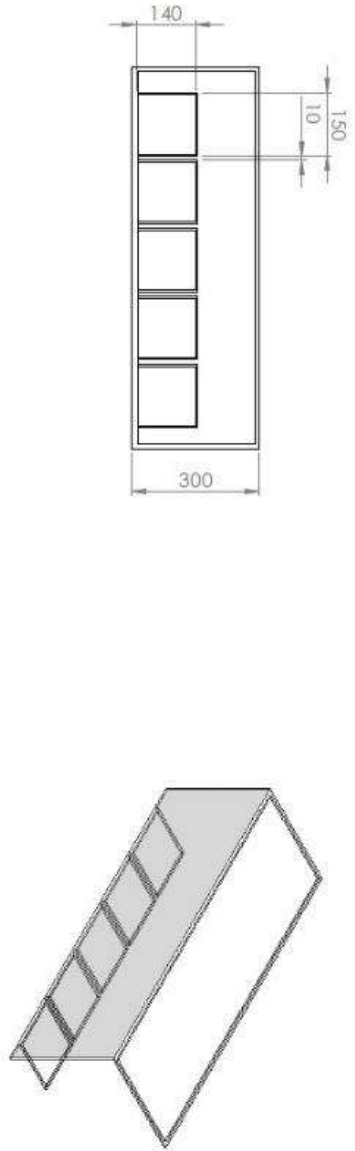




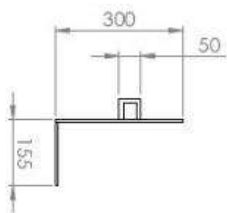
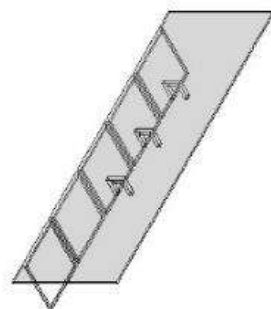
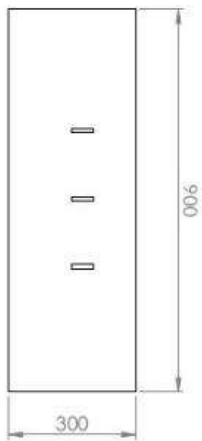
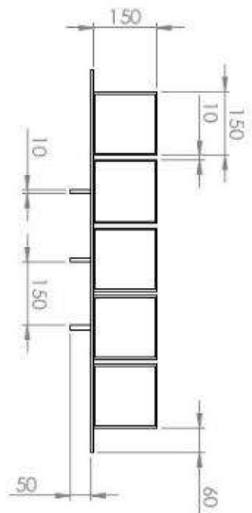
	Skala	: 1:1	Digambar	: W. Syahjati	Kerangka:
	Satuan ukuran : mm		Kelas	: A	
	Tanggal	: 28 - 8 - 2021	Diperiksa	:	
UNIVERSITAS DIPONEGORO		MONCONG		No. 2	A4








	Skala	: 1 : 1	Digambar	: M. Satrio	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm		Kelas	: A	
	Tanggal	: 28 - 8 - 2021	Diperiksa	:	
UNIVERSITAS DIPONEGORO			PENUJUP DEPAN		No. 3
					A4



	Skala	1:1	Digambar	: W. Satrijati	Kelas	
	Satuan Ukuran	mm	Tanggal	28 - 8 - 2021	Dipinika	:
UNIVERSITAS DIPONEGORO			PINTU		No. 4	A4

