

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN EVAPORATOR OTOMATIS DENGAN SISTEM PENDINGINAN MENGGUNAKAN GARAM

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD FADLAN AKHYAR
1707220018



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Fadlan Akhyar

NPM : 1707220018

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Perancangan Evaporator Otomatis Dengan Sistem
Pendinginan Menggunakan Garam

Bidang Ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



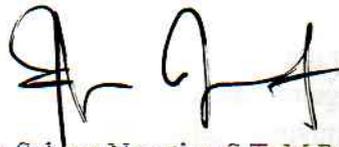
Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing I / Penguji



(Ir. Abdul Aziz M.M)

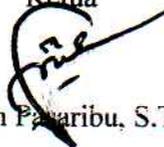
Dosen Pembimbing II / Penguji



(Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd)

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Fadlan Akhyar

Tempat /Tanggal Lahir: Medan /10 Mei 1999

NPM : 1707220018

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perancangan Evaporator Otomatis Dengan Sistem Pendinginan Menggunakan Garam”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Februari 2022

Saya yang menyatakan,



Muhammad Fadlan Akhyar

ABSTRAK

Untuk mendapatkan suhu udara yang sesuai dengan yang diinginkan banyak alternatif yang dapat diterapkan, diantaranya adalah dengan menaikkan koefisien perpindahan kalor kondensasi dan dengan menambahkan kecepatan udara pendingin pada kondensor sehingga akan diperoleh harga koefisien prestasi yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan pembuatan es batu lebih cepat beku dalam kurun waktu 2 jam dan membekukan es sebanyak 16 kantong es. Adapun cara kerja alat tersebut yaitu dengan komponen utama adalah kompresor yang berfungsi untuk menaikkan tekanan freon dari tekanan rendah hingga tekanan tinggi, kompresor berkerja menghisap sekaligus memompa refrigerant sehingga terjadi sirkulasi refrigerant mengalir ke pipa pipa mesin pendingin, dan fungsi dari evapulator adalah tempat terjadinya perubahan fase refrigerant cair menjadi gas atau penguapan. Proses penguapan freon di evapulator berlangsung pada tekanan dan suhu tetap. lalu krmampuan media pendingin es yang ditambah garam dapat mempercepat penurunan temperatur sehingga akan menghasilkan temperatur akhir yang rendah dan berdampak positif terhadap upaya mempertahankan suhu.

Kata Kunci : Refrigerant, Kompresor, Evapulator, Air Garam

ABSTRACT

To get the desired air temperature, many alternatives can be applied, including increasing the condensation heat transfer coefficient and adding the cooling air velocity in the condenser so that a higher coefficient of performance will be obtained. This study aims to facilitate the manufacture of ice cubes to freeze faster within 2 hours and to freeze 16 bags of ice. As for how the tool works, the main component is a compressor which functions to increase the freon pressure from low pressure to high pressure, the compressor works to suck and pump refrigerant so that refrigerant circulation occurs to flow into the cooling machine pipes, and the function of the evaporator is where the phase change occurs. liquid refrigerant to gas or vaporizer. The process of freon evaporation in the evaporator takes place at a constant pressure and temperature. then the ability of the ice cooling medium added with salt can accelerate the temperature decrease so that it will produce a low final temperature and have a positive impact on efforts to maintain temperature.

Keywords : *Refrigerant, Compressor, Evaporator, Brine*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perancangan Evaporator Otomatis Dengan Sistem Pendinginan Menggunakan Air Garam” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. bapak, Ir Abdul Aziz, M.M selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Elvy Sahnur Naution, S.T., M.pd. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Ismed Akhyar dan Halimatussadiyah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis. Abang kandung Faishal Akhyar dan Kakak penulis Nurul Azwinda Akhyar yang selalu menyemangati penulis agar terselesaikannya skripsi ini.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Muhammad Zaki Riza Fiqri Maulana, Riyan Al Fayet, Bayu Pratama, Abimanyu Rizkiandi,S.T dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Sistem Pendingin Teknik Elektro.

Medan, Januari 2022

Muhammad Fadlan Akhyar

DAFTAR ISI

COVER	
HALAMAN PENGESAHAN.....	1
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	2
ABSTRAK	3
KATA PENGANTAR.....	4
DAFTAR ISI.....	8
DAFTAR TABEL	10
DAFTAR GAMBAR.....	11
BAB I PENDAHULUAN.....	12
1.1 Latar Belakang	12
1.2 Rumusan Masalah	13
1.3 Ruang Lingkup.....	13
1.4 Tujuan Penelitian	14
1.5 Manfaat Penelitian	14
1.6 Metode Penelitian	14
1.7 Sistematika Penulisan	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	16
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	16
2.2 Air Garam	19
2.2.1 Spesifikasi Air Garam.....	19
2.3 Kompresor.....	21
2.3.1 Prinsip Kerja Kompresor	21
2.4 Kondesor	22

2.5	Evavolator	23
2.5.1	Fungsi Evavolator	24
2.6	Pipa Kapiler	25
2.7	Proses Pendinginan (Refrigairant)	27
2.7.1	Pengisian Refrigeran	28
2.7.2	Fungsi Refrigeran.....	28
2.8	Sensor Suhu	29
2.8.1	Sensor Thermostat	30
2.8.2	Sensor Thermistor.....	30
2.9	Pompa Air	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	Tempat dan Waktu	33
3.1.1	Tempat	33
3.1.2	Waktu.....	33
3.2	Alat dan Bahan.....	33
3.2.1	Alat.....	33
3.2.2	Bahan	33

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan	33
Tabel 3.2 Daftar Bahan Yang Digunakan Dalam Proses Perancangan	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Sensor Suhu	34
Gambar 3.2	Freon R22.....	34
Gambar 3.3	Pipa Kapiler	35
Gambar 3.4	Kompresor.....	35
Gambar 3.5	Pipa AC.....	36
Gambar 3.6	Kabel NYM.....	36
Gambar 3.7	Tang Potong	37
Gambar 3.8	Obeng	37
Gambar 3.9	Manipol.....	38
Gambar 3.10	Amper Meter Digital.....	38
Gambar 3.11	Bagan Alir Penelitian.....	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengkondisian udara disebut juga sistem refrigerasi yang melaksanakan keadaan temperatur dan kelembapan udara. Dalam beroperasi sistem refrigerasi sangat membutuhkan fluida yang mudah menyerap dan melepas kalor, yang disebut refrigerant sedangkan AC merupakan proses pelepasan kalor dari suatu substansi dengan cara penurunan temperatur dan pemindahan panas ke substansi lainnya. Air merupakan kebutuhan penting dalam proses produksi dan kegiatan lain dalam suatu industri. Untuk itu diperlukan penyediaan air bersih yang secara kualitas memenuhi standar yang berlaku dan secara kuantitas dan kontinuitas harus memenuhi kebutuhan industri sehingga proses produksi tersebut dapat berjalan dengan baik. Dengan adanya standar baku mutu untuk air bersih industri, setiap industri memiliki pengolahan air sendiri-sendiri sesuai dengan kebutuhan industri (Hasmi, 2015)

Siklus kompresi uap adalah sistem dimana fluida kerja mengalami proses penguapan dan pengembunan, serta proses kompresi dan ekspansi secara terus-menerus. Sistem pendinginan udara merupakan sistem yang memanfaatkan siklus kompresi uap. Fluida kerja yang biasanya digunakan untuk memindahkan panas dalam siklus refrigerasi adalah refrigeran. Refrigeran menyerap kalor dengan proses evaporasi dan membuang kalor ke ruangan lain dengan proses kondensasi. Pada sistem ini terdapat dua alat penukar panas. Alat penukar panas yang pertama evaporator yang berfungsi menyerap panas dari ruangan dan memindahkannya ke fluida kerja (refrigeran). Alat penukar panas yang kedua adalah kondensor yang berfungsi untuk memindahkan panas yang diterima oleh fluida kerja ke udara luar. Kemudian alat penukar panas yang ditambahkan penulis adalah water heater yang berfungsi untuk menyerap energy panas refrigerant keluaran kompresor. Secara skematis siklus kompresi uap yang diujikan (Chairbowo, 2016)

Secara umum, performansi sistem refrigerasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain, jenis refrigeran, beban pendinginan, refrigeran yang diisi dalam sistem, jenis kompresor, putaran kompresor, tekanan kerja sistem dll. sistem pengkondisian udara (Air Conditioning) yang digunakan untuk mendinginkan udara ruangan. Penggunaan Air Conditioning (Purnawan & Wirawan, 2010).

Untuk mendapatkan suhu udara yang sesuai dengan yang diinginkan banyak alternatif yang dapat diterapkan, diantaranya adalah dengan menaikkan koefisien perpindahan kalor kondensasi dan dengan menambahkan kecepatan udara pendingin pada kondensor sehingga akan diperoleh harga koefisien prestasi yang lebih besar. Dengan kecepatan udara pendingin pada kondensor maka laju aliran massa akan menurun sehingga menyebabkan daya kompresor juga mengalami penurunan. Suatu pemikiran baru yang muncul adalah bagaimana jika kecepatan penggerak kompresor divariasikan sehingga jumlah putaran kompresor juga akan semakin besar. Fenomena ini menarik untuk dikaji apakah perubahan kecepatan kompresor akan mempengaruhi kinerja sistem pendingin kompresi uap (Esparuling1, Budiman Sudia2, 2018)

Pada siklus kompresi uap standar. Dalam sebuah mesin pendingin, refrigeran dialirkan dalam saluran pipa-pipa. Sebelum masuk kompresor, refrigeran dengan kondisi uap jenuh dikompresikan sehingga uap keluar kompresor menjadi uap panas lanjut. Uap tersebut mengalir pada bagianan kondensor untuk melepaskan kalor ke lingkungan sehingga terjadi proses kondensasi. Uap berubah menjadi cair jenuh kemudian melewati dryer, selanjutnya menuju katup ekspansi dan mengalami penurunan sampai tekanan evaporator. Pada evaporator cairan dari katup ekspansi mengalami vaporasi sehingga berubah menjadi uap jenuh dan masuk ke dalam kompresor untuk dikompresikan. Siklus berjalan terus menerus sehingga di dapat temperatur yang diinginkan. Prinsip kerja mesin pendingin merujuk (Esparuling1, Budiman Sudia2, 2018)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang, maka penulis tertarik untuk mengetahui Perancangan Evaporator Otomatis Menggunakan Garam

1. Berapa waktu yang di butuhkan untuk proses pembekuan es?
2. Berapa banyak yang di butuhkan garam untuk menstabilkan pembekuan es?
3. Berapa suhu yang di inginkan sensor thermistor dan thermostat jika suhu sudah normal?

1.3 Ruang Lingkup

Agar penelitian tugas akhir ini terarah tanpa mengurangi maksud dan tujuan, maka di tetapkan ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Kompresor untuk menjalankan proses pendinginan
2. Refrigeran untuk mengalir ke dalam kompresor dan evaporator sebagai media pendinginan
3. Membuat mesin es batu dengan waktu 2 jam membekukan es batu sebanyak 16 buah

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui waktu yang di butuhkan proses pembekuan es.
2. Mengetahui yang di butuhkan garam untuk menstabilkan pembekuan es.
3. Merancang hambatan sensor thermistor dan thermostat jika suhu sudah normal

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat menghasilkan proses pembekuan es lebih maksimal
2. Dapat menentukan kapasitas cair yang digunakan untuk pelarutan garam
3. Dapat menentukan kapasitas garam untuk menstabilkan pembekuan es

4. Dapat menghasilkan suhu yang stabil untuk proses pendinginan

1.6 Metode Penelitian

Dalam menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa metode. Untuk metode pengumpulan data, penulis memperoleh data antara lain dari dosen pembimbing tugas akhir, pencarian di internet dan buku-buku referensi.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang membahas tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam perancangan perancangan sistem kendali PLTS menggunakan sensor *photocell* dan alarm kontrol untuk penerangan kapal nelayan ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian.

BAB IV ANALISIS DAN PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai hasil penelitian dan analisa data yang di dapat dari hari penelitian skripsi.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian dan penulisan tugas akhir saya ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pada siklus pendingin ini terdapat empat komponen utama yaitu : *evaporator*, kompresor, kondensor dan alat ekspansi. *Evaporator* merupakan suatu alat atau komponen pada sistem ac yang berperan sebagai penampung Freon yang sudah berubah bentuk menjadi kabut atau uap dingin. Saluran keluar *evaporator* yang masuk ke kompresor disebut sebagai *line suction*. Refrigerant (orang sering menyebut Freon) saat mengalir dalam *evaporator* dan *line suction* berada pada temperature rendah (biasanya lebih rendah kira-kira 10-15⁰C dari temperature ruangan yang didinginkan). Setelah keluar dari kompresor, *refrigerant* mengalir dalam kondensor dengan temperatur lebih tinggi kira-kira 10-15⁰C dari temperature udara sekitar. Dengan demikian *refrigerant* ke luar kondensor dan masuk alat ekspansi (biasanya pipa kapiler) pada temperature yang lebih tinggi dari pada di *line suction*. Kondisi ini membuat beberapa orang tertarik (Ekadewi Anggraini handoyo & Agus Lukito, 2002).

Mencoba melilitkan pipa kapiler ke *line suction*. Sistem pendingin kompresi uap yang beroperasi secara *steady* dapat diilustrasikan terlihat kerja utama yang berupa *input* dari luar dan perpindahan panas utama yang berasal dari ruangan yang didinginkan dan yang keluar ke udara sekitar. Perubahan energy kinetic dan energy potensial saat menganalisa tiap komponen diabaikan., karena besar perubahan entalpi saat melalui komponen tersebut jauh lebih besar dibanding perubahan energy kinetic dan potensial. Saat *refrigerant* mengalir melalui *evaporator*, perpindahan panas dari ruangan yang didinginkan menyebabkan *refrigerant* menguap. Dengan mengambil *refrigerant* pada *evaporator* sebagai volume atur, dari keseimbangan massa dan Hukum

Termodinamika I didapat perpindahan panas per satuan massa *refrigerant* yang mengalir (Ekadewi Anggraini handoyo & Agus Lukito, 2002).

Laju perpindahan panas disebut kapasitas pendingin atau dampak refrigerasi. Dalam sistem satuan, kapasitas dinyatakan dalam kWatt. Dalam sistem satuan English, kapasitas dinyatakan dalam Btu/jam. Satuan lain yang sering dipakai adalah *ton of refrigeration*, yang sama dengan 200 Btu/menit atau 211 kJ/menit. *Refrigerant* meninggalkan *evaporator* kemudian dikompresi hingga tekanan dan temperature tinggi oleh kompresor. Diasumsikan tidak ada perpindahan panas dari dan ke kompresor. Kemudian *refrigerant* mengalir melalui kondensor, dimana *refrigerant* mengembun dan memberikan panas ke udara sekitar yang lebih rendah temperaturnya. Untuk volume tetap melingkupi *refrigerant* di kondensor, laju perpindahan panas dari *refrigerant* per satuan masa *refrigerant* yang mengalir (Ekadewi Anggraini handoyo & Agus Lukito, 2002).

Akhirnya, *refrigerant* pada state 3 masuk katup ekspansi (bisa berupa pipa kapiler) dan berekspansi ke tekanan *evaporator*. Proses ini biasanya dimodelkan sebagai proses throttling. Tekanan *refrigerant* turun dalam ekspansi yang ireversibel dan dibarengi dengan adanya kenaikan entropy jenis. *Refrigerant* keluar katup ekspansi pada state 4 yang berupa fase campuran uap-cair. Mesin pendingin menurun saat temperature air garam makin rendah. Temperature ruang beban dapat diperkirakan mendekati atau sama dengan temperature air garam. Hal ini dapat dijelaskan saat temperatur air garam makin rendah berarti beda temperatur antara air garam dengan *refrigerant* dalam *evaporator* makin kecil. Hal ini berakibatkan kapasitas pendingin *freezer* menurun. Dengan menurunnya kapasitas pendinginan maka COP juga menurun (Ekadewi Anggraini handoyo & Agus Lukito, 2002).

Kapasitas pendingin *freezer* tidak terlalu banyak berubah dengan melilitkan pipa kapiler ke *line suction* meskipun *refrigerant* melepas panas saat mengalir dalam pipa kapiler yang dililitkan pada *line suction*. Kemungkinan hal ini terjadi karena pipa kapiler juga menerima panas dari lingkungan maupun

kompresor mengingat temperatur *refrigerant* saat keluar pipa kapiler (masuk *evaporator*) sangat rendah yaitu sekitar 15°C. Karena pipa kapiler dililitkan pada *line suction* maka titik 1 (*suction* kompresor) bergeser ke kanan, dimana saat seluruh pipa kapiler dililitkan ternyata titik 1 berada di daerah super panas, sedang keluaran kompresor lebih tinggi sedang *enthalpy* keluaran hampir sama, sehingga kerja kompresor lebih ringan. Entalpi paling tinggi saat seluruh pipa dililitkan sehingga daya input kompresor juga paling rendah pada kondisi itu. Karena kapasitas pendinginan sedikit meningkat dan daya input kompresor menurun saat pipa kapiler dililitkan pada *line suction*, maka COP *freezer* meningkat (Ekadewi Anggraini handoyo & Agus Lukito, 2002)

Pengamatan pada waktu pendinginan air garam dalam ruang beban dilakukan mulai air garam mencapai 6°C hingga -3°C, dimana pengukuran dilakukan untuk penurunan tiap 1°C. Waktu pendinginan yang diperlukan bertambah dengan makin rendahnya temperatur air garam. Namun, terjadi sesuatu yang aneh dimana saat temperatur air garam turun dari 1°C menjadi 0°C dan dari 0°C menjadi -1°C, waktu yang diperlukan justru menurun dan kemudian untuk berikutnya meningkat kembali. Hal ini perlu diselidiki lebih lanjut. Pada skripsi ini tidak membahas lebih jauh karena diluar pembahasan pemakalah. Usaha malilitkan pipa kapiler pada *line suction* tidak membuat waktu pendinginan lebih singkat. Hal ini dapat dimengerti karena kapasitas pendinginan tidak banyak berubah. Usaha yang dilakukan orang untuk meningkatkan performansi mesin pendingin adalah dengan mengkontakkan pipa (bukan pipa kapiler) yang keluar dari kondensor dengan *line suction*. Dengan melakukan hal ini, maka *refrigerant* saat masuk kompresor lebih super panas dan *refrigerant* saat masuk katup ekspansi (bisa pipa kapiler) dalam kondisi lebih *sub-cooled*. Kondisi ini berakibat kapasitas pendinginan mesin pendingin lebih besar. Dengan membuat kapasitas pendinginan lebih besar, maka waktu pendinginan tentunya akan lebih sigkat (Ekadewi Anggraini handoyo & Agus Lukito, 2002).

2.2 Kompresor

Kompresor adalah suatu alat dalam mesin pendingin yang cara kerjanya dinamis atau bergerak. Kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan freon (dari tekanan rendah ke tekanan tinggi. Kompresor bekerja menghisap sekaligus memompa refrigeran sehingga terjadi sirkulasi (perputaran) refrigeran yang mengalir ke pipa-pipa mesin pendingin. Kompresor yang sering dipakai pada mesin pendingin adalah jenis hermetik. Konstruksi dari kompresor jenis ini menempatkan motor listrik dengan komponen mekanik ada dalam satu rumah. Kompresor bekerja secara dinamis atau bergerak. Pergerakannya dengan

Menghisap sekaligus memompa udara sehingga terjadilah sirkulasi (perputaran) udara yang mengalir dari pipa-pipa mesin pendingin. Fase refrigeran ketika masuk dan keluar kompresor berupa gas. Kondisi gas keluar kompresor berupa uap panas lanjut. Suhu gas refrigeran keluar dari kompresor lebih tinggi dari suhu kerja kondensor, demikian pula dengan nilai tekanannya. (Industri, 2016)

Kompresor atau pompa isap mempunyai fungsi yang vital. Dengan adanya kompresor, refrigerant bisa mengalir ke seluruh sistem pendingin. Sistem kerjanya adalah dengan mengubah tekanan, sehingga terjadi perbedaan tekanan yang memungkinkan refrigeran mengalir (berpindah) dari sisi bertekanan rendah ke sisi bertekanan tinggi (Ii, n.d.).

Kompresor dikenal sebagai jantung dari suatu sistem refrigerasi, dan digunakan untuk menghisap dan menaikkan tekanan uap refrigeran yang berasal dari evaporator. Bagian pemipaan yang menghubungkan antara evaporator dengan kompresor dikenal sebagai saluran hisap (*suction line*). Penambahan tekanan uap refrigeran dengan kompresor ini dimaksud agar refrigeran dapat mengembun pada temperatur yang relatif tinggi. Refrigeran yang keluar dari kompresor masih berfasa uap dengan tekanan tinggi. Perbandingan antara absolut tekanan buang (*discharge pressure*) dan tekanan isap (*suction pressure*) disebut dengan ratio

kompresi (*compression ratio*) (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290, 2020*).

2.2.1 Prinsip Kerja Kompresor

Ketika bekerja, refrigerant yang dihisap dari evaporator dengan suhu dan tekanan rendah dimampatkan sehingga suhu dan tekanannya naik. Gas yang dimampatkan ini ditekan keluar dari kompresor lalu dialirkan ke kondensor, tinggi rendahnya suhu dikontrol dengan thermostat (Ii, n.d.)

Dalam analisa unjuk kerja mesin pendingin diperlukan beberapa rumusan perhitungan, antara lain sebagai berikut :

1) Kerja Kompresor Besarnya kerja kompresor per satuan massa refrigeran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

Pada Persamaan:

W_{in} = besarnya kerja kompresor (kJ/kg)

h_1 = entalpi refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)

2) Laju Aliran Kalor Yang Dilepas Kondensor

Besarnya panas per satuan massa refrigeran yang dilepas kondensor dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_{out} = h_2 - h_3$$

Pada Persamaan:

Q_{out} = besarnya kalor dilepas di kondensor (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)

h_3 = entalpi refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

3) Laju Aliran Kalor Yang Diserap Evaporator

Besarnya kalor per satuan massa refrigeran yang diserap evaporator dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_{in} = h_1 - h_4$$

Pada Persamaan:

Q_{in} = besarnya kalor yang diserap di evaporator (kJ/kg)

h_1 = entalpi refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_4 = entalpi refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

4) COP (*Coefficient Of Performance*)

COP dipergunakan untuk menyatakan perfoma (unjuk kerja) dari siklus refrigerasi. Semakin tinggi COP yang dimiliki oleh suatu mesin refrigerasi maka akan semakin baik mesin refrigerasi tersebut. COP tidak mempunyai satuan karena merupakan perbandingan antara besarnya kalor yang diserap evaporator ($h_1 - h_4$) dengan kerja spesifik kompresor ($h_2 - h_1$)

Pada Persamaan:

h_1 = entalpi refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)

h_4 = entalpi refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

Dengan bantuan diagram tekanan-entalpi, besaran yang penting seperti kerja kompresor, kerja kondensor, kerja evaporator dan COP dalam siklus kompresi uap standar (Akhir, 2013).

2.2.2 Proses kompresi

Proses ini dilakukan oleh kompresor dan berlangsung secara isentropik. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk ke dalam kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah mengalami kompresi refrigeran akan menjadi uap dipanaskan lanjut bertekanan tinggi. Karena proses ini berlangsung secara isentropik, kompresi per satuan massa refrigeran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$w_c = h_2 - h_1$$

Dimana :

w_c = Besarnya kerja kompresor (kJ/kg)

h_1 = Entalpi refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Entalpi refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)



Gambar 2.3 mesin kompresor(outdoor)

2.3 Air Garam

Garam yang dicampur dengan es memungkinkan titik beku lebih rendah daripada ketika es yang hanya terdiri dari air. Kemampuan media pendingin es yang ditambah garam dapat mempercepat penurunan temperatur, sehingga akan menghasilkan temperatur akhir yang rendah dan berdampak positif terhadap upaya mempertahankan suhu. Es yang tidak mengandung garam akan mencair lebih dahulu dibandingkan es yang mengandung garam, titik beku garam lebih rendah dari pada titik beku es yang tidak mengandung garam

Pada umumnya menggunakan garam untuk mempercepat proses pendinginan setelah ikan ditangkap. Garam dipilih karena harganya lebih terjangkau dan mudah mendapatkannya dipasaran. Garam dipilih karena mampu untuk mendinginkan lebih rendah dari 0°C bahkan garam mampu untuk mendinginkan hingga -30C . Hal ini sangat membantu air garam untuk mengupayakan proses pendinginan

Jumlah garam yang ditambah dalam es minimal 2% dan maksimum 10% dari berat es batu yang digunakan. Penambahan garam lebih dari 10% akan menyebabkan es batu akan tidak membeku merata. Jumlah penambahan garam akan mempengaruhi titik lebur es, dimana semakin banyak jumlah garam yang ditambahkan maka titik lebur es semakin rendah (Di & Sapudi, 2016).

2.3.1 Spesifikasi Larutan Eutektik Air-Garam

Larutan eutektik yang terdiri dari komponen yang membentuk campuran titik leleh rendah, memberikan substansi yang unik untuk mengembangkan material. Contoh larutan eutektik adalah natrium klorida dan air. Larutan ini memiliki titik lebur eutektik pada $-21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ digunakan untuk membantu pencairan es atau menghasilkan es dengan temperatur rendah

Larutan garam eutektik sering digunakan pada *PhaseChange Material* karena memiliki panas laten yang besar dan rentan temperatur fasa yang baik. Sifat termal dari larutan eutektik garam dan air memiliki perbedaan temperatur dari $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$, Secara umum larutan eutektik garam-air pada tabel. PCMS mempunyai kelebihan panas dan massa jenis yang tinggi. Namun memiliki masalah pada pemisahan fasa pendinginan tipe sistem diagram fasa biner padat – cair

pada umumnya titik beku air turun saat ditambahkan garam. Semakin banyak garam yang ditambahkan maka titik beku semakin turun, tetapi eutektik air dan garam tidak dapat terbentuk dari larutan murni atau bentuk padat. Pada diagram fasa eutektik larutan air-garam, titik beku pada 0°C ketika komposisinya 100% air. Dengan tambahan beberapa garam titik beku dari air-garam menurun. Penambahan ini sampai ke titik eutektik. Pada titik ini baik garam dan air beku keluar dari larutan dan komposisi dari material beku dibuat sama dengan larutan. Dengan penambahan garam, temperatur beku larutan mulai naik dan garam *anhydrous* tumbuh keluar pembekuan. Dibawah konsentrasi partikel garam larutan beku dan leleh komplit dari cairan/ padat ke padat/cairan pada temperatur tetap dengan melepaskan energi yang besar (Industri, 2016).



2.4 Kondensor

Kondensor adalah alat yang berfungsi sebagai tempat kondensasi atau pengembunan freon. Pada kondensor berlangsung dua proses utama yaitu proses penurunan suhu refrigeran dari gas panas lanjut ke gas jenuh dan proses dari gas jenuh ke cair jenuh. Proses pengembunan refrigeran dari kondisi gas jenuh ke cair jenuh berlangsung pada suhu yang tetap. Saat kedua proses berlangsung, kondensor mengeluarkan kalor dan pada tekanan yang tetap. Kalor yang dilepaskan kondensor dibuang keluar dan diambil oleh udara sekitar. Kondensor yang sering dipakai pada mesin pendingin kapasitas kecil adalah jenis pipa dengan jari-jari penguat, pipa dengan pelat besi dan pipa-pipa dengan sirip-sirip. Pada umumnya jenis kondensor yang sering dipakai pada mesin pendingin adalah jenis (Industri, 2016).

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair. Banyak jenis kondensor yang dipakai, untuk kulkas rumah tangga digunakan kondensor dengan pendingin air. Jenis lain kondensor berpendingin air memiliki pipa-pipa dibersihkan (Ii, n.d.)

Kondensor berfungsi untuk mengembunkan atau mengkondensasikan refrigeran bertekanan tinggi dari kompresor. Pemipaan yang menghubungkan antara kompresor dengan kondensor dikenal dengan saluran buang (*discharge line*). Dengan demikian, pada kondensor terjadi perubahan fasa uap ke cair ini

selalu disertai dengan pembuangan kalor ke lingkungan. Pada kondensor berpendingin udara (*air cooled condenser*), pembuangan kalor dilakukan ke udara. Pada kondensor berpendingin air (*water cooled condenser*), pembuangan kalor dilakukan ke air (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290, 2020*)

2.4.1 Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor konduksi adalah perpindahan kalor tanpa disertai bagian-bagian zat perantaranya. Perpindahan panas secara konduksi dapat berlangsung pada benda padat, cair dan gas. Untuk zat cair dan gas, kondisi zat cair dan gas harus dalam keadaan diam atau tidak bergerak. Contoh perpindahan kalor secara konduksi dalam kehidupan sehari-hari misalkan sebatang besi yang ujungnya dipanasi dengan api, sehingga ujung satunya akan ikut menjadi panas

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

Dimana :

q = laju perpindahan panas (W)

k = konduktifitas thermal bahan (W/m.K)

$\frac{\Delta \tau}{\Delta X}$ = gradien suhu perpindahan kalor (-K/m)

A = luas penampang benda (m²)

2.4.2 Penyimpanan Sensibel

Prinsip penyimpanan panas sensibel dari energi termal dengan perubahan temperatur dalam keadaan padat atau cair. Perubahan material berbasis perubahan panas dan temperatur, penyimpanan material mengabsorpsi panas dengan mekanika perpindahan panas konvensional dari radiasi, konduksi dan konveksi. Seperti material dingin pada malam hari atau pada panas pada siang hari yang menyimpan panas yang dilepaskan dengan model yang sama. Pada saat mengabsorpsi panas, temperatur naik dan berubah menjadi hangat (Pielichowska dan

Pielichowski.2014). Kalor sensibel merupakan kalor yang dibutuhkan untuk

meningkatkan atau menurunkan temperatur suatu zat tanpa merubah fase zat.

Persamaan kalor sensibel

$$Q = m \cdot C$$

Dimana :

Q : Energi kalor yang dilepas/ diterima zat (J)

m : massa zat (kg)

Cp: kalor spesifik (J/kg.K)

ΔT : perubahan temperatur (K) (Holman,J.P.1997)

2.4.3 Perpindahan Kalor Konveksi

Perpindahan kalor konveksi adalah perpindahan kalor dengan disertai perpindahan molekul-molekul atau zat perantaranya. Dengan kata lain, perpindahan kalor konveksi membutuhkan media (fluida atau gas) untuk mengalirkan kalor. Contoh perpindahan kalor secara konveksi dalam kehidupan sehari-hari adalah saat proses merebus air.

Dimana :

q = laju perpindahan panas (W)

h = koefisien perpindahan panas konveksi W/(m².K)

A = luas permukaan yang bersentuhan dengan fluida (m²)

Ts = temperatur permukaan (K)

T_∞ = temperatur fluida yang mengalir dekat permukaan (K)

Perpindahan kalor secara konveksi terjadi pada udara atau fluida yang mengalir (zat cair dan gas). Perpindahan kalor konveksi tidak dapat berlangsung pada benda padat. Perpindahan kalor secara konveksi ada dua macam yaitu konveksi paksa dan konveksi bebas. Berikut penjelasan dan contoh dari keduanya.

Proses ini berlangsung didalam kondensor. Refrigeran yang bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi yang berasal dari kompresor akan membuang kalor sehingga fasanya berubah menjadi cair. Hal ini berarti bahwa di dalam kondensor terjadi pertukaran kalor antara refrigeran dengan lingkungannya (udara), sehingga panas berpindah dari refrigeran ke udara pendingin yang menyebabkan uap refrigeran mengembun menjadi cair. Besar panas per satuan massa refrigeran yang dilepaskan di kondensor dinyatakan sebagai:

$$Q_c = \dot{m}_{ref} (h_2 - h_3)$$

dimana :

Q_c = Besarnya panas dilepas di kondensor (kJ/kg)

\dot{m}_{ref} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_2 = Entalpi refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = Entalpi refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

2.5 Evaporator

Evaporator adalah tempat terjadinya perubahan fase refrigeran dari cair menjadi gas (penguapan). Pada saat proses perubahan fase, diperlukan energi kalor. Energi kalor diambil dari lingkungan evaporator (benda-benda padat ataupun cair yang ada di dalam evaporator mesin pendingin). Proses penguapan freon di evaporator berlangsung pada tekanan dan suhu tetap. Jenis evaporator yang banyak digunakan pada mesin pendingin adalah jenis permukaan datar, pipa-pipa dan pipa dengan sirip-sirip (Industri, 2016)

Evaporator adalah komponen pada sistem pendingin yang berfungsi sebagai penukar kalor, serta bertugas menguapkan refrigeran dalam sistem, sebelum dihisap oleh kompresor. Panas udara sekeliling diserap evaporator yang menyebabkan suhu udara disekeliling evaporator turun. Suhu udara yang rendah ini dipindahkan ketempat lain dengan jalan dihembus oleh kipas, yang menyebabkan terjadinya aliran udara (Ii, n.d.)

Evaporator adalah alat untuk mendidihkan atau menguapkan refrigerant didalam pipa-pipa dan kemudian mendinginkan fluida yang lewat di luar pipa tersebut. Evaporator yang mendidihkan refrigerant di dalam pipa biasa disebut evaporator ekspansi langsung (direct ekspansi evaporators). Evaporator ekspansi langsung yang digunakan untuk pengkondisian udara biasanya disuplai oleh katup ekspansi yang mengatur aliran cairan sedemikian, sehingga uap refrigerant meninggalkan evaporator dalam keadaan panas lanjut

Evaporator adalah komponen yang digunakan untuk mengambil kalor dari suatu ruangan atau suatu benda yang bersentuhan dengannya. Pada evaporator terjadi pendidihan (boiling) atau penguapan (evaporation), atau perubahan fase refrigeran dari cair menjadi uap. Refrigeran pada umumnya memiliki titik didih

yang rendah. Sebagai contoh, refrigeran 22 (R22) memiliki titik didih 41 °C. Dengan demikian, refrigeran mampu menyerap kalor pada temperatur yang sangat rendah (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290*, 2020).

Proses evaporasi (4-1) Proses ini berlangsung secara isobar isothermal (tekanan konstan, temperatur konstan) di dalam evaporator. Panas dari lingkungan akan diserap oleh cairan refrigeran yang bertekanan rendah sehingga refrigeran berubah fasa menjadi uap bertekanan rendah. Kondisi refrigeran saat masuk evaporator sebenarnya adalah campuran cair dan uap, seperti pada titik 4 dari gambar diatas Besarnya kalor yang diserap oleh evaporator adalah:

$$Q_e = \dot{m}_{ref} (h_1 - h_4)$$

Dimana :

Q_e = Besarnya panas yang diserap di evaporator (kJ/kg)

h_1 = Entalpi refrigeran saat keluar evaporator (kJ/kg)

h_4 = Entalpi refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

Selanjutnya, refrigeran kembali masuk ke dalam kompresor dan bersirkulasi lagi. Begitu seterusnya sampai kondisi yang diinginkan tercapai. Untuk menentukan harga entalpi pada masing-masing titik dapat dilihat dari tabel sifat-sifat refrigeran atau dengan bantuan software Refprop

2.5.1 Fungsi Evaporator

Evaporator merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan dari bentuk cair menjadi uap. Evaporator mempunyai dua prinsip dasar yaitu untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap yang terbentuk dari cairan. Evaporator umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu penukar panas, bagian evaporasi (tempat dimana cairan mendidih lalu menguap), dan pemisah untuk memisahkan uap dari cairan lalu dimasukkan ke dalam kondensor (untuk diembunkan atau kondensasi) atau ke peralatan lainnya

Fungsi dari evaporator ini adalah mengalirkan dan menyerap panas dari udara ke dalam ruangan refrigerant. Wujud cair dari refrigerant akan berubah menjadi gas setelah melalui pipa kapiler. Bisa disebut bahwa evaporator ini

merupakan sebuah komponen AC yang mempunyai fungsi sebagai penukar panas. Pada dasarnya udara yang berada di ruangan ber AC, diserap oleh evaporator dan masuk melalui sirip pipa kapiler sehingga suhu udara yang keluar dari sirip-sirip menjadi lebih rendah dari keadaan semula atau pada saat udara kondisi dingin (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290*, 2020).

2.5.2 Laju aliran kalor udara evaporator

$$Q_{udara} = \dot{m}_{ud\ evap} \times c_p \times (T_{in} - T_{out})$$

dimana :

Q_{udara} : Laju aliran kalor udara evaporator (kW)

$\dot{m}_{ud\ evap}$: Laju aliran massa udara evaporator (kg/s)

c_p : kalor spesifik (kJ/kg.K)

T_{in} T_{out} : kalor spesifik (kJ/kg.K)

T_{in} : temperatur udara pada sisi masuk evaporator dan dikoreksi pada temperatur T_{wb} ruang (kJ/kg)

T_{out} : temperatur udara pada sisi keluar evaporator dan dikoreksi pada temperatur T_{wb} ruang (kJ/kg)



Gambar 2.5 Evaporator

2.6 Pipa Kapiler

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Pipa kapiler merupakan suatu pipa pada mesin pendingin yang mempunyai diameter yang paling kecil jika dibandingkan dengan pipa-pipa lainnya. Jika pada evaporator pipanya mempunyai diameter 5 mm, maka untuk pipa kapiler berdiameter 2,5 mm. Fungsi pipa kapiler yaitu menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir di dalam pipa.

Ketika freon mengalir di dalam pipa kapiler terjadi penurunan tekanan freon dikarenakan adanya gesekan dengan bagian dalam pipa kapiler. Proses penurunan tekanan dalam pipa kapiler diasumsikan berlangsung pada entalpi konstan (proses yang ideal). Pada saat freon masuk ke dalam pipa kapiler, freon dalam fase cair penuh, tetapi ketika masuk evaporator fase freon berupa campuran fase cair dan gas. Kerusakan mesin pendingin paling banyak dijumpai pada pipa kapiler yaitu terjadi bocor dan tersumbat (Industri, 2016)

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Cairan refrigeran memasuki pipa kapiler tersebut dan mengalir sehinggatekanannya berkurang akibat dari gesekan dan percepatan refrigeran. Pipa kapiler hampir melayani semua sistem refrigerasi yang berukuran kecil, dan penggunaannya meluas hingga pada kapasitas regrigerasi 10kw. Pipa kapiler mempunyai ukuran panjang 1 hingga 6 meter, dengan diameter dalam 0,5 sampai 2 mm. Diameter dan panjang pipa kapiler ditetapkan berdasarkan kapasitas pendinginan, kondisi operasi dan jumlah refrigeran dari mesin refrigerasi yang bersangkutan. Konstruksi (Ii, n.d.)

Pipa kapiler merupakan komponen utama berfungsi menurunkan tekanan refrigerant dan mengatur aliran refrigerant menuju evaporator. Fungsi utama pipa kapiler ini sangat vital karena menghubungkan dua tekanan yang berbeda yaitu tekanan tinggi dan tekanan rendah. Refrigerant tekanan tinggi sebelum melewati pipa kapiler akan diubah atau di turunkan tekanannya. Akibat dari penurunan tekanan refrigerant menyebabkan penurunan suhu. Pada bagian inilah (pipa kapiler) refrigerant mencapai suhu terendah (terdingin). Pipa kapiler terletak diantara saringan (filter) dan evaporator. Ketika mengganti atau memasang pipa kapiler baru sebisa mungkin tidak bengkok karena dapat menyebabkan penyumbatan. Penggantian komponen pipa kapiler harus disesuaikan dengan diameter dan panjang pipa sebelumnya (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290*, 2020)

Pipa Kapiler merupakan salah satu komponen penting dalam sistem

refrigerasi, pipa kapiler melayani hampir semua sistem refrigerasi yang berukuran kecil, dan penggunaannya meluas hingga pada kapasitas refrigerasi 10 kW. Pipa kapiler umumnya mempunyai ukuran panjang 1 hingga 6 m, dengan diameter dalam 0,5 hingga 2 mm. Pada pipa kapiler cairan refrigeran memasuki pipa kapiler tersebut dan mengalir sehingga tekanannya berkurang disebabkan oleh gesekan dan percepatan refrigeran. Sejumlah cairan berubah menjadi uap ketika refrigeran mengalir melalui pipa ini (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290*, 2020)

2.7 Proses Pendinginan (Refrigerant)

Untuk terjadinya suatu proses pendinginan diperlukan suatu bahan yang mudah diubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya. Bahan pendingin ini disebut refrigeran. Refrigeran yaitu fluida atau zat pendingin yang memegang peranan penting dalam sistem pendingin. Refrigeran digunakan untuk menyerap panas melalui perubahan fase dari cair ke gas (evaporasi) dan membuang panas melalui perubahan fase dari gas ke cair (kondensasi). Refrigeran dapat dikatakan sebagai pemindah panas dalam sistem pendingin. Refrigeran mengalami beberapa proses atau perubahan fase (cair dan uap), yaitu refrigeran yang mula-mula pada keadaan awal (cair) setelah melalui beberapa proses akan kembali ke keadaan awalnya (Industri, 2016).

Refrigeran-22 Refrigeran ini biasa dilambangkan R-22 dan mempunyai rumus kimia CHClF_2 . R-22 mempunyai titik didih 41,4 F (5,22 C). Refrigeran ini telah banyak digunakan untuk menggantikan R-12, tetapi pada saat ini penggunaan refrigeran jenis ini dilarang untuk digunakan karena kurang ramah lingkungan (Industri, 2016).

Refrigeran atau dikenal dengan nama Freon yaitu fluida / zat pendingin yang memegang peranan penting dalam sistem pendingin. Pada mesin Refrigerator banyak digunakan refrigerant yang mengandung bahan kimia CFC (*Cloro Floro Carbon*), karena memiliki sifat stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun, dan kompatibel terhadap sebagian besar bahan komponen Refrigerator. Akan tetapi setelah mengetahui hipotesa bahwa CFC termasuk ODS (*Ozone Depleting Substance*), yaitu zat yang dapat menyebabkan kerusakan ozon. Sebagai

pengganti CFC telah banyak diciptakan refrigerant yang tidak merusak lingkungan, salah satunya HC (*Hidrocarbon*) yang memiliki beberapa kelebihan seperti ramah lingkungan, yang ditunjukkan dengan nilai ODP(*Ozon Depleting Potential*) nol, dan GWP(*Global Warming Potential*) yang dapat (Industri, 2016).

Untuk terjadinya suatu proses pendinginan diperlukan suatu bahan yang mudah dirubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya untuk mengambil panas dari evaporator dan membuangnya di kondensor, bahan pendingin ini disebut refrigeran. Karakteristik termodinamika refrigeran antara lain meliputi temperatur pengapan, temperatur pengembunan, dan tekanan pengembunan. Untuk keperluan suatu jenis pendinginan (misal untuk pendinginan udara atau pengawetan beku) diperlukan refrigeran dengan kualitas baik (Industri, 2016)

2.7.1 Pengisian Refrigeran

Pengisian refrigeran kedalam sistem harus dilakukan dengan baik dan jumlah refrigeran yang diisikan sesuai atau tepat dengan takaran. Kelebihan refrigeran dalam sistem dapat menyebabkan temperatur evaporasi yang tinggi akibat dari refrigeran tekanan yang tinggi. Selain itu dapat menyebabkan kompresor rusak akibat kerja kompresor yang terlalu berat dan adanya kemungkinan *liquid suction*. Sebaliknya bila jumlah refrigeran yang diisikan sedikit, dengan kata lain kurang dari yang ditentukan, maka sistem akan mengalami kekurangan pendinginan. Pemasangan Manifold untuk pengisian refrigeran (Ii, n.d.)

2.7.2 Fungsi Refrigeran

Freon atau refrigerant adalah senyawa kimia atau gas yang biasanya digunakan sebagai fluida untuk menyerap beban pendingin ruangan atau tempat-tempat lain yang ingin dikondisikan suhu udaranya. Karena termasuk dalam senyawa kimia atau gas, freon tidak memiliki warna dan juga tidak berbau. Terdiri dari berbagai jenis, mulai dari kadar tinggi hingga rendah. Dikarenakan fungsinya yang beragam, freon diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas berdasarkan

Refrigerant berfungsi sebagai fluida yang digunakan untuk menyerap panas dari udara pada ruangan sehingga suhu di dalam ruangan tersebut menjadi bersuhu rendah atau dingin. Penggunaan freon secara aman sangatlah dianjurkan. Zat freon ini sebenarnya tidak membahayakan lingkungan selama tidak terlepas

ke udara alias instalasi AC tidak mengalami kebocoran. Tapi jika instalasi bocor dan freon terlepas ke udara, maka akan menjadi racun jika terhirup oleh manusia. Akibatnya antara lain adalah keracunan kloroflourokarbon yang mengakibatkan pembengkakan tenggorokan, sakit tenggorokan, sesak nafas, penglihatan kabur, nyeri perut, irama jantung abnormal dan terganggunya sistem peredaran darah. Akibatnya antara lain adalah keracunan kloroflouro karbon yang mengakibatkan pembengkakan tenggorokan, sakit tenggorokan, sesak nafas, penglihatan kabur, nyeri perut, irama jantung abnormal dan terganggunya sistem peredaran darah (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290*, 2020)

2.7.3 Aliran massa udara

$$\text{evaporator } \dot{m}_{\text{ud evap}} = \rho_{\text{udara}} \times A \times V$$

dimana :

$\dot{m}_{\text{ud evap}}$: Laju aliran massa udara evaporator

(kg/s) : Massa jenis udara kg/m³

A : Luas penampang hembusan evaporator m²

V : Kecepatan udara melalui saluran udara evaporator m/s

2.8 Sensor Suhu

Sensor Suhu atau Temperature Sensor adalah suatu komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada obyek tertentu. Sensor suhu melakukan pengukuran terhadap jumlah energi panas/dingin yang dihasilkan oleh suatu obyek sehingga memungkinkan kita untuk mengetahui atau mendeteksi gejala perubahan-perubahan suhu tersebut dalam bentuk output Analog maupun Digital. Sensor

2.8.1 Sensor Thermostat

Termostat adalah suatu perangkat yang dapat memutuskan dan menyambungkan arus listrik pada saat mendeteksi perubahan suhu di lingkungan sekitarnya sesuai dengan pengaturan suhu yang ditentukan. Pada umumnya, Termostat yang digunakan saat ini dapat kita bedakan menjadi dua jenis utama yaitu Termostat Mekanikal dan Termostat Elektronik. Termostat Mekanikal pada

dasarnya merupakan jenis Sensor suhu Kontak (*Contact Temperature Sensor*) yang menggunakan prinsip *Electro-Mechanical* sedangkan Termostat Elektronik menggunakan komponen- komponen elektronika untuk mendeteksi perubahan suhunya. Perangkat pendeteksi.

Prinsip Kerja Termostat Strip Bimetal (*Bimetallic Strips Thermostat*) Sebuah Termostat mekanikal terdiri dari dua jenis logam yang berbeda danditempel bersama sehingga menjadi bentuk yang disebut dengan Bi-Metallic strip (atau Bi-Metal Strip). Dua Strip tersebut akan berfungsi menjadi jembatan untuk menghantarkan atau memutuskan arus listrik ke rangkaian sistem pemanas atau pendinginnya.

2.8.2 Sensor Thermistor

Komponen Elektronika yang peka dengan suhu ini pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan inggris yang bernama Michael Faraday pada 1833. Thermistor yang ditemukannya tersebut merupakan Thermistor jenis NTC (*Negative Temperature Coefficient*). Michael Faraday menemukan adanya penurunan Resistansi (hambatan) yang signifikan pada bahan Silver Sulfide ketika suhu dinaikkan. Namun Thermistor komersil pertama yang dapat diproduksi secara massal adalah Thermistor ditemukan oleh Samuel Ruben pada tahun 1930. Samuel Ruben adalah seorang ilmuwan yang berasal dari Amerika Serikat.

Thermistor adalah salah satu jenis Resistor yang nilai resistansi atau nilai hambatannya dipengaruhi oleh Suhu (Temperatur). Thermistor merupakan singkatan dari "*Thermal Resistor*" yang artinya adalah Tahanan (Resistor) yang berkaitan dengan Panas (Thermal).

Thermistor merupakan komponen yang dapat mengubah energi panas (suhu) menjadi hambatan listrik. Thermistor juga tergolong dalam kelompok Sensor Suhu (Industri, 2016)

Kelebihan Thermistor

- Level perubahan output yang tinggi
- Respon terhadap perubahan suhu yang cepat
- Perubahan resistansi pada kedua terminal (pin)

Kekurangan Termistor

- Tidak linier
- Range pengukuran suhu yang sempit
- Rentan rusak
- Memerlukan supply daya
- Mengalami self heating

2.9 Pompa Air

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk menaikkan tekanan cairan dari cairan bertekanan rendah ke cairan yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpindahan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau *suction* dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau *discharge* dari pompa.

Pulley

Pulley adalah bagian atau elemen mesin yang berfungsi mentransmisikan atau meneruskan tenaga dari poros satu ke poros lain memakai sabuk. Pulley bisa dibuat dari besi tuang, baja tuang atau baja yang dicetak, pulley pada umumnya terbuat dari besi tuang. Sistem pulley dengan sabuk terdiri dua atau lebih pulley yang dihubungkan dengan menggunakan sabuk. Sistem ini memungkinkan untuk memindahkan daya, torsi, dan kecepatan, bahkan jika pulley memiliki diameter yang berbeda dapat

V-belt berfungsi untuk memindahkan daya antara dua poros yang sejajar. Sebagian besar sabuk transmisi menggunakan sabuk “V”, karena mudah penanganannya dan harganya murah. Selain itu sistem transmisi ini juga dapat menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah (1 K. Rihendra Dantes² N. Arya Wigraha³, 2017)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat di laksanakan kegiatan rancang bangun ini JL.Platina Titi Papan Gg Tanjung Medan Deli

3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu mulai di tanggal saat di sahkan nya usulan judul penelitian oleh ketua program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera utara dan akan dikerjakan selama kurang lebih 6 bulan samapai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan

No	Uraian Kegiatan	Waktu (bulan)					
		Oktober	November	Desember	Januari	Februari	April
1s	Pengajuan Judul						
2	Studi Literature						
3	Desain alat						
4	Perakitan Alat						
5	Pengujian Alat						
6	Pengolahan Data						
7	Penulisan Laporan						
8	Seminar dan sidang						

3.2. Alat Dan Bahan

3.2.1. Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut

:

- Tang potong
- Tang amper
- Kabel NYM
- Obeng

3.2.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Sensor Suhu

Sensor Suhu adalah sebuah komponen dalam elektronika yang berfungsi untuk merespon perubahan suhu atau temperature disekitar komponen tersebut.



Gambar 3.1. Sensor Suhu

2. Freon R22

Freon R22 adalah *refrigerant* atau pendingin yang lebih baru dibandingkan pendingin di masa lalu.



Gambar 3.2. Freon r22

3. Pipa Kapiler

Pipa Kapiler adalah pipa yang memiliki diameter paling kecil jika dibandingkan dengan pipa-pipa lainnya.



Gambar 3.3. Pipa Kapiler

4. Kompresor

Kompresor adalah alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida mampu mampat, yaitu gas atau udara.



Gambar 3.4. *Kompresor*

5. Pipa AC

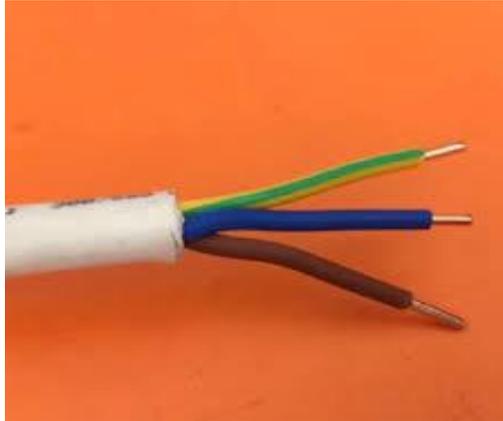
Pipa pada AC adalah seperti pembuluh darah pada manusia, berfungsi mengalirkan darah yang menjadi nyawa bagi tubuh manusia. Pada AC darah ini adalah Freon, zat yang berfungsi mendinginkan sebuah ruangan.



Gambar 3.5. Pipa AC

6. Kabel NYM

Kabel NYM adalah jenis kabel listrik yang berinti lebih dari satu, mulai dari 2 hingga 4. Jenis kabel NYM mempunyai dua lapisan isolasi, sehingga tingkat keamanannya jauh lebih baik daripada kabel NYA



Gambar 3.6. Kabel NYM

7. Tang Potong

Tang Potong atau disebut juga diagonal plier dalam bahasa Inggris, merupakan salah satu jenis *hand tool*. Yang berfungsi untuk memotong kabel, maupun mengupas kulit kabel.



Gambar 3.7. Tang Potong

8. Obeng

Obeng adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengencangkan atau mengendorkan baut.



Gambar 3.8. Obeng

9 Manipol

Manipol adalah Manifold gauge adalah sebuah komponen yang wajib dimiliki oleh seorang teknisi AC atau teknisi kulkas, alat ini digunakan untuk mengukur tekanan. Fungsi dari manifold gauge adalah untuk mengukur tekanan negatif maupun tekanan positif.



Gambar 3.9 Manipol

10. Amper Meter Digital

Amper meter adalah sebuah alat listrik alat ukur listrik digunakan untuk mengukur nilai arus listrik yang mengalir pada rangkaian tertutup.



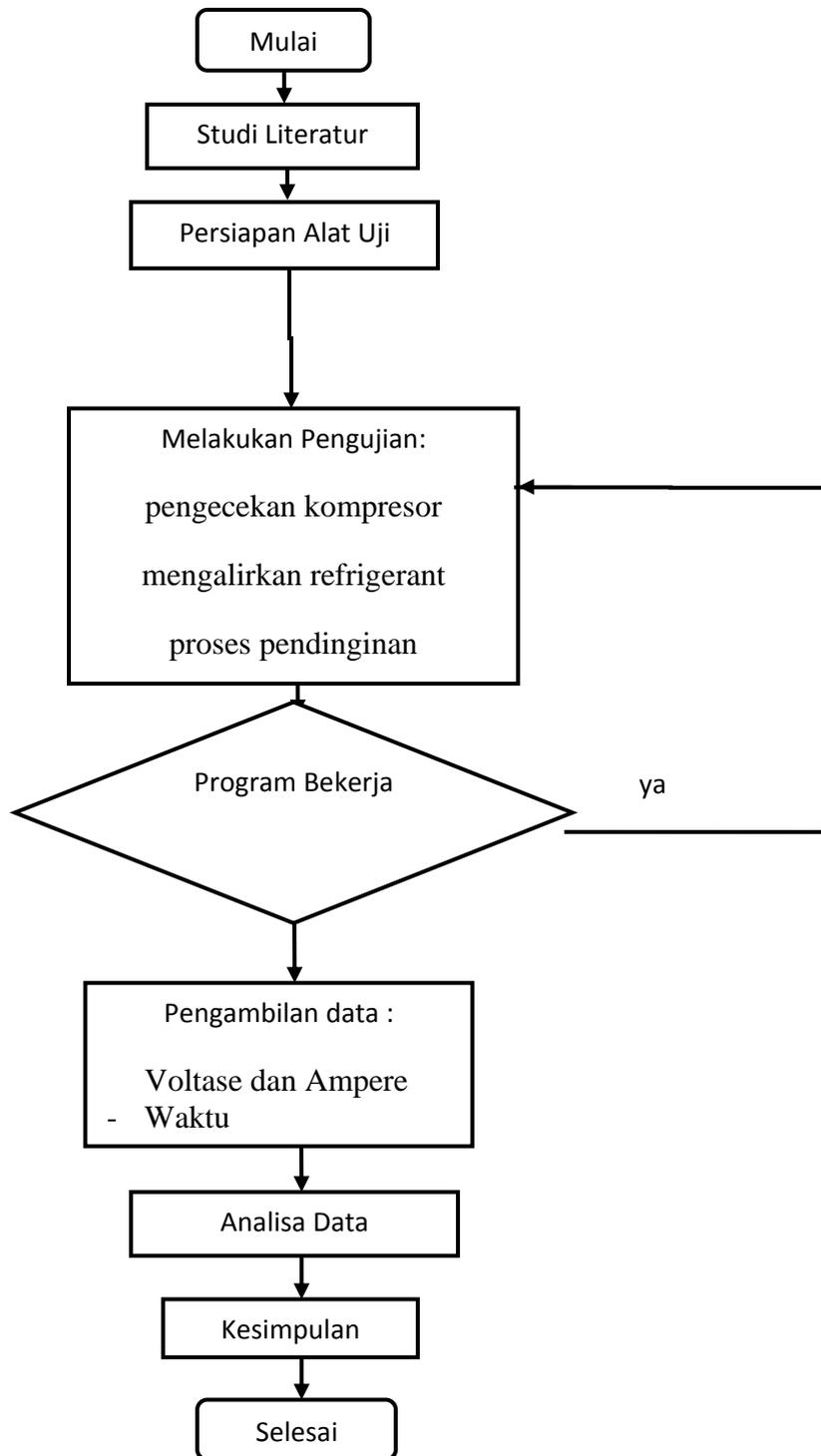
Gambar 3.10 Amper Meter Digital

Berikut adalah daftar bahan yang akan digunakan dalam proses perancangan evaporator otomatis dengan sistem mendinginkan menggunakan air garam

No	Nama Komponen	Jumlah	Satuan	Tipe/Merk
1	Sensor Suhu	1	Buah	-
2	Freon R22	1	Buah	-
3	Pipa Kapiler	1	Buah	-
4	Kompresor	1	Buah	-
5	Kabel	1	Buah	-
6	Tang Potong	1	Buah	-
7	Obeng	1	Buah	-
8	Manipol	1	Buah	-
9	Amper meter	1	Buah	-

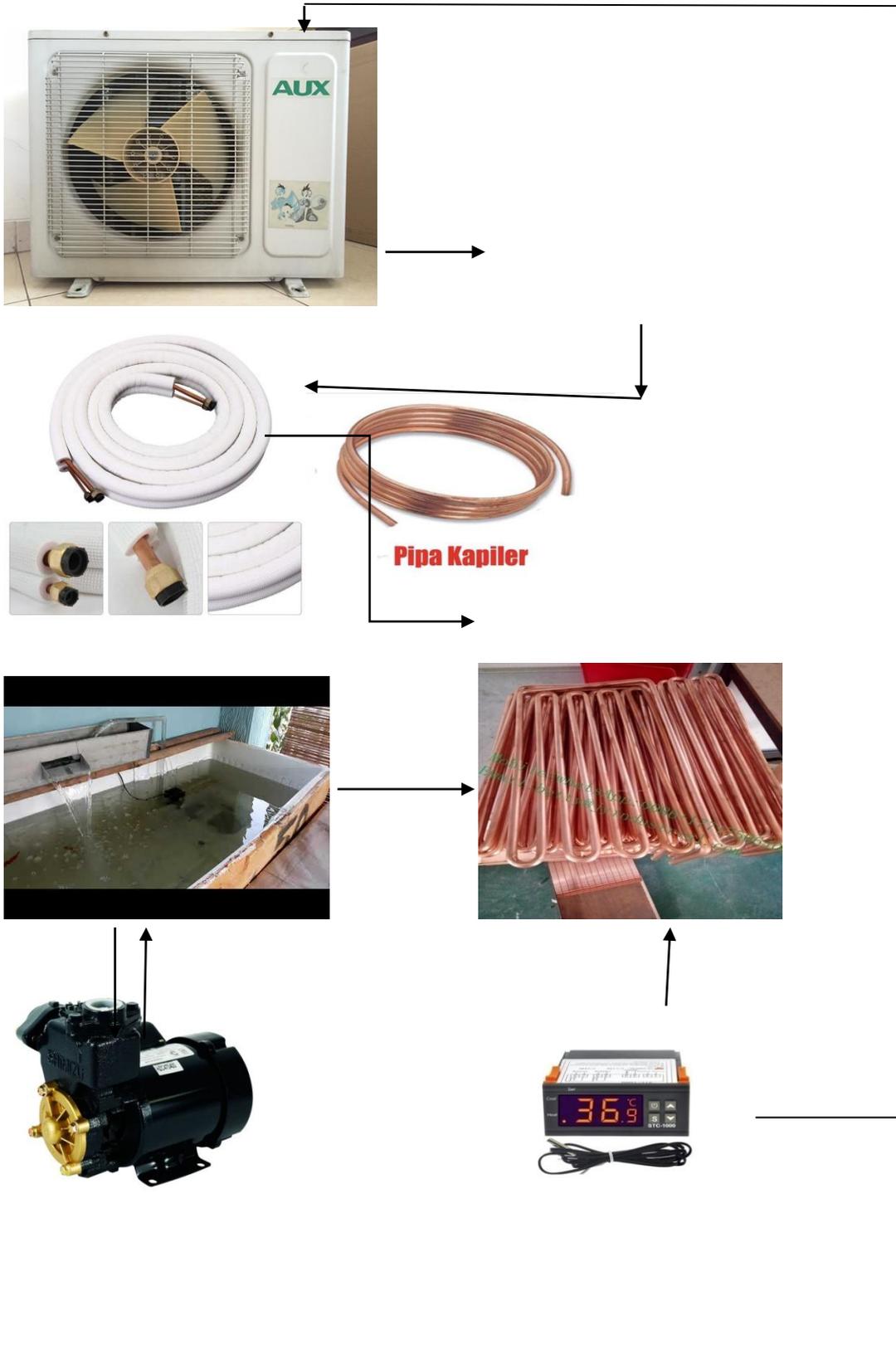
Tabel 3.2 Daftar Bahan Yang Digunakan Dalam Proses Perancangan

3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.11 Bagan Alir Penelitian

3.4 Skema rangkaian





Adapun prosedur penelitian yang dikerjakan adalah sebagai berikut:

1. Memasang kompresor (outdoor ac) ke jalur pipa ac
2. Memasang pipa kapiler ke pipa ac dengan cara pengelasan
3. Dari pipa kapiler lalu di pasang ke evaporator
4. Rakit evaporator di dalam box yang telah di sediakan
5. Isi box dengan air garam sebanyak yang di butuhkan
6. Pasang jalur pipa pompa air ke dalam box sehingga bisa menghasilkan air garam yang merata dengan bantuan pompa air
7. Pasang sensor suhu agar kita mengetahui sampai berapa derajat kedinginan yang di butuhkan dalam evaporator
8. Isi refrigeran sesuai tekanan yang di butuhkan
9. Cek amper pada kompresor, apakah amper normal atau tidak

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancangan Alat

Adapun hasil perancangan evaporator otomatis dengan sistem pendinginan menggunakan garam adalah sebagai berikut:

4.2 Pengujian Sistem Pendinginan Menggunakan Garam

Pengujian sistem pendinginan menggunakan garam, garam yang digunakan adalah garam dapur garam yang di campur dengan es memungkinkan titik beku lebih rendah dari pada ketika es hanya menggunakan air saja, kemampuan media pendinginan es yang di tambah garam dapat mempercepat penurunan temperatur sehingga dapat menghasilkan temperatur yang rendah. Dan garam juga mampu untuk mendinginkan hingga -30°C , hal ini sangat membantu air garam untuk mengupayakan proses pendinginan

Jumlah garam yang di tambah ke dalam air yang ada di dalam box tidak sembarang menaruh, apabila kebanyakan air proses pendinginan atau membeku nya es batu bisa sangatlah lama dan box dan air pun ikut membeku dan saat kita mengambil es batu evaporator pun bisa bocor karena evaporator ikut membeku dengan es batu tersebut, dan apabila pecampuram garam terlalu banyak juga tidak bisa menghasilkan es yang sempurna dan juga apabila pencampuran air garam terlalu banyak garam maka es batu yang di dalam box pun tidak akan membeku yang dimana karena kita kebanyakn pencampuran air garam tersebut.

Penambahan garam sebaiknya kita harus mengetahui berapa liter kemampuan box kita untuk menampung es batu tersebut, dalam perancangan alat saya box yang saya gunkan untuk kemampuan penampungan tersebut adalah 10 liter air, maka dari itu untuk pelarutan

garam tersebut ialah 4:1 yang di mana 4 liter air 1 kg garam dapur, yang berarti dalam box saya adalah 8 liter air 2 kg garam dan yang saya rakit dapat mencapai 120 menit untuk menghasilkan 16 kantong es batu yang sempurna.

Dan di atas sudah di jelaskan untuk perancangan box tersebut, sekarang kita menjelaskan mesin yang digunakan adalah kompresor 1 pk, kompresor berfungsi untuk menaikkan freon (dari tekanan rendah dan tekanan tinggi) kompresor bekerja menhisap sekaligus memmompakan refrigeran sehingga terjadi sirkulasi (putaran) refrigeran yang mengalir kepipa-pipa mesin pendingin, kompresor di kenal sebagai jantung dari suatu sistem refrigerasi dan digunakan untuk menghisap dan menaikkan tekanan uap refrigeran yang berasal dari evaporator . ketika kompresor bekerja refrigeran yang di hisap dari evaporator dengan suhu dan tekanan rendah dimanfaatkan ini di tekan keluar dari kompresor lalu di alirkan ke kondensor tinggi rendahnya suhu di kontrol oleh sensor thermostat Refrigeran yang di gunakan adalah R-22 pengisian refrigeran R-22 pada mesin ini adalah 20 psi.

Dari perancangan yang telah di buat adapun beban outdoor ac di kendalikan otomatis untuk mematikan outdoor ac apabila es batu sudah membeku. Maka sensor thermistor akan membaca dan memerintahkan untuk mematikan mesin outdoor ac

Adapun tabel hasil pengukuran amper,voltase,temperatur dari sensor tersebut pada saat beban di isi

WAKTU	VOLTASE	AMPER	TEMPERATUR
09.00	220 V	2.3	32.0°C
09.30	220V	2.3	23.0°C
10.00	220V	2.3	14.0°C
10.30	220V	2.3	-2°C

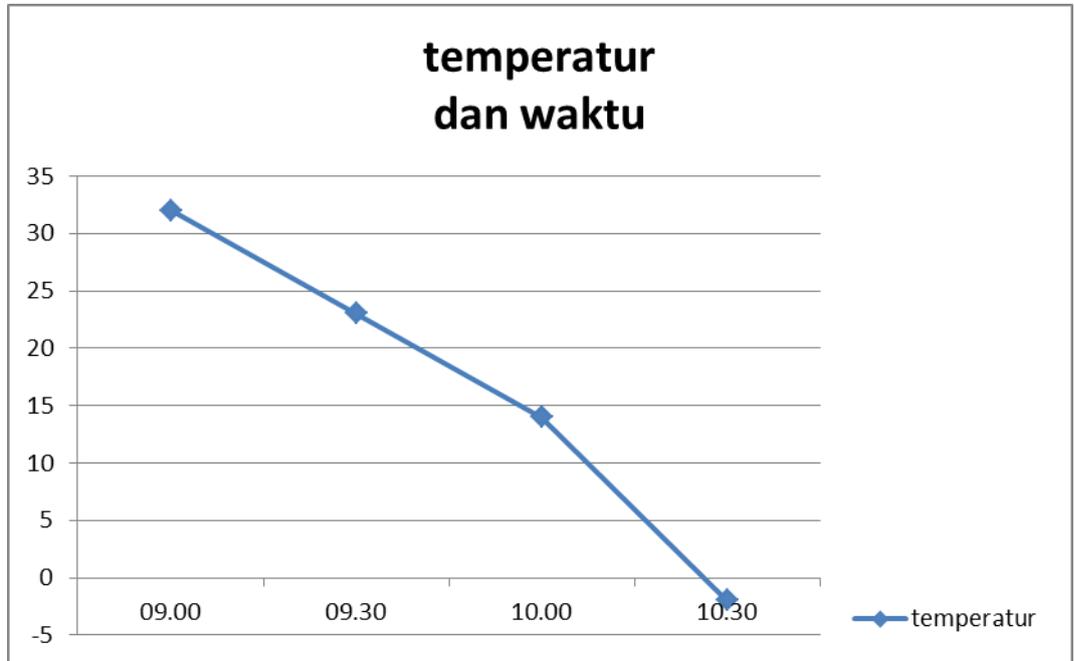
Tabel 4.1 pengujian pengukuran data

4.3 Pengujian sistem otomatis

Mesin es batu, akan di hidupkan dan di masukkan beban yaitu es batu dengan temperatur awal yaitu 32.0°C, setelah setengah jam berjalan maka temperatur mendapatkan 23.0°C, dan esbatu pun mulai sedikit mengeras, dan setelah mesin berjalan 1 jam maka temperatur pun mendapatkan 14.0°C dan es batu pun mulai semakin mengeras, dan setelah mesin berjalan 1,5 jam maka temperatur mendapatkan -2°C dan es batu pun mengeras dan dengan sendiri nya mesin es batu akan mati dengan sendiri nya karna thermistor sudah membaca bahwa es batu sudah mengeras

Grafik penurunan suhu air selama pengujian Skema pengujian

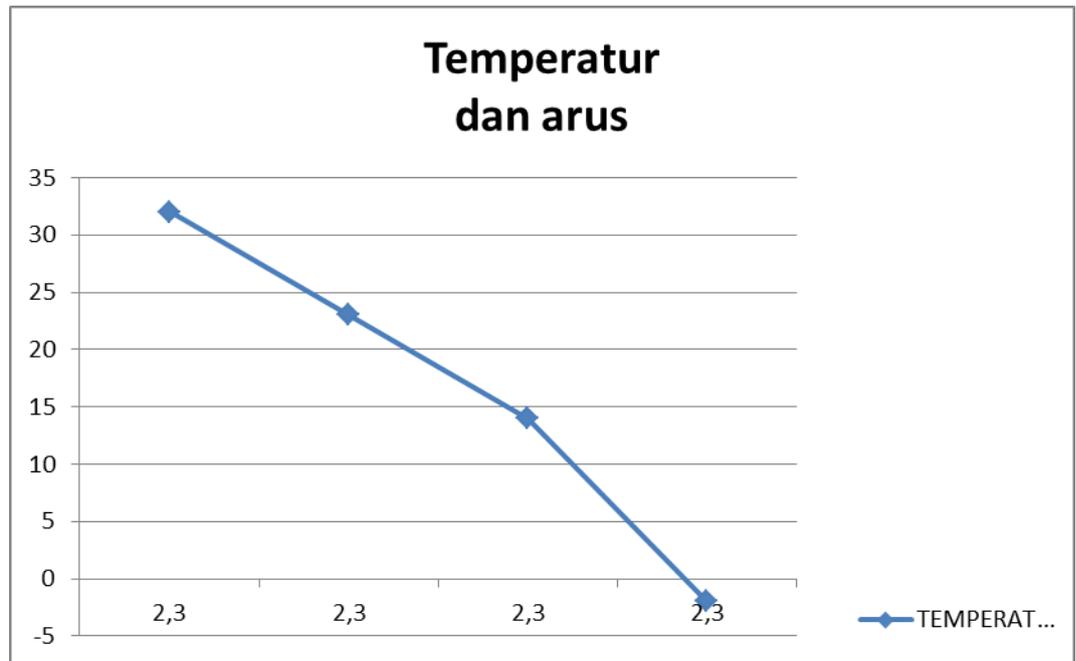
4.4 Temperatur dan waktu



Tabel 4.2 grafik pengukuran temperatur dan waktu

Dalam skema pengujian sudah di jelaskan pada waktu 09.00 temperatur yang di hasilkan adalah 32°C, setelah beberapa saat mesin di jalankan kurang lebih setengah jam maka temperatur turun sampai 23°C pada saat pukul 09.30, dan mesin berjalan sudah 1 jam kurang lebih maka pada pukul 10.00 kita mengecek kembali temperatur pun menurun hingga 14,0°C, dan mesin masih keadaan normal dan sudah berjalan kurang lebih 90 menit maka kita melakukan pengecekan kembali pada pukul 10.30 temperatur pun turun hingga -2°C

4.5 Temperatur dan arus



Tabel 4,3 grafik pengukuran temperatur dan arus

Dalam skema pengujian ini yang di ukur adalah temperatur dan arus pada saat temperatur 32°C arus yang di keluarkan adalah sebesar 2,3A dan masih bisa di bilang mesin sangat lah aman, dan pada saat temperatur 23°C arus yang di hasilkan masih lah tetap sama dan aman sebesar 2,3A yang artinya mesin masih dalam keadaan normal dan pada saat temperatur 14,0°C arus yang di hasilkan masih juga tetap 2,3A dan mesin pun masih dalam keadaan baik-baik saja dan pada saat temperatur -2°C arus yang di hasilkan masih tetap 2,3A dan mesin masih normal dan bisa di katakan untuk mesin layak di gunakan di karenakan amper yang di hasilkan tidak naik dan tidak turun.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Dalam membuat mesin pembeku es batu tercepat waktu yang di butuhkan pembekuan adalah 90 menit, dalam waktu 90 menit bisa menghasilkan 16 kantong es batu, pada mesin berjalan 30 menit suhu yng di hasilkan ialah 23°C, dan es batu batu sudah mulai mendingin dan pada 60 menit berjalan suhu yang di hasilkan ialah 14°C dan es batu melai membeku tetapi belum sempurna, setelah 90 menit berjalan dan suhu yang di hasilkan ialah -2°C dan es batu pun mulai membeku.
2. Garam yang di butuhkan untuk pelarutan atau penurunan titik pembekuan yang kita butuhkan adalah 1kg garam halus dan garam tersebut kita larutkan dengan air hingga merata sehingga air tidak ikut membeku karena adanya garam tersebut.
3. Suhu yang di inginkan sensor itu bisa kita atur dengan sendiri nya dan pada mesin ini kita mengatur suhu normal nya ialah 10°C-(-2°C) apabila suhu sudah mencapai -2°C maka dengan otomatis sensor akan bekerja memerintahkan si mesin agar mati.

5.2 Saran

1. Adapun saran dari perancangan evaporator otomatis dengan sistem pendinginan menggunakan garam yaitu.
2. Pada box penampungan yang di gunakan sebaiknya menggunakan yang ukuran lebih besar agar semakin banyak kantong es batu yang di hasilkan
3. Untuk pengembangan selanjutnya di harapkan ada pengembangan penelitian dari perancangan perancangan evaporator otomatis dengan sistem pendinginan menggunakan garam.

DAFTAR PUSTAKA

- Silaban, Esron Rudianto, Jurusan Teknik Mesin, and Fakultas Teknologi Industri, 'PENGARUH KINERJA KOMPRESOR PADA MESIN PENDINGIN', 4.1 (2018), 48–55
- Ii, B A B, 'Bab Ii Dasar Teori 2.1', 1–32
- Analisis Kinerja Evaporator Pada Ac Split 1/2 Pk Dengan Refrigeran R-22 Dan R-290*, 2020
- Variasi, Pengaruh, Panjang Pipa, Kapiler Yang, Dililitkan Pada, Line Suction, Prestasi Mesin, and others, 'Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember', 2015
- Purnawan, Adi, and Suarnadwipa I K G Wirawan, 'Analisa Performansi Sistem Air Conditioning Mobil Tipe ET 450 Dengan Variasi Tekanan Kerja Kompresor', 4.1 (2010), 26–30
- Chairbowo, Fajri, 'Rancang Bangun Dan Studi Eksperimen Alat Penukar Panas Untuk Memanfaatkan Energi Refrigerant Keluar Kompresor AC Sebagai Pemanas Air Pada ST / D = 8 Dengan Variasi Volume Air', 5.2 (2016)
- Hasmi, Farid, 'STUDI PERHITUNGAN PEMANAS AIR PENUKAR KALOR TIPE KOIL MEMANFAATKAN SUMBER PANAS SETELAH KOMPRESOR AC SPLIT 2PK TIPE KOIL MEMANFAATKAN SUMBER PANAS SETELAH KOMPRESOR PADA AC SPLIT 2PK', 2015

Ekadewi Anggraini handoyo, and Agus Lukito, 'Analisis Pengaruh Pipa Kapiler Yang Dililitkan Pada Line Suction', *Teknik*, 4.2 (2002), 94–98

1 K. Rihendra Dantes² N. Arya Wigraha³, 'RANCANG BANGUN MESIN POMPA AIR DENGAN SISTEM RECHARGING Oleh', *Jurusan Pendidikan Teknik Mesin*, 2 (2017)

universitas mercu buana jakarta, 'ANALISA KEBUTUHAN JENIS DAN SPESIFIKASI POMPA UNTUK SUPLAIR AIR BERSIH DI GEDUNG KANTIN BERLANTAI 3 PT ASTRA DAIHATSU MOTOR', *Teknik Mesin (Jtm)*, 3.7235 (2016)

Putu putra aditama, dewa made prasdwtananjaya, I kade yudi dwi Pratama, and mangala anoroga, 'SENSOR SUHU DALAM TELEMETRI BERBASIS IoT SISTEM KENDALI ANALOG', *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 061, 2020, 12–26

Di, Nelayan, and Pulau Sapudi, *ANALISA PENGGUNAAN CAMPURAN ES DAN KAPAL IKAN TRADISIONAL UNTUK ANALYSIS THE MIXED USE OF ICE AND SALT AS A FISH COOLER ON TRADITIONAL FISHING BOAT FOR FISHINGMAN IN SAPUDI ISLAND , MADURA*, 2016

Esparuling¹, Budiman Sudia², La Hasanuddin, 'STUDI EKSPERIMEN PENGARUH KECEPATAN PUTAR MESIN PENGGERAK KOMPRESOR PADA SISTEM KELISTRIKAN AC MOBIL', *Ilmiah Mahasisiwa Teknik Mesin*, 3.1 (2018), 1–11

Kurniaputri, Silvilia Wahyu, and Bambang Supriadi, 'ANALISIS VARIASI TIPE KONDENSOR AIR CONDITIONING (AC)', 2016, 293–98

Widiyono, Eddy, Gatot Dwi W, P Atria, and Dimas Wisnu Wardana, 'ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN GARAM DI MEDIA PENDINGIN AIR

TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA
BAJA KARBON AISI 1050', 2017, 2018, 245–50

Akhir, T. (2013). *Plagiat merupakan tindakan tidak terpuji.*

Siagian, S. (2017). *PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN PADA COLD
STORAGE UNTUK PENYIMPANAN IKAN TUNA PADA PT . X. 13, 139–
149.*

LAMPIRAN



Gambar 1

Merancang outdoor ac untuk di hubungkan ke pipa ac.

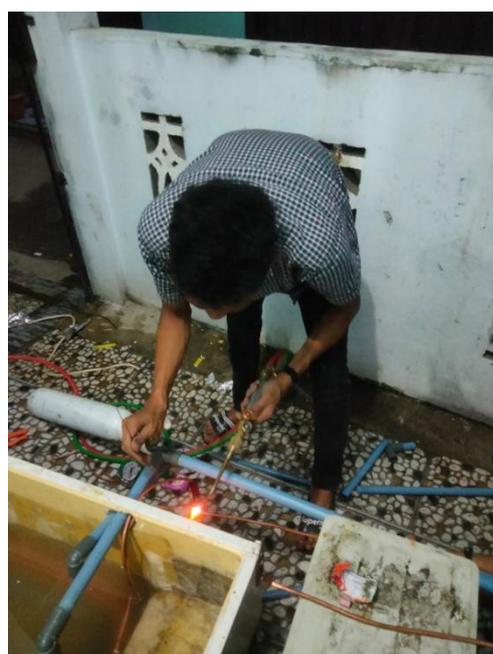


Gambar 2

Proses pengelasan pipa ac ke pipa kapiler.



Gambar 3
Merakit Evaporator.



Gambar 4
Proses menghubungkan pipa ac ke Evaporator.



Gambar 5

Perancangan pipa air ke dalam box.



Gambar 6

Proses pencampuran air garam.



Gambar 7
Merangkai sensor stc 1000.



Gambar 8
Memasang amper meter.



Gambar 9

Hasil akhir perancangan evaporator otomatis dengan sistem pendinginan menggunakan garam.



RIWAYAT HIDUP

DATA DIRI

Nama : Muhammad Fadlan Akhyar
Npm : 1707220018
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 10 Mei 1999
Jenis Kelamin : Laki Laki
Agama : Islam
Alamat : Jln. Platina titi papan gg. Tanjung medan deli
No Handphone : 082389757509
E-mail : muhammaddalamakhyar@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SD NEGRI 117476 (2005 – 2011)
SMP : SMP NEGERI 2 TORGAMBA (2011 – 2014)
SMA : SMK SINAR HUSNI (2014 – 2017)
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (2017-2022)

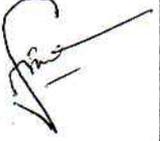
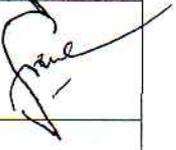
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan evaporator otomatis dengan sistem pendinginan menggunakan garam

Nama : M.Fadlan Akhyar

NPM : 1707220018

Dosen Pembimbing : Faisal Irsan Pasaribu ,ST,MT

NO	Hari/Tanggal	Catatan	Paraf
1	Kamis / 30 September 2021	<ul style="list-style-type: none">➤ Perbaiki tinjauan pustaka relevan➤ Kutipan citasi harus dari jurnal➤ Membuat awal judul huruf besar	
2	Selasa / 05 Oktober 2021	<ul style="list-style-type: none">➤ Tambahkan jurnal untuk citasi	
3	Rabu / 06 Oktober 2021	<ul style="list-style-type: none">➤ Tambahkan prinsip kerja dan gambar➤ Setiap teori harus di letakkan citasi jurnal➤ Rapikan flowchart➤ Membuat skema hasil dengan block diagram	
4	Sabtu / 09 Oktober 2021	<ul style="list-style-type: none">➤ Buat lembar asistensi bimbingan - Daftar pustaka	
5	Sabtu 9/10-2021	ACC Sempro !!!	
6			

Pembimbing


Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Perancangan Evaporator Otomatis Dengan Sistem Pendinginan Menggunakan Garam

Nama : Muhammad Fadlan Akhyar

NPM : 1707220014

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	13-01-2022	Lanjutan Bab IV, analisis data proses alat., perbaiki bab III terlebih dahulu.	
2.	20-01-2022	Gambarkan skema proses pendinginan beserta cara kerjanya	
3.	24-01-2022	Pengujian proses membran batu.	
4.	07-02-2022	Tambah Daftar Pustaka, abstrak setelah Bab IV selesai	
5.	09-02-2022	Perbaiki lagi Bab IV analisis datanya sesuaikan dengan Pranglingkup di Bab I	
6.	12-04-2022	ACC Seminar Hasil.	

Dosen Pembimbing



Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan Sistem Pengontrolan Pengisian Air Siap Minum Berbasis Arduino (Studi Kasus Bintang Asih)

Nama : M.Fadlan Akhyar

NPM : 1707220018

Dosen Pembimbing : Faisal Irsan Pasaribu ,ST,MT

NO	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Rabu, 13-4-2022	PATBanki bab IV dan PARikan	
2	Jum'at 15-4-2022	Analisa data Kurang langka	
3	Sabtu 16/4-2022	Absorbat, Daftar Pustaka	
4	Senin 18/4-2022	AEC untuk sidang Meja Hijau	
5			
6			
7			
8			

Pembimbing



Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,MT

PERANCANGAN EVAPORATOR OTOMATIS DENGAN SISTEM PENDINGINAN MENGGUNAKAN GARAM

Muhammad Fadlan Akhyar¹, Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T.²

^{1,2} Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. Kapt. Muctar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

e-mail: muhammadfadlanakhyar@gmail.com

Abstrak— Untuk mendapatkan suhu udara yang sesuai dengan yang diinginkan banyak alternatif yang dapat diterapkan, diantaranya adalah dengan menaikkan koefisien perpindahan kalor kondensasi dan dengan menambahkan kecepatan udara pendingin pada kondensor sehingga akan diperoleh harga koefisien prestasi yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan pembuatan es batu lebih cepat beku dalam kurun waktu 2 jam dan membekukan es sebanyak 16 kantong es. Adapun cara kerja alat tersebut yaitu dengan komponen utama adalah kompresor yang berfungsi untuk menaikkan tekanan freon dari tekanan rendah hingga tekanan tinggi, kompresor berkerja menghisap sekaligus memompa refrigerant sehingga terjadi sirkulasi refrigerant mengalir ke pipa pipa mesin pendingin, dan fungsi dari evapulator adalah tempat terjadinya perubahan fase refrigerant cair menjadi gas atau penguapa. Proses penguapan freon di evapulator berlangsung pada tekanan dan suhu tetap. lalu kemampuan media pendingin es yang ditambah garam dapat mempercepat penurunan temperatur sehingga akan menghasilkan temperatur akhir yang rendah dan berdampak positif terhadap upaya mempertahankan suhu.

Kata kunci : Refrigerant, Kompresor, Evapulator, Air Garam

Abstract— To get the desired air temperature, many alternatives can be applied, including increasing the condensation heat transfer coefficient and adding the cooling air velocity in the condenser so that a higher coefficient of performance will be obtained. This study aims to facilitate the manufacture of ice cubes to freeze faster within 2 hours and to freeze 16 bags of ice. As for how the tool works, the main component is a compressor which functions to increase the freon pressure from low pressure to high pressure, the compressor works to suck and pump refrigerant so that refrigerant circulation occurs to flow into the cooling machine pipes, and the function of the evapulator is where the phase change occurs. liquid refrigerant to gas or vaporizer. The process of freon evaporation in the evapulator takes place at a constant pressure and temperature. then the ability of the ice cooling medium added with salt can accelerate the temperature decrease so that it will produce a low final temperature and have a positive impact on efforts to maintain temperature.

Keywords : Refrigerant, Compressor, Evaporator, Brine

I. PENDAHULUAN

Pengondisian udara disebut juga sistem refrigerasi yang melaksanakan keadaan temperatur dan kelembapan udara. Dalam beroperasi sistem refrigerasi sangat membutuhkan fluida yang mudah menyerap dan melepas kalor, yang disebut refrigerant sedangkan AC merupakan proses pelepasan kalor dari suatu substansi dengan cara penurunan temperatur dan pemindahan panas ke substansi lainnya. Air merupakan kebutuhan penting dalam proses produksi dan kegiatan lain dalam suatu industri. i(Hasmi, 2015)

Siklus kompresi uap adalah sistem dimana fluida kerja mengalami proses penguapan dan pengembunan, serta proses kompresi dan ekspansi secara terus-menerus. Pada sistem ini terdapat dua alat penukar panas. Alat penukar panas yang pertama evaporator yang berfungsi menyerap panas

dari ruangan dan memindahkannya ke fluida kerja (refrigeran). Alat penukar panas yang kedua adalah kondensor yang berfungsi untuk memindahkan panas yang diterima oleh fluida kerja ke udara luar. Kemudian alat penukar panas yang ditambahkan penulis adalah water heater yang berfungsi untuk menyerap energy panas refrigerant keluaran kompresor. Secara skematis siklus kompresi uap yang diujikan(Chairbowo, 2016)

Secara umum, performansi sistem refrigerasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain, jenis refrigeran, beban pendinginan,refrigeran yang diisi dalam sistem, jenis kompresor, putaran kompresor, tekanan kerja sistem dll.sistem pengondisian udara (Air Conditioning) yang digunakan untuk mendinginkan udara ruangan. Penggunaan Air Conditioning(Purnawan & Wirawan, 2010).

Untuk mendapatkan suhu udara yang sesuai dengan yang diinginkan banyak alternatif yang dapat diterapkan, diantaranya adalah dengan menaikkan koefisien perpindahan kalor kondensasi dan dengan menambahkan kecepatan udara pendingin pada kondensor sehingga akan diperoleh harga koefisien prestasi yang lebih besar. Dengan kecepatan udara pendingin pada kondensor maka laju aliran massa akan menurun sehingga menyebabkan daya kompresor juga mengalami penurunan. Suatu pemikiran baru yang muncul adalah bagaimana jika kecepatan penggerak kompresor divariasikan sehingga jumlah putaran kompresor juga akan semakin besar. Fenomena ini menarik untuk dikaji apakah perubahan kecepatan kompresor akan mempengaruhi kinerja sistem pendingin kompresi uap (Esparuling1, Budiman Sudia2, 2018)

Pada siklus kompresi uap standar. Dalam sebuah mesin pendingin, refrigerant dialirkan dalam saluran pipa-pipa. Sebelum masuk kompresor, refrigerant dengan kondisi uap jenuh dikompresikan sehingga uap keluar kompresor menjadi uap panas lanjut. Uap tersebut mengalir pada bagian kondensor untuk melepaskan kalor ke lingkungan sehingga terjadi proses kondensasi. Uap berubah menjadi cair jenuh kemudian melewati dryer, selanjutnya menuju katup ekspansi dan mengalami penurunan sampai ke evaporator. Pada evaporator cairan dari katup ekspansi mengalami vaporasi sehingga berubah menjadi uap jenuh dan masuk ke dalam kompresor untuk dikompresikan. Siklus berjalan terus menerus sehingga di dapat temperatur yang diinginkan. Prinsip kerja mesin pendingin merujuk (Esparuling1, Budiman Sudia2, 2018)

II. STUDI PUSTAKA

Pada siklus pendingin ini terdapat empat komponen utama yaitu evaporator, kompresor, kondensor dan alat ekspansi. Evaporator merupakan suatu alat atau komponen pada sistem ac yang berperan sebagai penampung Freon yang sudah berubah bentuk menjadi kabut atau uap dingin. Saluran keluar evaporator yang masuk ke kompresor disebut sebagai line suction. Refrigerant (orang sering menyebut Freon) saat mengalir dalam evaporator dan line suction berada pada temperatur rendah (biasanya lebih rendah kira-kira 10-15⁰C dari temperatur ruangan yang didinginkan). Setelah keluar dari kompresor, refrigerant mengalir dalam kondensor dengan temperatur lebih tinggi kira-kira 10-15⁰C dari temperatur udara sekitar. Dengan demikian refrigerant ke luar kondensor dan masuk alat ekspansi (biasanya pipa kapiler) pada temperatur yang lebih tinggi dari pada di line suction. Kondisi ini membuat beberapa orang

tertarik (Ekadewi Anggraini handoyo & Agus Lukito, 2002). Kapasitas pendingin freezer tidak terlalu banyak berubah dengan melilitkan pipa kapiler ke line suction meskipun refrigerant melepas panas saat mengalir dalam pipa kapiler yang dililitkan pada line suction. Kemungkinan hal ini terjadi karena pipa kapiler juga menerima panas dari lingkungan maupun kompresor mengingat temperatur refrigerant saat keluar pipa kapiler (masuk evaporator) sangat rendah yaitu sekitar 15⁰C. Karena pipa kapiler dililitkan pada line suction maka titik 1 (suction kompresor) bergeser ke kanan, dimana saat seluruh pipa kapiler dililitkan ternyata titik 1 berada di daerah super panas, sedang keluaran kompresor lebih tinggi sedang enthalpy keluaran hampir sama, sehingga kerja kompresor lebih ringan. Entalpi paling tinggi saat seluruh pipa dililitkan sehingga daya input kompresor juga paling rendah pada kondisi itu. Karena kapasitas pendinginan sedikit meningkat dan daya input kompresor menurun saat pipa kapiler dililitkan pada line suction, maka COP freezer meningkat (Ekadewi Anggraini handoyo & Agus Lukito, 2002) Pengamatan pada waktu pendinginan air garam dalam ruang beban dilakukan mulai air garam mencapai 6⁰C hingga -3⁰C, dimana pengukuran dilakukan untuk penurunan tiap 1⁰C. Waktu pendinginan yang diperlukan bertambah dengan makin rendahnya temperatur air garam. Namun, terjadi sesuatu yang aneh dimana saat temperatur air garam turun dari 1⁰C menjadi 0⁰C dan dari 0⁰C menjadi -1⁰C, waktu yang diperlukan justru menurun dan kemudian untuk berikutnya meningkat kembali. Hal ini perlu diselidiki lebih lanjut. Pada skripsi ini tidak membahas lebih jauh karena diluar pembahasan pemakalah. Dengan melakukan hal ini, maka refrigerant saat masuk kompresor lebih super panas dan refrigerant saat masuk katup ekspansi (bisa pipa kapiler) dalam kondisi lebih sub-cooled. Kondisi ini berakibat kapasitas pendinginan mesin pendingin lebih besar. Dengan membuat kapasitas pendinginan lebih besar, maka waktu pendinginan tentunya akan lebih singkat (Ekadewi Anggraini handoyo & Agus Lukito, 2002).

A. Kompresor

Kompresor adalah suatu alat dalam mesin pendingin yang cara kerjanya dinamis atau bergerak. Kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan freon (dari tekanan rendah ke tekanan tinggi). Kompresor bekerja menghisap sekaligus memompakan refrigeran sehingga terjadi sirkulasi (perputaran) refrigeran yang mengalir ke pipa-pipa mesin pendingin. Kompresor yang sering dipakai pada mesin pendingin adalah jenis hermetik. Konstruksi dari kompresor jenis ini menempatkan motor listrik dengan komponen mekanik ada dalam satu rumah. Kompresor bekerja secara dinamis atau bergerak.

Pergerakannya dengan menghisap sekaligus memompa udara sehingga terjadilah sirkulasi (perputaran) udara yang mengalir dari pipa-pipa mesin pendingin. Fase refrigeran ketika masuk dan keluar kompresor berupa gas. Kondisi gas keluar kompresor berupa uap panas lanjut. Suhu gas refrigeran keluar dari kompresor lebih tinggi dari suhu kerja kondensor, demikian pula dengan nilai tekanannya. (Industri, 2016)



Gambar 1 Kompresor Rumahan

B. Air Garam

Garam yang dicampur dengan es memungkinkan titik beku lebih rendah daripada ketika es yang hanya terdiri dari air. Kemampuan media pendingin es yang ditambah garam dapat mempercepat penurunan temperatur, sehingga akan menghasilkan temperatur akhir yang rendah dan berdampak positif terhadap upaya mempertahankan suhu. Es yang tidak mengandung garam akan mencair lebih dahulu dibandingkan es yang mengandung garam, titik beku garam lebih rendah dari pada titik beku es yang tidak mengandung garam. Pada umumnya menggunakan garam untuk mempercepat proses pendinginan setelah ikan ditangkap. Garam dipilih karena harganya lebih terjangkau dan mudah mendapatkannya dipasaran. Garam dipilih karena mampu untuk mendinginkan lebih rendah dari 0°C bahkan garam mampu untuk mendinginkan hingga -30°C . Hal ini sangat membantu air garam untuk mengupayakan proses pendinginan. Jumlah garam yang ditambah dalam es minimal 2% dan maksimum 10% dari berat es batu yang digunakan. Penambahan garam lebih dari 10% akan menyebabkan es batu akan tidak membeku merata. Jumlah penambahan garam akan mempengaruhi titik lebur es, dimana semakin banyak jumlah garam yang ditambahkan maka titik lebur es semakin rendah (Di & Sapudi, 2016).



Gambar 2 Air Garam

C. Kondensor

Kondenser adalah alat yang berfungsi sebagai tempat kondensasi atau pengembunan freon. Pada kondenser berlangsung dua proses utama yaitu proses penurunan suhu refrigeran dari gas panas lanjut ke gas jenuh dan proses dari gas jenuh ke cair jenuh. Proses pengembunan refrigeran dari kondisi gas jenuh ke cair jenuh berlangsung pada suhu yang tetap. Saat kedua proses berlangsung, kondenser mengeluarkan kalor dan pada tekanan yang tetap. Kalor yang dilepaskan kondenser dibuang keluar dan diambil oleh udara sekitar. Kondensor yang sering dipakai pada mesin pendingin kapasitas kecil adalah jenis pipa dengan jari-jari penguat, pipa dengan pelat besi dan pipa-pipa dengan sirip-sirip. Pada umumnya jenis kondensor yang sering dipakai pada mesin pendingin adalah jenis (Industri, 2016). Kondensor berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair. Banyak jenis kondensor yang dipakai, untuk kulkas rumah tangga digunakan kondensor dengan pendingin air. Jenis lain kondensor berpendingin air memiliki pipa-pipa dibersihkan (Li, n.d.). Pemipaan yang menghubungkan antara kompresor dengan kondensor dikenal dengan saluran buang (*discharge line*). Dengan demikian, pada kondensor terjadi perubahan fasa uap ke cair ini selalu disertai dengan pembuangan kalor ke lingkungan.

D. Evaporator

Evaporator adalah tempat terjadinya perubahan fase refrigeran dari cair menjadi gas (penguapan). Pada saat proses perubahan fase, diperlukan energi kalor. Energi kalor diambil dari lingkungan evaporator (benda-benda padat ataupun cair yang ada di dalam evaporator mesin pendingin). Proses penguapan freon di evaporator berlangsung pada tekanan dan suhu tetap. Jenis evaporator yang banyak digunakan pada mesin pendingin adalah jenis permukaan datar, pipa-pipa dan pipa dengan sirip-sirip (Industri, 2016) Evaporator adalah alat untuk mendidihkan atau menguapkan refrigerant didalam pipa-pipa dan kemudian mendinginkan

fluida yang lewat di luar pipa tersebut. Evaporator yang mendidihkan refrigerant di dalam pipa biasa disebut evaporator ekspansi langsung (direct ekspansi evaporators). Evaporator ekspansi langsung yang digunakan untuk pengkondisian udara biasanya disuplai oleh katup ekspansi yang mengatur aliran cairan sedemikian, sehingga uap refrigerant meninggalkan evaporator dalam keadaan panas lanjut. Evaporator adalah komponen yang digunakan untuk mengambil kalor dari suatu ruangan atau suatu benda yang bersentuhan dengannya. Pada evaporator terjadi pendidihan (boiling) atau penguapan (evaporation), atau perubahan fase refrigeran dari cair menjadi uap. Refrigeran pada umumnya memiliki titik didih yang rendah. Sebagai contoh, refrigeran R22 memiliki titik didih 41 °C. Dengan demikian, refrigeran mampu menyerap kalor pada temperatur yang sangat rendah (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290*, 2020). Proses evaporasi (4-1) Proses ini berlangsung secara isobar isothermal (tekanan konstan, temperatur konstan) di dalam evaporator. Panas dari lingkungan akan diserap oleh cairan refrigeran yang bertekanan rendah sehingga refrigeran berubah fasa menjadi uap bertekanan rendah.



Gambar 3 Evaporator

E. Pipa Kapiler

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Pipa kapiler merupakan suatu pipa pada mesin pendingin yang mempunyai diameter yang paling kecil jika dibandingkan dengan pipa-pipa lainnya. Jika pada evaporator pipanya mempunyai diameter 5 mm, maka untuk pipa kapiler berdiameter 2,5 mm. Fungsi pipa kapiler yaitu menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir di dalam pipa. Ketika freon mengalir di dalam pipa kapiler terjadi

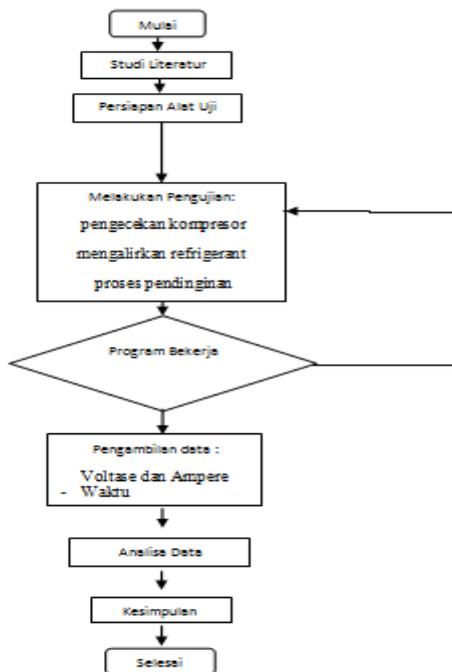
penurunan tekanan freon dikarenakan adanya gesekan dengan bagian dalam pipa kapiler. Proses penurunan tekanan dalam pipa kapiler diasumsikan berlangsung pada entalpi konstan (proses yang ideal). Pada saat freon masuk ke dalam pipa kapiler, freon dalam fase cair penuh, tetapi ketika masuk evaporator fase freon berupa campuran fase cair dan gas. Kerusakan mesin pendingin paling banyak dijumpai pada pipa kapiler yaitu terjadi bocor dan tersumbat (Industri, 2016). Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Cairan refrigeran memasuki pipa kapiler tersebut dan mengalir sehingga tekanannya berkurang akibat dari gesekan dan percepatan refrigeran. Pipa kapiler hampir melayani semua sistem refrigerasi yang berukuran kecil, dan penggunaannya meluas hingga pada kapasitas refrigerasi 10kw. Pipa kapiler mempunyai ukuran panjang 1 hingga 6 meter, dengan diameter dalam 0,5 sampai 2 mm. Diameter dan panjang pipa kapiler ditetapkan berdasarkan kapasitas pendinginan, kondisi operasi dan jumlah refrigeran dari mesin refrigerasi yang bersangkutan. Konstruksi (Ii, n.d.) Ketika mengganti atau memasang pipa kapiler baru sebisa mungkin tidak bengkok karena dapat menyebabkan penyumbatan. Penggantian komponen pipa kapiler harus disesuaikan dengan diameter dan panjang pipa sebelumnya (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290*, 2020). Pipa Kapiler merupakan salah satu komponen penting dalam sistem refrigerasi, pipa kapiler melayani hampir semua sistem refrigerasi yang berukuran kecil, dan penggunaannya meluas hingga pada kapasitas refrigerasi 10 kW. Pipa kapiler umumnya mempunyai ukuran panjang 1 hingga 6 m, dengan diameter dalam 0,5 hingga 2 mm. Pada pipa kapiler cairan refrigeran memasuki pipa kapiler tersebut dan mengalir sehingga tekanannya berkurang disebabkan oleh gesekan dan percepatan refrigeran. Sejumlah cairan berubah menjadi uap ketika refrigeran mengalir melalui pipa ini (*analisis kinerja evaporator pada ac split 1/2 pk dengan refrigeran R-22 dan R-290*, 2020).

III. METODE

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan melakukan perancangan evaporator otomatis dengan sistem pendinginan menggunakan garam di Kelurahan Titi Papan, Kecamatan Medan Deli, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Waktu pelaksanaan penelitian tugas

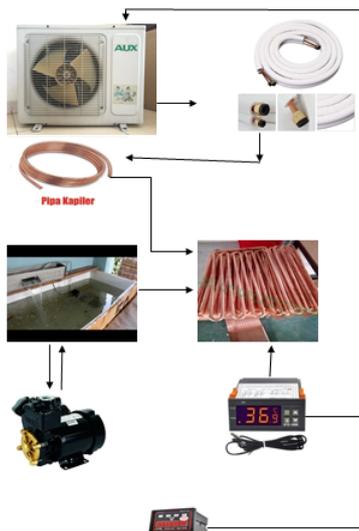
akhir ini berlangsung dimulai dari bulan 18 Oktober 2021 sampai 20 April 2022.



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Evaporator Pada Waktu Beku



Gambar 5 Rangkaian Evaporator Otomatis Dengan Sistem Pendinginan Menggunakan Garam

Dari perancangan yang telah di buat adapun beban outdoor ac di kendalikan otomatis untuk mematikan outdoor ac apabila es batu sudah

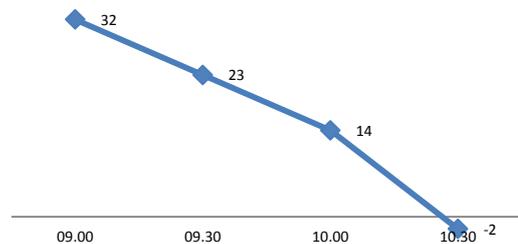
membeku. Maka sensor thermistor akan membaca dan memerintahkan untuk mematikan mesin outdoor ac. Adapun tabel hasil pengukuran amper,voltase,temperatur dari sensor tersebut pada saat beban di isi

Tabel 1 Hasil Pengukuran Pada Evaporator

Waktu	Tegangan	Arus	Suhu
09.00	220 V	2.3 A	32.0°C
09.30	220 V	2.3 A	23.0°C
10.00	220 V	2.3 A	14.0°C
10.30	220 V	2.3 A	-2°C

B. Hasil Pengujian Sistem Otomatis

Mesin es batu, akan di hidupkan dan di masukkan beban yaitu es batu dengan temperatur awal yaitu 32.0°C, setelah setengah jam berjalan maka temperatur mendapatkan 23.0°C, dan es batu pun mulai sedikit mengeras, dan setelah mesin berjalan 1 jam maka temperatur pun mendapatkan 14.0°C dan es batu pun mulai semakin mengeras, dan setelah mesin berjalan 1,5 jam maka temperatur mendapatkan -2°C dan es batu pun mengeras dan dengan sendiri nya mesin es batu akan mati dengan sendiri nya karna thermistor sudah membaca bahwa es batu sudah mengeras.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Suhu dengan Waktu

Dalam skema pengujian sudah di jelaskan pada waktu 09.00 temperatur yang di dihasilkan adalah 32°C, setelah beberapa saat mesin di jalankan kurang lebih setengah jam maka temperatur turun sampai 23°C pada saat pukul 09.30, dan mesin berjalan sudah 1 jam kurang lebih maka pada pukul 10.00 kita mengecek kembali temperatur pun menurun hingga 14,0°C, dan mesin masih keadaan normal dan sudah berjalan kurang lebih 90 menit maka kita melakukan pengecekan kembali pada pukul 10.30 temperatur pun turun hingga -2°C.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Dalam membuat mesin pembeku es batu tercepat waktu yang di butuhkan pembekuan adalah 90 menit, dalam waktu 90 menit bisa menghasilkan 16 kantong es batu, pada mesin berjalan 30 menit suhu yang di hasilkan ialah 23°C, dan es batu sudah mulai mendingin dan pada 60 menit berjalan suhu yang di hasilkan ialah 14°C dan es batu mulai membeku tetapi belum sempurna, setelah 90 menit berjalan dan suhu yang di hasilkan ialah -2°C dan es batu pun mulai membeku.
2. Garam yang di butuhkan untuk pelarutan atau penurunan titik pembekuan yang kita butuhkan adalah 1kg garam halus dan garam tersebut kita larutkan dengan air hingga merata sehingga air tidak ikut membeku karena adanya garam tersebut.
3. Suhu yang di inginkan sensor itu bisa kita atur dengan sendiri nya dan pada mesin ini kita mengatur suhu normal nya ialah 10°C (-2°C) apabila suhu sudah mencapai -2°C maka dengan otomatis sensor akan bekerja memerintahkan si mesin agar mati.

DAFTAR PUSTAKA

- Silaban, Eron Rudianto, Jurusan Teknik Mesin, And Fakultas Teknologi Industri, 'Pengaruh Kinerja Kompresor Pada Mesin Pendingin', 4.1 (2018), 48–55, B A B, 'Bab Ii Dasar Teori 2.1', 1–32
- Analisis Kinerja Evaporator Pada Ac Split 1/2 Pk Dengan Refrigeran R-22 Dan R-290*, 2020
- Variasi, Pengaruh, Panjang Pipa, Kapiler Yang, Dililitkan Pada, Line Suction, Prestasi Mesin, And Others, 'Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember', 2015
- Purnawan, Adi, And Suarnadwipa I K G Wirawan, 'Analisa Performansi Sistem Air Conditioning Mobil Tipe Et 450 Dengan Variasi Tekanan Kerja Kompresor', 4.1 (2010), 26–30
- Chairbowo, Fajri, 'Rancang Bangun Dan Studi Eksperimen Alat Penukar Panas Untuk Memanfaatkan Energi Refrigerant Keluar Kompresor Ac Sebagai Pemanas Air Pada St / D = 8 Dengan Variasi Volume Air', 5.2 (2016)
- Hasmi, Farid, 'Studi Perhitungan Pemanas Air Penukar Kalor Tipe Koil Memanfaatkan Sumber Panas Setelah Kompresor Ac Split 2pk Tipe Koil Memanfaatkan Sumber Panas Setelah Kompresor Pada Ac Split 2pk', 2015
- Ekadewi Anggraini Handoyo, And Agus Lukito, 'Analisis Pengaruh Pipa Kapiler Yang Dililitkan Pada Line Suction', *Teknik*, 4.2 (2002), 94–98
- 1 K. Rihendra Dantes2 N. Arya Wigraha3, 'Rancang Bangun Mesin Pompa Air Dengan Sistem Recharging Oleh', *Jurusan Pendidikan Teknik Mesin*, 2 (2017)
- Universitas Mercu Buana Jakarta, 'Analisa Kebutuhan Jenis Dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor', *Teknik Mesin (Jtm)*, 3.7235 (2016)
- Putu Putra Aditama, Dewa Made Prasdwtananjaya, I Kade Yudi Dwi Pratama, And Mangala Anoroga, 'Sensor Suhu Dalam Telemetri Berbasis Iot Sistem Kendali Analog', *Paper Knowledge . Toward A Media History Of Documents*, 061, 2020, 12–26
- Di, Nelayan, And Pulau Sapudi, *Analisa Penggunaan Campuran Es Dan Kapal Ikan Tradisional Untuk Analisis The Mixed Use Of Ice And Salt As A Fish Cooler On Traditional Fishing Boat For Fishingman In Sapudi Island*, Madura, 2016
- Esparuling1, Budiman Sudia2, La Hasanuddin, 'Studi Eksperimen Pengaruh Kecepatan Putar Mesin Penggerak Kompresor Pada Sistem Kelistrikan Ac Mobil', *Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 3.1 (2018), 1–11
- Kurniaputri, Silvilia Wahyu, And Bambang Supriadi, 'Analisis Variasi Tipe Kondensor Air Conditioning (Ac)', 2016, 293–98
- Widiyono, Eddy, Gatot Dwi W, P Atria, And Dimas Wisnu Wardana, 'Analisa Pengaruh Penambahan Garam Di Media Pendingin Air Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Aisi 1050', 2017, 2018, 245–50
- Akhir, T. (2013). *Plagiat Merupakan Tindakan Tidak Terpuji*.
- Siagian, S. (2017). *Perhitungan Beban Pendingin Pada Cold Storage Untuk Penyimpanan Ikan Tuna Pada Pt . X. 13*, 139–149.