

SKRIPSI

**KAJI EKSPERIMENTAL SISTEM PENDINGIN
ALAT PEMBUAT ES BATU MENGGUNAKAN
KATUP AC SPLIT**



DITA OVIANDA HELVIANSIA

03051182025006

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

SKRIPSI

**KAJI EKSPERIMENTAL SISTEM PENDINGIN
ALAT PEMBUAT ES BATU MENGGUNAKAN
KATUP AC SPLIT**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



DITA OVIANDA HELVIANSIA

03051182025006

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

KAJI EKSPERIMENTAL SISTEM PENDINGIN ALAT PEMBUAT ES BATU MENGGUNAKAN KATUP AC SPLIT

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

DITA OVIANDA HELVIANSKA

03051182025006

Pelembang, 05 Juni 2024

**Diperiksa dan Disetujui Oleh
Pembimbing**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D. .
NIP. 197112251997021001



Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 19600528 198903 1 002

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

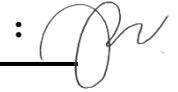
Agenda No.

: 100 / TM / Ak / 2024

Diterima Tanggal

: 20 Juni 2024

Paraf

: 

SKRIPSI

NAMA : DITA OVIANDA HELVIANSIA
NIM : 03051182025006
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : KAJI EKSPERIMENTAL SISTEM
PENDINGIN ALAT PEMBUAT ES BATU
MENGUNAKAN KATUP AC SPLIT
DIBUAT TANGGAL : 18 MEI 2023
SELESAI TANGGAL : 10 MEI 2024

Indralaya, 05 Juni 2024

Mengetahui,


Ketua Jurusan Teknik Mesin


Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D. †.
NIP. 197112251997021001

**Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi**



Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T,
NIP. 196005281989031002

HALAMAN PERSETUJUAN

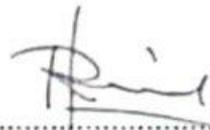
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Kaji Eksperimental Sistem Pendingin Alat Pembuat Es batu Menggunakan Katup AC Split ” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Mei 2024.

Palembang, 05 Juni 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph.D
NIP. 195606041986021001



(.....)

Sekretaris :

2. Dr. Astuti, S.T, M.T.
NIP. 197210081998022001



(.....)

Anggota :

3. Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri, Ph.D
NIP. 195802011984031002



Palembang, 05 Juni 2024

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
PALEMBANG

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D.
NIP. 197112251997021001



Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T,
NIP. 196005281989031002

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillahirobbilalamin puji syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan Rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat beserta salam kepada Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam, yang telah menuntun kita dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang.

Skripsi yang berjudul “Kaji Eksperimental Sistem Pendingin Alat Pembuat Es batu Menggunakan Modifikasi Katup AC Split” Universitas Sriwijaya, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa penuh terima kasih atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penulisan ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. IPP. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Gunawan, S.T., M.Eng. selaku Pembina Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Prof. Dr. Ir. H. Irwin Bizzy, M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi serta Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak sekali memberikan arahan, saran serta nasihat dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.

Seluruh tenaga pendidik dan kependidikan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu dan pelajaran yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.

Bapak Eli Marhansa dan Ibu Heli Asni yang telah mendidik dan merawat saya dengan penuh kasih sayang, serta saudara kandung Prita Andari Helviasni, Ogi Dwipa Helviansa dan Elsa Viona Helviasni yang penulis cintai dan sayangi.

Seluruh Sahabat penulis di lingkungan rumah, sekolah, dan perkuliahan terkhusus rekan-rekan Teknik Mesin 2020 yang selalu menemani penulis dan memberikan semangat untuk menyelesaikan masa perkuliahan.

Seluruh pihak yang telah mendukung penulis dalam pembuatan skripsi ini dan seseorang yang telah banyak ikut serta dalam menyemangati penulis dalam hal apapun terimakasih Tiara Permata Sari. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak bisa di sebutkan satu persatu.

Semoga segala kebaikan dan pertolongan semuanya mendapat berkah dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan wawasan penulis. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini akan sangat membantu. Akhirkata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Palembang, 05 Juni 2024



Dita Ovianda Helviansa
NIM.01551182025006

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dita Ovianda Helviansa

NIM : 03051182025006

Judul : Kaji Ekperimental Sistem Pendingin Alat Pembuat Es Batu
Menggunakan Katup AC Split

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 05 Juni 2024



Dita Ovianda Helviansa
NIM. 03051182025006

HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dita Ovianda Helviansa

NIM : 03051182025006

Judul : Kaji Ekperimental Sistem Pendingin Alat Pembuat Es Batu
Menggunakan Katup AC Split

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Palembang, 05 juni 2024



Dita ovianda Helviansa
NIM. 03051182025006

RINGKASAN

KAJI EKSPERIMENTAL SISTEM PENDINGIN ALAT PEMBUAT BALOK ES MENGGUNAKAN KATUP AC SPLIT

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 05 Juni 2024

Dita Ovianda helviansa, dibimbing oleh Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxxv + 75 halaman, 8 tabel, 33 gambar, 4 lampiran

RINGKASAN

AC split adalah sistem pendingin udara yang biasanya banyak digunakan pada ruangan berukuran kecil, sistem pendingin ini di rancang cukup sederhana terdiri dari peralatan indoor, outdoor, kompresor, dan alat ekspansi (Hajidavalloo, 2007). Dalam penerapan sistem refrigerasi yang paling mendasar pemanfaatan sistem pendingin salah satunya pembuatan es batu, contohnya pada bidang domestik misalnya seperti kulkas, freezer, dan AC. Sedangkan dalam bidang industri salah satunya pada produksi es batu, yang dimana nantinya akan di manfaatkan untuk mengawetkan makanan dan minuman. Dalam hal ini pembuatan sistem pendingin alat pembuat es batu bertujuan untuk memudahkan masyarakat kalangan menengah kebawah yang bergerak pada beberapa bidang yang membutuhkan batu es dengan jumlah yang cukup besar dengan harga yang masih terjangkau (Jilan dkk., 2021). Setiap peralatan memiliki umur pakai tertentu. Demikian pula pada peralatan AC split. Peralatan AC split yang sudah tidak digunakan dapat di manfaatkan kembali dengan cara memodifikasinya. Salah satunya, AC split bekas dapat dimodifikasi untuk pembuatan es batu dengan memanfaatkan indoor AC split sebagai media penghasil es batu. Untuk itu, maka akan di lakukan penelitian yang berjudul “Kaji Eksperimental Sistem Pendingin Alat Pembuat Es batu Menggunakan Katup AC Split”. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental (experimental research). Dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data hasil dari eksperimen yang di lakukan. Selanjutnya, melakukan studi literatur mencoba untuk menelaah dan mengumpulkan dari data-data yang terdahulu guna mendukung penelitian terkait. Dengan membuat kotak pembuat es batu dengan

menggunakan modifikasi katup ekspansi pada AC split. Pada saat proses pendinginan berlangsung akan di ukur temperatur dan tekanan pada beberapa titik. Temperatur dan tekanan dari refrigeran akan di ukur pada empat titik yaitu, pada panas yang diserap oleh evaporator (T_1, P_1), kerja kompresor (T_2, P_2), panas yang di lepas kondensor (T_3, P_3) dan katup ekspansi (T_4, P_4) dengan menggunakan alat ukur temperatur gauge dan pressure gauge. Pada saat proses pembekuan terjadi akan di ukur temperatur pada lima titik dalam kotak pendingin yaitu, terdapat 5 titik T_5, T_6, T_7, T_8 , dan T_9 yaitu temperatur masing masing pada setiap sudut kotak pendingin, pengukuran temperatur akan dilakukan setiap 20 menit dalam sekali percobaan, pembagian waktu ini bergantung pada lama proses pembekuan berlangsung sampai es batu membeku secara merata. Pengujian dilakukan pada kondisi temperatur lingkungan rata-rata 29°C dalam ruangan yang tertutup dan tidak menggunakan AC (Air Conditioner) mengabaikan pengaruh temperatur udara atmosfer. Katup ekspansi yang digunakan 1 (Satu) unit dan memiliki 3 (Tiga) jenis bukaan masing masing dengan spesifikasi berdasarkan ukuran diameter pipa kapiler, yaitu bukaan 50% dengan diameter (0,54 mm), bukaan katup 70% dengan diameter (0,70 mm), dan bukaan katup sebesar 100% dengan diameter (0,80 mm). Pada saat pengambilan data pada setiap diameter bukaan katup nilai besar arus listrik pada mesin pendingin sebesar 1,9A dan tegangan listrik yang dihubungkan ke sistem pendingin sebesar 205 Volt dengan temperatur ruangan 25°C dalam keadaan tidak ada sistem pendingin (AC). Besaran kerja input ke kompresor dari masing-masing bukaan pada katup ekspansi berubah-ubah, pada bukaan 50% dengan nilai 0,394 kW, pada bukaan 70% dengan nilai 390 kW dan pada bukaan 100% dengan nilai 386 kW. Besar panas yang dilepas oleh kondensor (Q_{out}) terendah berada pada bukaan ekspansi sebesar 100% atau dengan ukuran diameter pipa kapiler 0,80 mm yaitu 2,161 kW dan tertinggi berada pada jenis bukaan katup ekspansi 50% atau dengan ukuran diameter pipa kapiler sebesar 0,54 mm sebesar 2,383 kW. Besaran uap panas yang diserap oleh evaporator (Q_{in}) dengan masing-masing jenis bukaan katup ekspansi memperlihatkan titik terendah berada pada bukaan ekspansi sebesar 100% atau dengan diameter pipa kapiler 0,80 mm yaitu sebesar 1,774 kW dan tertinggi berada pada jenis bukaan katup ekspansi 50%

atau dengan ukuran diameter pipa kapiler sebesar 0,54 mm sebesar 1,989 kW. Temperatur rata-rata air garam dari beberapa titik pada kotak pendingin yang diukur terdapat lima titik yaitu T_5 , T_6 , T_7 , T_8 dan T_9 pada masing-masing jenis bukaan katup dari waktu ke waktu. Dapat dilihat pada bukaan katup ekspansi 50% (0,54 mm) dari temperatur air garam awal $22,2^{\circ}\text{C}$ dan setelah 120 menit sampai es batu membeku dengan merata temperatur air garam mencapai $-4,1^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada kedua jenis bukaan katup ekspansi lainnya dalam kurun waktu 120 menit pada bukaan 70% (0,70 mm) es batu belum membeku secara merata temperatur nya hanya mencapai -1°C dari temperatur awal $22,2^{\circ}\text{C}$ dan pada bukaan katup ekspansi 100% (0,80 mm) dalam kurun waktu 120 menit es batu belum sama sekali belum membeku temperatur hanya mencapai $9,9^{\circ}\text{C}$ dari temperatur air garam awal sebesar $22,2^{\circ}\text{C}$, dengan demikian sistem pendingin pembuat es batu bekerja paling efisien yaitu pada bukaan katup ekspansi 50% (0,54 mm). Coefficient of Performance (COP) nilai efisiensi kerja paling tinggi yaitu pada bukaan katup ekspansi 50% sebesar 5,048 dan nilai efisiensi kerja paling kecil yaitu pada bukaan katup ekspansi 100% sebesar 4,595. Dengan demikian efisiensi paling optimal Coefficient of Performance (COP) berada pada bukaan katup ekspansi 50% (0,54mm), karena dinilai bekerja dengan baik dalam menghilangkan panas pada sistem pendingin.

Kata Kunci : COP, Alat Pembuat Es Batu, Sistem Pendingin
Literatur : 20 (1996-2021)

SUMMARY

EXPERIMENTAL STUDY OF THE COOLING SYSTEM OF AN ICE BLOCK MAKING EQUIPMENT USING SPLIT AC VALVE

Scientific Writing in the form of a thesis, 05 June 2024

Dita Ovianda Helviansa, supervised by Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxxv + 75 pages, 8 tables, 33 figures, 4 attachment

SUMMARY

Split AC is an air conditioning system that is usually used in small rooms. This cooling system is designed quite simply and consists of indoor, outdoor equipment, compressor and expansion device (Hajidavalloo, 2007). In implementing the refrigeration system, the most basic use of the cooling system is making ice cubes, for example in the domestic sector, such as refrigerators, freezers and air conditioners. Meanwhile, in the industrial sector, one of them is the production of ice cubes, which will later be used to preserve food and drinks. In this case, the creation of a cooling system for the ice cube maker aims to make it easier for middle and lower class people who operate in several fields that require quite large quantities of ice cubes at an affordable price (Jilan et al., 2021). Each piece of equipment has a certain lifespan. Likewise with split AC equipment. Split AC equipment that is no longer used can be reused by modifying it. One of them, a used split AC can be modified to make ice cubes by using an indoor split AC as a medium for producing ice cubes. For this reason, research will be carried out entitled "Experimental Study of the Cooling System for Ice Cube Makers Using Split AC Valves". This research uses experimental methods (experimental research). By making direct observations to obtain data from the experiments carried out. Next, conducting a literature study tries to examine and collect previous data to support related research. By making an ice cube maker box using a modified expansion valve on the split AC. During the cooling process, the temperature and pressure will be measured at several points. The temperature and pressure of the refrigerant will be measured at four points, namely, the heat absorbed by the evaporator (T_1, P_1), the compressor work (T_2, P_2), the heat released by the condenser (T_3, P_3) and the

expansion valve (T_4, P_4) using a temperature gauge and pressure gauge. When the freezing process occurs, the temperature will be measured at five points in the cooling box, namely, there are 5 points $T_5, T_6, T_7, T_8,$ and T_9 , namely the temperature at each corner of the cooling box, temperature measurements will be carried out every 20 minutes in one experiment, this time division depends on how long the freezing process lasts until the ice cubes freeze evenly. The test was carried out at an average environmental temperature of 29°C in a closed room and did not use air conditioning, ignoring the influence of atmospheric air temperature. The expansion valve used is 1 (one) unit and has 3 (three) types of openings each with specifications based on the size of the capillary pipe diameter, namely 50% opening with a diameter of (0.54 mm), 70% valve opening with a diameter of (0.70 mm), and the valve opening is 100% of the diameter (0.80 mm). When collecting data on each valve opening diameter, the electric current value in the cooling machine was 1.9A and the electrical voltage connected to the cooling system was 205 Volts with a room temperature of 25°C in the absence of a cooling system (AC). The amount of work input to the compressor from each opening on the expansion valve varies, at 50% opening with a value of 0.394 kW, at 70% opening with a value of 390 kW and at 100% opening with a value of 386 kW. The lowest amount of heat released by the condenser (Q_{out}) is at 100% expansion openings or with a capillary pipe diameter size of 0.80 mm, namely 2.161 kW and the highest is at 50% expansion valve openings or with a capillary pipe diameter size of 0.54 mm of 2,383 kW. The amount of hot steam absorbed by the evaporator (Q_{in}) with each type of expansion valve opening shows that the lowest point is at an expansion opening of 100% or with a capillary pipe diameter of 0.80 mm, namely 1.774 kW and the highest is at an expansion valve opening type of 50 % or with a capillary pipe diameter of 0.54 mm equal to 1.989 kW. The average temperature of salt water from several points in the cooling box was measured at five points, namely T_5, T_6, T_7, T_8 and T_9 at each type of valve opening from time to time. It can be seen that when the expansion valve opens 50% (0.54 mm) the initial brine temperature is 22.2°C and after 120 minutes until the ice cubes freeze evenly, the brine temperature reaches -4.1°C , whereas in both types of expansion valve openings others, within a period of 120 minutes at 70% opening (0.70 mm) the ice cubes had not frozen evenly, the

temperature only reached -1°C from the initial temperature of 22.2°C and at 100% (0.80 mm) expansion valve opening in After 120 minutes the ice cubes had not frozen at all, the temperature only reached 9.9°C from the initial salt water temperature of 22.2°C , thus the ice cube maker cooling system worked most efficiently, namely at an expansion valve opening of 50% (0.54 mm). The highest coefficient of performance (COP) value is 5.048 at 50% expansion valve opening and the lowest work efficiency value is 4.595 at 100% expansion valve opening. Thus, the most optimal efficiency Coefficient of Performance (COP) is at an expansion valve opening of 50% (0.54mm), because it is considered to work well in removing heat in the cooling system.

Keywords : COP, Ice Cube Maker, Cooling System

Literature : 20 (1996-2021)

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS	xv
RINGKASAN.....	xvii
SUMMARY.....	xxi
DAFTAR ISI	xxiv
DAFTAR GAMBAR.....	xxvi
DAFTAR TABEL	xxviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxx
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Pembuatan Alat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pengkondisian Udara	5
2.1.1 Siklus Kompresi uap	6
2.1.2 Diagram Tekanan Dan Entalpi	6
2.2. Diagram Psikrometrik.....	9
2.2.1 Pendinginan dan pemanasan udara	11
2.2.2 Proses sensibel dan laten	11
2.5 Perpindahan Kalor	12
2.6 <i>Coefficient of Performance (COP)</i>	12
2.7 Proses Perubahan Fase.....	12
2.7.1 Proses Pengembunan (kondensasi).....	13
2.7.2 Proses Penguapan (Evaporasi).....	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian	15
3.2 Diagram Alir Penelitian	15
3.3 Alat dan Bahan.....	16
3.3.1 AC split.....	16

3.3.2	Katup Ekspansi Thermoelectrik.....	16
3.3.4	Pipa kapiler	17
3.3.5	Kotak pendingin <i>styrofoam</i>	18
3.3.6	Kompresor.....	18
3.3.8	Refrigeran R32.....	20
3.3.9	Saringan Pipa Kapiler	20
3.3.10	<i>Manifold Gauge</i>	21
3.3.11	Pemotong Pipa (<i>Tubing Cutter</i>).....	21
3.3.12	Pengembang pipa (<i>Flaring Tool</i>).....	22
3.3.13	Tang	22
3.3.14	Alat Las	22
3.3.15	Bahan Las.....	23
3.3.16	Pompa Vakum.....	23
3.3.17	Thermostat	24
3.3.18	Pompa	24
3.3.19	Termokopel Tipe K.....	24
3.3	Desain Alat Pembuatan Es batu	25
3.4	Prosedur Pengujian.....	27
3.5	Pengolahan Dan Analisis Data	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Hasil Pengujian	29
4.2	Pengolahan Data.....	32
4.2.1	Perhitungan Bukaan 50% (0,54 mm)	35
4.2.2	Perhitungan Bukaan 70% (0,70 mm)	37
4.2.3	Perhitungan Bukaan 100% (0,80 mm)	38
4.3	Analisis	40
4.4	Pembahasan	40
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN.....		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Kompresi Uap	6
Gambar 2.2 Diagram Tekanan Entalpi	6
Gambar 2. 3 Diagram Psikrometrik.....	10
Gambar 2. 10 Diagram p-h Tekana Entalpi R-32.....	13
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	15
Gambar 3. 2 AC Split	16
Gambar 3. 3 Katup Ekspansi Thermoelctrik	17
Gambar 3. 4 Evaporator.....	17
Gambar 3. 5 Pipa kapiler	18
Gambar 3. 6 Kotak Pendingin Styrofoam	18
Gambar 3. 7 Kompresor	19
Gambar 3. 8 Kondensor.....	19
Gambar 3. 9 Tabung Refrigeran R32	20
Gambar 3. 10 Saringan Pipa kapiler.....	20
Gambar 3. 11 <i>Manifold Gauge</i>	21
Gambar 3. 12 Pemotong Pipa (<i>Tubing Cutter</i>).....	21
Gambar 3. 13 Pengembang Pipa (<i>Flaring tool</i>)	22
Gambar 3. 14 Tang	22
Gambar 3. 15 Alat Las.....	23
Gambar 3. 16 Bahan Las Perak Perak	23
Gambar 3. 17 Pompa Vakum	23
Gambar 3. 18 Thermostat	24
Gambar 3. 19 Pompa Air.....	24
Gambar 3. 20 Termokopel Tipe K.....	25
Gambar 3. 21 Skema Pembuatan alat.....	25
Gambar 3. 22 Desain Alat Pembuat Es batu	26
Gambar 4. 1 Skema Titik Pemasangan Alat Ukr Tekanan Dan Temperatur ...	29
Gambar 4. 2 Besaran Entalpi (h) pada bukaan 50% (0,54 mm).....	33
Gambar 4. 3 Besaran Entalpi (h) pada bukaan 70% (0,70 mm).....	33
Gambar 4. 4 Besaran Entalpi (h) pada bukaan 100% (0,80 mm).....	34

Gambar 4. 5 Siklus Kompresi Uap diagram tekanan-entalpi (h).....	35
Gambar 4. 6 Grafik hubungan W_c , Q_{out} , Q_{in} dan COP dengan masing-masing bukaan katup ekspansi	41
Gambar 4. 5 Grafik Temperatur air garam pada kotak pendingin dari masing-masing bukaan katup ekspansi	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data hasil pengujian katup ekspansi bukaan 50% (0,54 mm).....	30
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian temperatur air garam pada kotak pendingin bukaan katup ekspansi 50% (0,54 mm)	30
Tabel 4. 3 Data hasil pengujian katup ekspansi bukaan 70% (0,70 mm).....	31
Tabel 4. 4 Data hasil pengujian temperatur air garam pada kotak pendingin bukaan katup ekspansi 70% (0,70 mm)	31
Tabel 4. 5 Data hasil pengujian katup ekspansi bukaan 100% (0,80 mm).....	30
Tabel 4. 6 Data hasil pengujian temperatur air garam pada kotak pendingin dengan bukaan katup ekspansi 100% (0,80 mm).....	32
Tabel 4. 7 Besaran entalpi (h) masing-masing jenis bukaan katup ekspansi..	34
Tabel 4. 5 Data Hasil Perhitungan W_c , Q_{out} , Q_{in} dan COP	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Hasil Perancangan sistem Pendingin	51
Lampiran 2. Dokumentasi Pengambilan Data	51
Lampiran 3. Dokumentasi Hasil Es batu Yang Dibekukan	52
Lampiran 4. Diagram p-h R32	53
Lampiran 5. Form Formulir Konsultasi Tugas Akhir	54
Lampiran 6. Hasil Akhir Similaritas (Turnitin)	55
Lampiran 7. Surat Pernyataan Bebas Plagiarisme	56
Lampiran 8. Surat Keterangan Pengecekan Similaritas	57
Lampiran 9. Form Pengecekan Format Tugas Akhir	58

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia termasuk dalam kategori negara yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 24 - 32°C, kelembaban udara 60% – 95%, dan memiliki kecepatan angin yang rendah. Adapun standar kebutuhan kenyamanan untuk daerah tropis lembab berkisar dengan batas 24°C, sehingga menyebabkan Indonesia tidak berada pada zona komposisi udara nyaman (Ntobuo & Yusuf., 2016).

AC split adalah sistem pendingin udara yang biasanya banyak digunakan pada ruangan berukuran kecil, sistem pendingin ini di rancang cukup sederhana terdiri dari peralatan indoor, outdoor, kompresor, dan alat ekspansi (Hajidavalloo, 2007).

Dalam penerapan sistem refrigerasi yang paling mendasar pemanfaatan sistem pendingin salah satunya pembuatan es batu, contohnya pada bidang domestik misalnya seperti kulkas, freezer, dan AC. Sedangkan dalam bidang industri salah satunya pada produksi es batu, yang dimana nantinya akan di manfaatkan untuk mengawetkan makanan dan minuman.

Dalam hal ini pembuatan sistem pendingin alat pembuat es batu bertujuan untuk memudahkan masyarakat kalangan menengah kebawah yang bergerak pada beberapa bidang yang membutuhkan batu es dengan jumlah yang cukup besar dengan harga yang masih terjangkau (Jilan dkk., 2021). Dalam siklus sistem kompresi sederhana terdapat empat proses yaitu, kompresi, kondensasi, ekspansi dan evaporasi. Perancangan pembuat es menggunakan metode katup ekspansi dengan memanfaatkan sistem pendingin telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir, metode dengan cara pendinginan dan pembekuan ini banyak di aplikasikan pada perancangan alat pendinginan dan pengawetan ikan hasil para nelayan (Priskania., 2023).

Setiap peralatan memiliki umur pakai tertentu. Demikian pula pada peralatan AC split. Peralatan AC split yang sudah tidak digunakan dapat di manfaatkan kembali dengan cara memodifikasinya. Salah satunya, AC split bekas dapat dimodifikasi untuk pembuatan es batu dengan memanfaatkan indoor AC split sebagai media penghasil es batu. Untuk itu, maka akan di lakukan penelitian yang berjudul “Kaji Eksperimental Sistem Pendingin Alat Pembuat Es batu Menggunakan Katup AC Split”.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian di atas, direncanakan Kaji Eksperimental sistem pendingin untuk membuat es batu menggunakan AC Split bekas dengan melakukan modifikasi katup ekspansi agar es batu bisa membeku secara cepat.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari Kaji Eksperimental dengan modifikasi katup ekspansi pada sistem pendingin pembuat es batu menggunakan modifikasi katup AC split, adalah:

1. Kompresor AC split yang digunakan 1 PK (paard kracht), (840 Watt) sebanyak 1 unit.
2. Refrigeran yang digunakan adalah tipe R32 (CH₂F₂).
3. Penurunan temperatur dan tekanan menggunakan katup ekspansi FD-LOK *needle valve*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Kaji Eksperimental mesin pendingin pembuat es batu dengan siklus kompresi uap digunakan untuk membekukan air pada permukaan yang datar.
2. Menganalisis unjuk kerja dari mesin pendingin es batu siklus kompresi uap.

1.5 Manfaat Pembuatan Alat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Menghasilkan mesin pembuat es batu dengan memanfaatkan mesin pendingin AC split.
2. Memberikan solusi kepada masyarakat khususnya para pengusaha UMKM.
3. Sebagai referensi bagi mahasiswa Teknik Mesin dalam Kaji Eksperimental mesin pembuat es batu dengan siklus kompresi uap.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengkondisian Udara

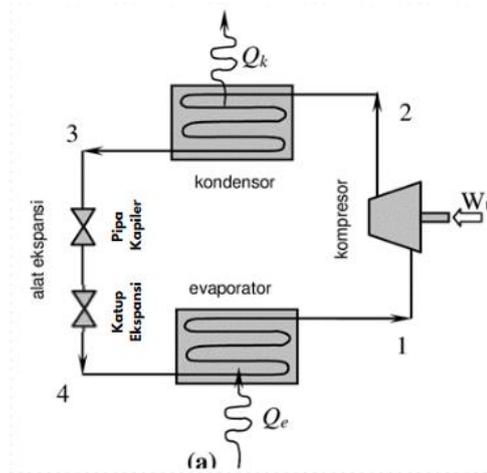
Sistem pengkondisian udara saat ini memegang peranan penting bagi aktivitas manusia dalam keseharian. Hal ini tercermin dari semakin meningkatnya penggunaan perangkat tersebut dalam berbagai bidang aktivitas manusia agar nyaman. Suatu sistem pengkondisian udara pada saat digunakan memerlukan energi listrik yang besar. Di sisi lain dengan semakin berkurangnya ketersediaan energi yang di iringi dengan bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan konsumsi energi yang semakin besar. Tanpa adanya AC, banyak aktivitas yang tidak dapat dilakukan secara normal, khususnya aktivitas yang dilakukan di dalam ruangan, seperti di gedung bertingkat, pabrik, rumah sakit, gedung perkantoran, dan hotel.

Prinsip kerja dasar AC hampir mirip dengan sistem refrigerasi, yaitu bekerja dengan cara menyerap kalor dari udara di dalam ruangan, yang kemudian akan dilepaskan di luar ruangan (Priatna & Bachtiar Krishna Putra., 2017). Berdasarkan insvestigasi kinerja sistem pendingin ini, didapat bahwa temperatur dari udara sekitar sangat berpengaruh pada kinerja komponen-komponen sistem pendingin. Beberapa tahun terakhir telah di lakukan pengembangan perangkat keras dan metodologi kontrol dalam upaya meningkatkan kinerja AC (Kamar dkk., 2013). Tujuan dari pengkondisian udara AC adalah untuk memberikan lingkungan yang nyaman bagi orang-orang yang berada di ruangan atau gedung tertentu.

AC tidak hanya berfungsi untuk memberikan efek pendinginan, selain itu penting juga untuk memberikan efek lingkungan yang nyaman. Pengkondisian udara yang nyaman adalah proses yang melibatkan penerapan tekanan termodinamika ke luar gedung untuk menyesuaikan temperatur, kelembaban, kebersihan, dan distribusinya untuk menyediakan lingkungan yang nyaman bagi orang-orang di dalamnya (Aziz., 2016).

2.1.1 Siklus Kompresi uap

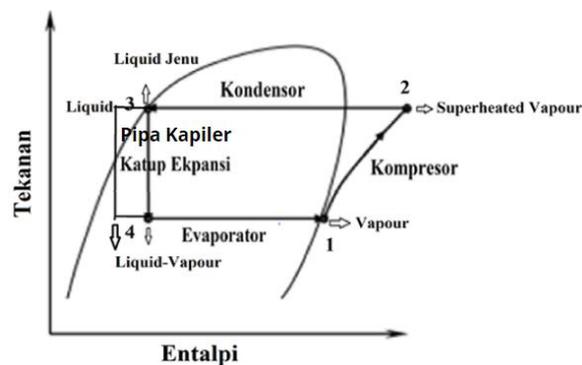
Siklus kompresi uap adalah siklus yang paling banyak digunakan dalam merealisasikan sistem-sistem pendingin. Siklus kompresi uap terdiri dari empat komponen utama, yaitu kompresor, kondensator, katup ekspansi, dan evaporator. Seperti yang di tunjukan pada gambar 2.1 (Aziz., 2016).



Gambar 2.1 Siklus Kompresi Uap (Aziz, 2016).

2.1.2 Diagram Tekanan Dan Entalpi

Siklus kompresi uap pada diagram tekanan dan entalpi (p-h diagram) mesin pendingin siklus kompresi uap yang telah dilakukan penambahan katup ekspansi pada siklus sistem pendingin ditunjukkan oleh Gambar 2.2 sebagai berikut :



Gambar 2.2 Diagram p-h Tekanan Entalpi (Aziz, 2016).

Dimana,

1. Proses 1-2 : Proses kompresi oleh kompresor

Dimana pada sistem ini refrigeran berbentuk gas atau uap jenuh yang dikompresi oleh kompresor sehingga terjadinya kenaikan tekanan dan temperatur akan di alirkan menuju ke kondensor untuk selanjutnya dilakukan proses kondensasi.

2. Proses 2-3 : Proses kondensasi oleh kondensor

Refrigeran dalam pipa yang memiliki temperatur tinggi ini akan di kondensasi dan ditiup oleh udara dari kipas melintasi kondensor yang menyebabkan kalor berpindah ke udara luar. Hal ini akan menyebabkan perubahan refrigeran atau fluida dari gas ke cair jenuh.

3. Proses 3-4 : Proses Ekspansi oleh katup ekspansi

Dimana kemudian refrigeran bertekanan dan bertemperatur tinggi akan mengalami penurunan tekanan dalam katup ekspansi yang di sebabkan oleh kerugian tekanan dan kecepatan aliran fluida yang tinggi.

4. Proses 4-1 : Proses penyerapan panas oleh evaporator

Refrigeran yang telah diserap evaporator sebagai uap yang panas akan di alirkan kembali ke kompresor. Pada fase ini refrigerant akan bercampur dalam bentuk cairan dan uap.

Kemudian saat terjadinya proses evaporasi refrigeran dalam evaporator pada ruang pendinginan berubah menjadi uap jenuh (Alleyne dkk., 2018).

Dalam mengetahui efisiensi unjuk kerja dari mesin pendingin berdasarkan diagram entalpi di atas di perlukan beberapa persamaan sebagai berikut :

1) Kerja Kompresor

Besarnya kerja kompresor pada massa refrigeran dapat dihitung dengan persamaan :

$$W_c = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (2.1)$$

Dimana,

W_c = besarnya kerja kompresor (kW)

\dot{m} = laju aliran massa udara, (kg/s)

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

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

2) Kalor yang dilepas Kondensor

Besarnya kalor yang dilepas kondensor dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{out} = \dot{m} (h_2 - h_3) \quad (2.2)$$

Dimana,

Q_{out} = besarnya kalor dilepas di kondensor (kW)

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

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

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

3) Katup Ekspansi

Penurunan tekanan dari katup ekspansi pada massa refrigeran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$h_3 = h_4 \quad (2.3)$$

Dimana,

h_3 = Entalpi refrigeran saat masuk katup ekspansi (kJ/kg)

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

4) Kalor yang diserap Evaporator

Besarnya kalor yang diserap evaporator dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_{in} = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (2.4)$$

Dimana,

Q_{in} = Besarnya kalor yang diserap di evaporator (kW)

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

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

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

5) *Coefficient of Performance (COP)*

COP dari siklus sistem pendingin didefinisikan oleh Persamaan:

$$\text{COP} = \frac{Q_{in}}{W_c} \quad (2.5)$$

Dimana,

Q_{in} = panas yang diserap evaporator (kW)

W_c = kerja kompresor (kW)

Persamaan ini telah digunakan untuk menghitung *COP*. Dari analisis ini nilai entalpi pada tekanan dan temperatur yang sesuai dapat dihitung dengan menggunakan diagram P-h (Veera Raghavalu & Govindha Rasu., 2018).

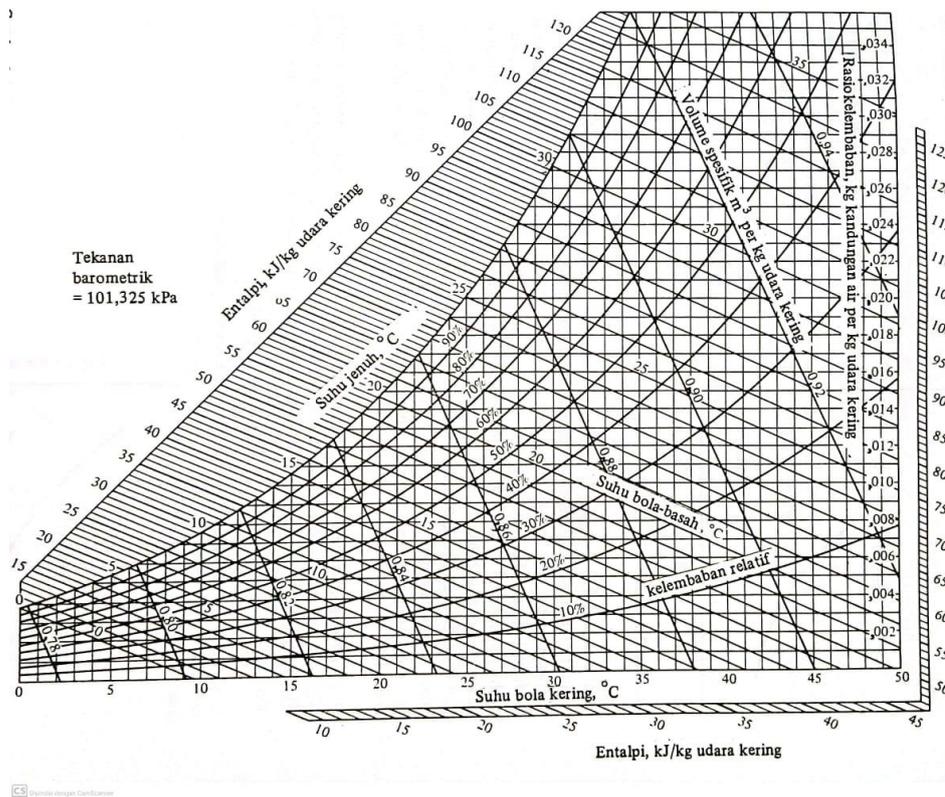
2.2. Diagram Psikrometrik

Diagram Psikrometrik adalah perhitungan dengan cara mengetahui sifat termodinamika udara lembab dan menggunakan grafik Psikometrik. Dengan melakukan perhitungan untuk berbagai proses yang terjadi di udara. Secara umum, ada 8 jenis proses yang terjadi pada proses sirkulasi, yaitu (Stoecker., 1996).

1. Pemanasan Sensibel adalah pada saat udara mengalami pemanasan tanpa perubahan uap air, terjadi ketika udara melewati koil pemanas.
2. Pemanasan dan humidifikasi adalah udara yang mengalami pemanasan dan penambahan uap air. Terjadi pada saat udara yang mengalami penyemprotan air lebih tinggi dari temperatur tabung udara kering.
3. Humidifikasi terjadi pada saat udara mengalami penambahan uap air dengan keadaan temperatur konstan.
4. Pendinginan sensibel dan humidifikasi adalah pada saat udara di semprot air alami sehingga mengalami pendinginan dan penambahan uap.
5. Pendinginan sensibel terjadi pada saat udara mengalami pendinginan dan penurunan tekanan ketika melalui koil pendingin tanpa adanya perubahan fase.

6. Pendinginan dan dehumidifikasi terjadi saat udara mengalami pendinginan dan pengurangan uap air yang di sirkulasi oleh koil pendingin.
7. Dehumidifikasi adalah saat udara mengalami pengurangan uap air dan temperatur udara kering dalam keadaan konstan.
8. Pemanasan dan dehumidifikasi terjadi pada saat udara mengalami pemanasan dan terjadi penguapan air saat menuju ke evaporator.

Di antara delapan proses tersebut, pendinginan dan dehumidifikasi adalah yang paling umum ditemukan dan diterapkan pada AC. Hal ini terjadi banyak di daerah tropis seperti Indonesia, dimana udara di sekitar seringkali lebih rendah temperatur dan kelembapannya dibandingkan udara di sekitarnya.



Gambar 2.3 Diagram Psikrometrik (Stoecker., 2009).

Diagram Psikrometri di atas menunjukkan grafik sederhana. Dimana garis mendatar di bagian bawah menunjukkan nilai entalpi atau udara kering. Sumbu vertikal di sebelah kanan yaitu rasio kelembaban udara HR (*Humidity ratio*), garis miring dari kiri ke arah kanan menunjuk temperatur bola basah,

kurva dalam grafik adalah skala kelembaban relatif, RH (*Relative humidity*). Rasio kelembaban ditentukan dengan persamaan yang berdasarkan entalpi dan volume spesifik (W).

$$W = \frac{\text{kg uap air}}{\text{kg udara kering}} = \frac{p_s V / R_s T}{p_a V / R_a T} = \frac{p_s / R_s}{(p_t - p_s) / R_a} \quad (2.6)$$

Dimana,

W = rasio kelembaban, (kg uap air/kg udara kering)

V = volume campuran udara-uap, (m^3)

p_t = tekanan atmosferik = $p_a + p_s$, (*atm*)

p_a = tekanan parsial udara kering, (kPa)

R_a = tetapan gas untuk udara kering = 287 (J/kg.K)

R_s = tetapan gas untuk uap-air = 461,6 (J/Kg.K)

T = temperatur absolut campuran udara (K)

p_s = tekanan parsial uap air dalam keadaan jenuh (kPa).

2.2.1 Pendinginan dan pemanasan udara

Selama proses pendinginan, udara akan mengalami proses penurunan temperatur pada tabung kering. Rasio pada kelembaban berubah, bertambah, berkurang atau tetap, tergantung pada kondisi refrigeran pendingin yang digunakan. Secara umum, jika udara didinginkan atau dipanaskan dari keadaan 1 ke 2.

2.2.2 Proses sensibel dan laten

Proses sensibel adalah Perpindahan refrigeran yang menerima kalor sensibel akan mengalami kenaikan atau penurunan temperatur sedangkan pada proses laten pada saat refrigeran menerima atau melepaskan kalor, akan mengalami perubahan temperatur, dengan demikian akan menyebabkan suatu

refrigeran berada pada titik jenuhnya sehingga terjadinya perubahan fase (Hisyam, 2016).

2.5 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor adalah ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan kalor pada material karena adanya perbedaan temperatur (panas/dingin). Hal itulah yang menyebabkan Perpindahan temperatur yang tinggi ke temperatur yang lebih rendah, dalam memahami konsep ini di perlukan pengetahuan tentang persamaan diferensial biasa/parsial.

Peristiwa ini akan banyak ditemukan dalam dunia industri, misalnya perpindahan uap kalor dari sebuah pipa ke udara atau pada pembuangan kalor pada pada sebuah pembangkit tenaga (Kreith., 2012). Berbagai jenis perpindahan kalor biasanya disebut sebagai mode perpindahan kalor. Ada tiga di antaranya: konduksi, konveksi, dan radiasi (Long & Sayma., 2009).

2.6 Coefficient of Performance (COP)

Koefisien kinerja sistem pendingin COP adalah rasio kalor yang dihasilkan dengan cara kerja menyuplai energi ke dalam suatu sistem. COP dapat di tingkatkan dengan dua cara yaitu dengan meningkatkan kalor yang diserap evaporator atau dengan cara mengurangi kerja dari kompresor (Veera Raghavulu & Govindha Rasu., 2018).

Perbandingan besarnya kalor yang diserap evaporator dengan kinerja utama kompresor merupakan sumber tepat dalam menentukan nilai COP. Dengan kata lain, dalam pengaplikasian nya juga dapat di artikan dengan istilah EER (*Energy Efficiency Ratio*) (Syahputra dkk., 2021).

2.7 Proses Perubahan Fase

Proses perubahan fase adalah proses dimana uap melepaskan kalor dari

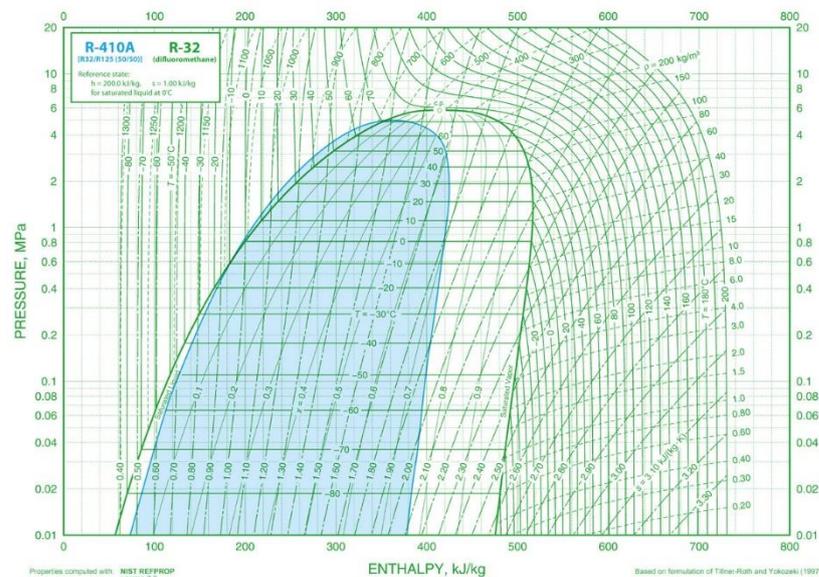
uap menjadi cair (terkondensasi). Proses tersebut terjadi saat refrigeran pada kondensor pada mesin pendingin melepaskan kalor, maka terjadilah perubahan fase pengembunan (gas ke cair) dan penguapan (cair ke gas).

2.7.1 Proses Pengembunan (kondensasi)

Proses pengembunan adalah proses dimana perubahan fase zat uap kalor menjadi zat cair jenuh, dimana pada fase ini terjadinya proses pelepasan kalor pada refrigeran yang akan di buang keluar melalui kondensor ke udara sekitar. Pada proses ini kondensor menjadi komponen yang paling berperan pada proses pengembunan di mesin pendingin.

2.7.2 Proses Penguapan (Evaporasi)

Proses penguapan adalah proses dimana fase zat cair di ubah menjadi uap. Pada proses ini evaporator berperan langsung dalam mengubah refrigeran dari fase cair menjadi gas pada sistem pendingin dengan cara menyerap langsung kalor dari udara sekitar yang diperlukan sebagai media pembantu pada saat mendinginkan refrigeran yang berupa air untuk di ubah wujud dari kalor menjadi es (Herman., 2012).



Gambar 2.10 Diagram Tekanan entalpi R-32 (Chemours., 2016).

BAB 3

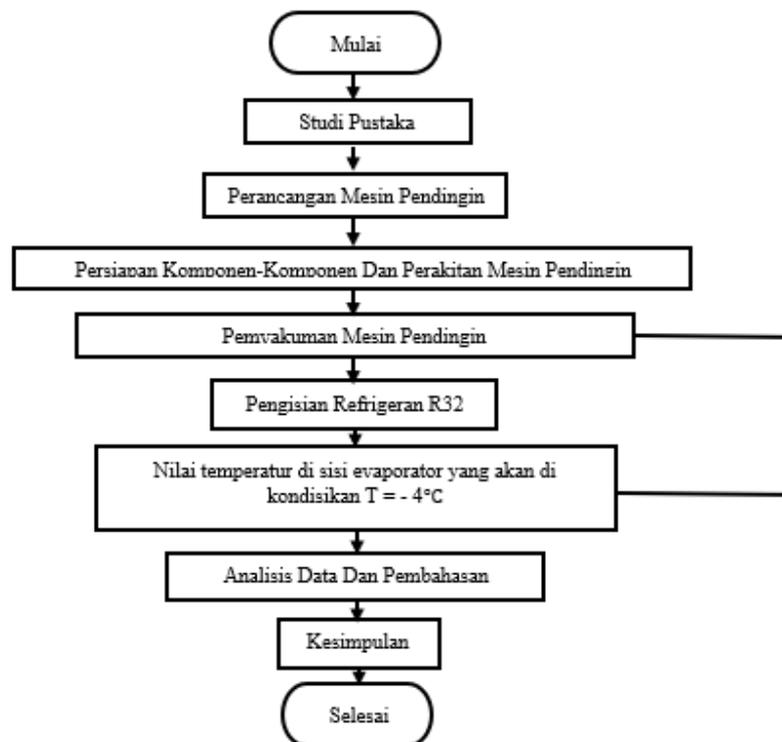
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental (*experimental research*). Dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data hasil dari eksperimen yang dilakukan. Selanjutnya, melakukan studi literatur mencoba untuk menelaah dan mengumpulkan dari data-data yang terdahulu guna mendukung penelitian terkait. Dengan membuat kotak pembuat es batu dengan menggunakan modifikasi katup ekspansi pada AC split.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan tugas akhir ini disajikan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Pada proses penelitian kali ini menggunakan alat dan bahan konstruksi sebagai berikut:

Bagian-bagian penting konstruksi pada mesin pendingin, yaitu:

3.3.1 AC split

AC yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan AC split bekas berkapasitas 1 pk dengan daya sebesar 840 Watt dan berdimensi 47 cm x 77 cm x 24 cm.



Gambar 3.2 AC split

3.3.2 Katup Ekspansi Thermoelectrik

Pada penelitian kali ini menggunakan modifikasi AC split dengan katup ekspansi tipe thermoelectrik, yang berfungsi sebagai pengontrol jumlah aliran dari refrigerant sebelum menuju ke evaporator. Katup ekspansi biasanya digunakan pada sistem pendingin komersial untuk mengukur aliran refrigeran antara kondensor dan evaporator dengan cara mengalirkan refrigerant bertekanan rendah di saluran masuk ke evaporator.

Sistem ini jarang digunakan dalam pemanfaatan sistem pendingin. Karena sudah terdapat komponen pipa kapiler sebagai alat penurun tekanan dan temperatur, penggunaan katup ekspansi bertujuan dalam meningkatkan efektivitas perpindahan kalor evaporator meningkat dan kompresor terlindungi

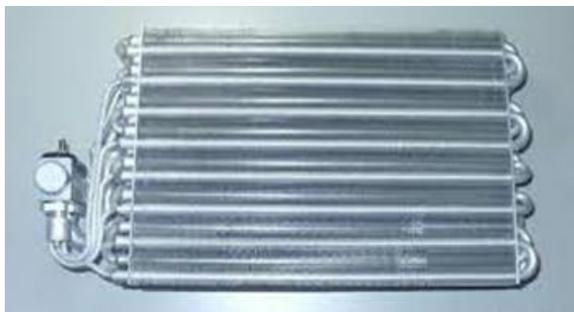
dari kerusakan akibat menelan refrigeran yang belum dioptimalkan (Eames dkk., 2014).



Gambar 3.3 Katup Ekspansi Themoelektrik

3.3.3 Evaporator

Evaporator berfungsi menyerap udara hangat dari sisi ruang yang akan di dinginkan kemudian akan dialirkan ke kompresor untuk di kompresi sehingga akan mengalami peningkatan temperatur dan tekanan, kemudian evaporator juga berfungsi sebagai komponen penghantar uap yang terbentuk dari refrigeran yang akan di buang ke udara sekitar.



Gambar 3.4 Evaporator

3.3.4 Pipa kapiler

Pipa kapiler memiliki kelebihan dan kekurangan, kelebihanya yaitu memiliki konstruksi yang kokoh, kualitas yang tidak mudah pecah dan harga yang terjangkau, hal ini tentunya akan sangat menguntungkan. Kekuranganya yaitu berbeda dengan katup ekspansi pipa kapiler tidak dapat disesuaikan dengan kondisi beban yang berubah, mudah ditembus oleh kotoran, dan hanya dapat

diterapkan pada sistem yang dilengkapi dengan peralatan kedap udara, dan memiliki potensi kesalahan yang lebih tinggi (Anwar dkk., 2010).

Pada penelitian kali ini menggunakan pipa kapiler (*Office Tube*) yang terbuat dari bahan tembaga dengan panjang 150 cm dan diameter pipa 0,54 mm, yang berfungsi membantu menurunkan tekanan pada refrigerant dan mengatur aliran refrigerant yang akan menuju ke evaporator.



Gambar 3.5 Pipa Kapiler

3.3.5 Kotak pendingin *styrofoam*

Pada pengujian kali ini kita kan menggunakan kotak pendingin yang berbahan busa yang biasa digunakan penjual ikan untuk menjaga ikan tetap segar dengan ukuran kapasitas 20 Liter dan dimensinya 34 cm x 53 cm x 38 cm.



Gambar 3.6 Kotak Pendingin *Styrofoam*

3.3.6 Kompresor

Kompresor adalah komponen yang berperan penting pada sistem pendingin, yang berfungsi sebagai pemompa refrigerator dan bertanggung jawab langsung pada saat terjadinya sirkulasi udara, dengan cara membuat dua

sirkulasi udara dengan tekanan yang berbeda. Selain itu kompresor juga berperan langsung membantu refrigeran mengubah refrigeran freon menjadi gas (udara) yang dingin dan begitu juga sebaliknya.



Gambar 3.7 Kompresor

3.3.7 Kondensor

Kondensor adalah sistem yang menerima uap bertekanan dan temperatur tinggi dari kompresor untuk di kondensasi dengan memanfaatkan energi udara luar. Tujuan dari kondensor adalah untuk mengubah refrigeran dari fase gas menjadi fase cair. Jenis kondensor yang akan digunakan pada perancangan mesin pembuatan es batu adalah kondensor Tube yang terdiri dari dua komponen penting yaitu sirip-sirip yang terdapat pada bagian luar kondensor AC (*fin*), berfungsi mengarahkan udara pada saat melewati bagian saluran kondensor dan saluran yang berbahan logam ringan seperti kuningan dan aluminium (*tube*), sebagai tempat bersikulasinya freon atau refrigeran yang dihubungkan dengan pipa pada komponen sistem pendingin.



Gambar 3.8 Kondensor

3.3.8 Refrigeran R32

Refrigeran merupakan suatu zat yang mengalir pada mesin pendingin atau mesin pengkondisian udara (AC). R32 (CH_2F_2) merupakan refrigeran tunggal yang terbentuk dari struktur kimia stabil antara Hidrogen, Karbon dan Fluor. Ciri-ciri R32 adalah tidak beracun dan mempunyai umur yang pendek antara 4 sampai 9 tahun setelah dilepaskan ke atmosfer bumi (Bahctiar & Hariyadi, 2020). Pada penelitian kali ini menggunakan refrigerant R32 yang bertekanan 140 Psi (*pounds per square inch*) berfungsi sebagai fluida yang bersirkulasi melalui sistem pendingin dan menimbulkan efek seperti pendinginan dan pemanasan pada sistem pendingin.



Gambar 3.9 Tabung Refrigeran R32

3.3.9 Saringan Pipa Kapiler

Saringan pipa kapiler yang digunakan pada penelitian kali ini berdiameter 19 mm dengan panjang 8,5 cm. Berfungsi menyaring atau menyerap debu yang akan masuk ke ruang pada pipa yang mengalir langsung menuju evaporator dan kapiler dan mencegah supaya pipa tidak tersumbat.



Gambar 3.10 Saringan Pipa Kapiler

Dalam pembuatan mesin pendingin digunakan beberapa peralatan penunjang kerja dalam pengambilan data, yaitu :

3.3.10 *Manifold Gauge*

Manifold gauge adalah sebuah alat yang berfungsi mengukur dan mengatur tekanan udara yang akan dialirkan ke pipa kapiler sebelum di buang oleh evaporator dalam bentuk uap. *Manifold gauge* juga berfungsi memeriksa tekanan pada sistem pendingin salah satunya pada kompresor, selain itu *manifold gauge* sering digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi adanya masalah atau gangguan pada sistem pending AC.



Gambar 3.11 *Manifold Gauge*

3.3.11 *Pemotong Pipa (Tubing Cutter)*

Tubing cutter berfungsi untuk memotong pipa pada mesin pendingin agar potongan yang dihasilkan rata dan tidak menimbulkan kotoran dari tembaga tidak banyak. Untuk memotong pipa *tubing cutter* dimasukan antara *roller* dan *cutting wheel* kemudian diputar sebesar 360°.



Gambar 3.12 *Pemotong Pipa (Tubing Cutter)*

3.3.12 Pengembang pipa (*Flaring Tool*)

Flaring tool fungsinya untuk mengembangkan ujung pipa agar dapat disambung dengan sambungan berulir.



Gambar 3.13 Pengembang Pipa (*Flaring Tool*)

3.3.13 Tang

Tang adalah alat yang biasa digunakan untuk mencengkeram, memotong dan memutar kawat atau kabel, selain itu tang berfungsi untuk menjapit pipa pada saat pengelasan dalam pembuatan mesin pendingin.



Gambar 3.14 Tang

3.3.14 Alat Las

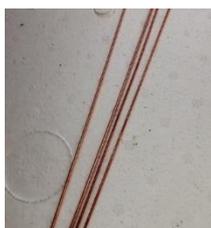
Alat las berfungsi untuk menyambungkan pipa-pipa pada mesin pendingin. Proses pengelasan sangat berpengaruh dalam upaya saat mencegah kebocoran pada pipa mesin pendingin.



Gambar 3.15 Alat Las

3.3.15 Bahan Las

Pada penelitian kali ini menggunakan bahan las yang berupa perak dan borak, karena di perlukan pada saat penyambungan pipa yang berbahan tembaga dan besi.



Gambar 3.16 Bahan Las perak dan borak

3.3.16 Pompa Vakum

Pompa vakum berfungsi untuk menghilangkan gas-gas berupa udara dan uap air dalam mesin pendingin yang nantinya akan menghambat kinerja mesin pendingin.



Gambar 3.17 Pompa Vakum

3.3.17 Thermostat

Thermostat berfungsi untuk mengontrol temperatur yang keluar, selain itu thermostat juga akan berfungsi mencegah keausan pada kompresor yang akan berakibat pada umur AC.



Gambar 3.18 Thermostat

3.3.18 Pompa

Pompa berfungsi dalam mensirkulasikan air garam pada kotak pendingin supaya tidak ikut membeku pada saat proses pendinginan es batu terjadi.



Gambar 3.19 Pompa Air 7 Watt

3.3.19 Termokopel Tipe K

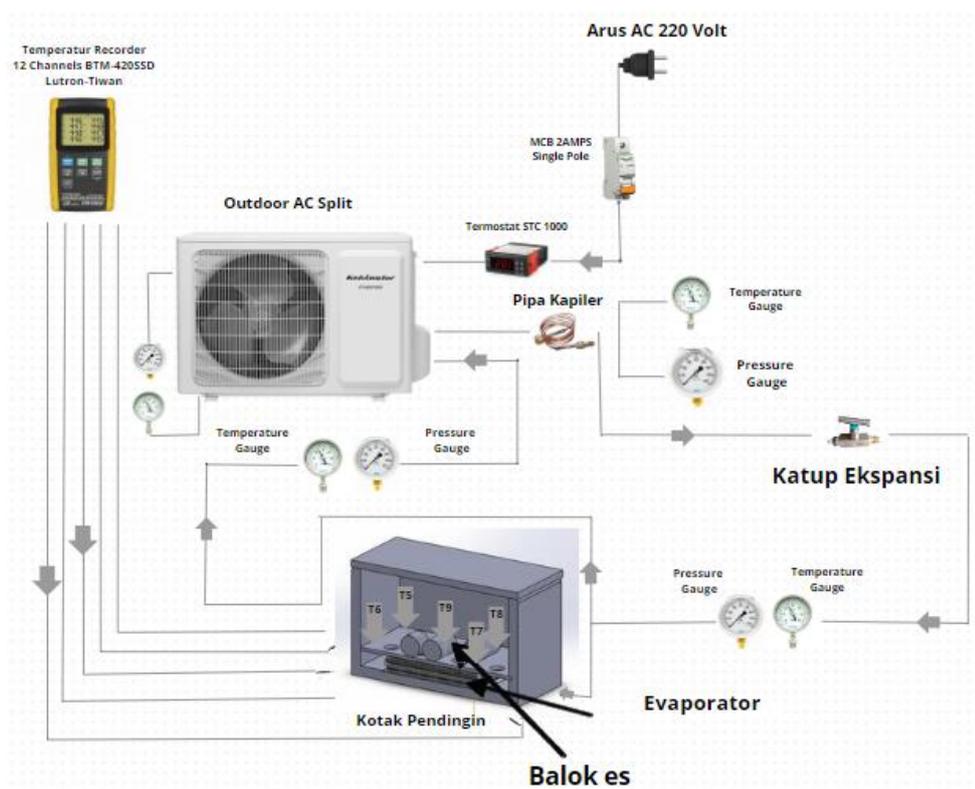
Termokopel adalah alat yang berfungsi mengukur perubahan temperatur pada refrigeran.

Prinsip kerja termokopel yaitu dengan cara menempelkan bagian pengukur termokopel pada bidang komponen pada mesin pendingin.



Gambar 3.20 Termokopel Tipe K

3.3 Desain Alat Pembuatan Es batu



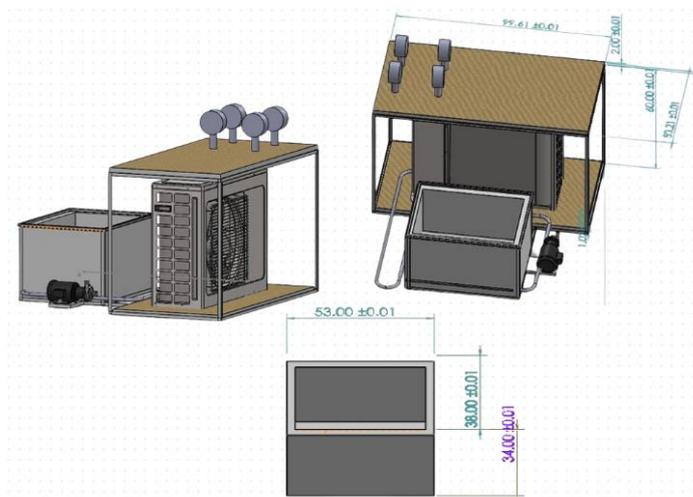
Gambar 3.21 Skema Pembuatan Alat

Pada gambar 3.21 skema alat pembuat es batu memanfaatkan AC split sebagai sistem pendingin dalam pembuatan es batu. AC split akan di hubungkan langsung pada kotak pendingin sebagai tempat terjadinya proses pendinginan es batu.

Dimana memanfaatkan evaporator sebagai penyerap panas dari ruang pendinginan. Pada saat proses pendinginan berlangsung akan di ukur temperatur dan tekanan pada beberapa titik seperti pada gambar 3.21. Temperatur dan tekanan dari refrigeran akan di ukur pada empat titik yaitu, pada panas yang diserap oleh evaporator (T_1, P_1), kerja kompresor (T_2, P_2), panas yang di lepas kondensor (T_3, P_3) dan katup ekspansi (T_4, P_4) dengan menggunakan alat ukur *temperatur gauge* dan *pressure gauge*.

Kemudian dalam kotak pendingin terdapat evaporator sebagai penyerap panas dari air garam dan air yang akan di dinginkan pada ruang kotak pendingin, pompa untuk memberikan efek tekanan pada air garam sampai terjadinya sirkulasi supaya air garam tidak ikut membeku dan lempengan alumunium yang sudah di kasih beberapa lobang agar sirkulasi dari pompa dapat bekerja dengan baik. Pada proses ini air garam di dalam kotak pendingin akan digunakan sebagai tempat terjadinya proses peembekuan es batu, dalam satu kali percobaan akan di masukan 3 buah es batu dengan memanfaatkan kantong plastik berkapasita $\frac{1}{2}$ kg sebagai tempat es batu yang akan di dinginkan.

Pada saat proses pembekuan terjadi akan di ukur temperatur pada lima titik dalam kotak pendingin yaitu, terdapat 5 titik T_5, T_6, T_7, T_8 , dan T_9 yaitu temperatur masing masing pada setiap sudut kotak pendingin, pengukuran temperatur akan dilakukan setiap 20 menit dalam sekali percobaan, pembagian waktu ini bergantung pada lama proses pembekuan berlangsung sampai es batu membeku secara merata.



Gambar 3.22 Desain Alat Pembuat Es batu

3.4 Prosedur Pengujian

Pada instalasi alat ini menggunakan pelepasan uap dingin dari evaporator yang berupa uapan udara dengan temperatur dingin yang dibantu dengan kompresor dan kondensor. Penelitian kali ini akan dilakukan di laboratorium konversi energi jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya. Siapkan air sebanyak 15 liter yang telah di campur dengan garam sebanyak 1 kilogram, kemudian air garam tersebut tuang ke dalam kotak pendingin, masukan air yang sudah dibungkus kantong plastik sebanyak 3 buah, tutup kembali penutup kotak pendingin.

Setelah persiapan pada kotak pendingin selesai, nyalakan AC split, pastikan thermostat sudah menyala, pada saat proses pendinginan terjadi siapkan alat ukur termokopel untuk mengukur temperatur dalam kotak pendingin, setiap 20 menit akan di lakukan pengukuran temperatur dan tekanan refrigeran dan pada kotak pendingin menggunakan alat ukur *pressure gauge*, *temperature gauge* dan *stop watch*.

Prosedur pengujian terdiri dari langkah persiapan alat dan langkah pengambilan data uji sebagai berikut:

1. Pastikan seluruh alat telah terpasang dengan baik dan dengan kondisi baik.
2. Persiapkan alat ukur *pressure gauge* dan *stop Watch*. Pasangkan 2 *pressure gauge*, *temperature gauge*, dan *stop watch* pada alat pengujian.
3. Kemudian isi kotak pendingin dengan air sebanyak 15 liter.
4. Hidupkan *Air Conditioning* selama beberapa jam untuk mengetahui batas maksimal waktu yang dihasilkan.
5. Mulailah melakukan peengukuran tekanan dan temperatur dengan menggunakan alat ukur *pressure gauge* dan *temperature gauge*.

3.5 Pengolahan Dan Analisis Data

Data hasil pengujian alat pembuat es batu ini akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perhitungan tekanan dan temperatur. Setelah data yang

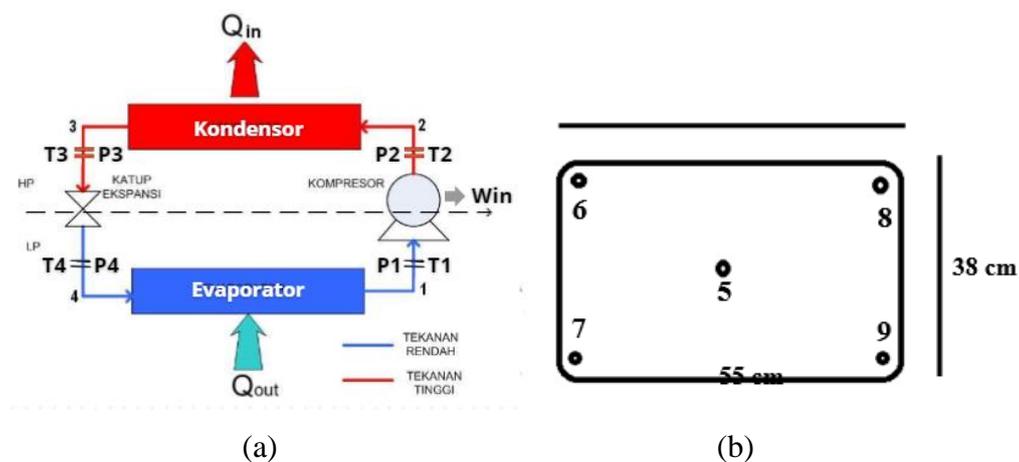
dibutuhkan telah lengkap selanjutnya dianalisis dan diolah dengan menggunakan persamaan-persamaan pada bab 2. Data yang telah dipergunakan adalah data yang diperoleh dari hasil perhitungan. Data selanjutnya disusun dan diolah kemudian diaplikasikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai acuan untuk mengambil kesimpulan dari hasil penelitian. Perhitungan menggunakan satuan internasional (SI).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan pada kondisi temperatur lingkungan rata-rata 29°C dalam ruangan yang tertutup dan tidak menggunakan AC (*Air Conditioner*) mengabaikan pengaruh temperatur udara atmosfer. Katup ekspansi yang digunakan 1 (Satu) unit dan memiliki 3 (Tiga) jenis bukaan masing masing dengan spesifikasi berdasarkan ukuran diameter pipa kapiler, yaitu bukaan 50% dengan diameter (0,54 mm), bukaan katup 70% dengan diameter (0,70 mm), dan bukaan katup sebesar 100% dengan diameter (0,80 mm). Skema pemasangan alat ukur temperatur dan tekanan pada saat melakukan proses pengambilan data dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Skema titik pemasangan alat ukur tekanan dan temperatur

- (a) Titik pengukuran temperatur (T) dan tekanan (P) pada sistem pendingin yang di ukur dengan menggunakan *temperatur gauge* dan *pressure gauge*.
- (b) Titik pengukuran temperatur air garam pada kotak pendingin yang di ukur dengan menggunakan termokopel.

Tabel 4. 1 Data hasil pengujian dengan katup ekspansi bukaan 50% (0,54 mm)

Waktu (Menit)	Hasil Pengukuran							
	P_1 (Bar)	T_1 (°C)	P_2 (Bar)	T_2 (°C)	P_3 (Bar)	T_3 (°C)	P_4 (Bar)	T_4 (°C)
20 Menit	1,86	-28	15,16	23	15,16	23	1,24	-36
40 menit	1,86	-28	15,51	24	15,16	23	1,31	-35
60 menit	1,99	-29	15,16	23	15,51	24	1,24	-36
80 menit	1,99	-29	15,51	24	15,51	24	1,24	-36
100 menit	1,86	-28	15,51	24	15,16	23	1,31	-35
120 Menit	1,99	-29	15,16	23	15,16	23	1,31	-35
Rata-rata	1,90	-28,33	15,33	23,5	15,27	23,33	1,27	-35,5

Tabel 4.2 Data hasil pengujian temperatur air garam pada kotak pendingin dengan bukaan katup ekspansi 50% dengan diameter (0,54 mm)

Waktu (Menit)	Hasil Pengukuran					Rata-rata
	T_5 (°C)	T_6 (°C)	T_7 (°C)	T_8 (°C)	T_9 (°C)	
0 Menit	22,2	22,1	22,2	22,3	22,2	22,2
20 Menit	19,1	18	18,1	19,1	18,6	18,5
40 menit	9,6	10,1	11,2	11,9	8,7	10,3
60 menit	3,9	5,0	4,6	5,9	3,3	4,5
80 menit	-1,4	-1,3	-1,2	-1,2	-1,6	-1,3
100 menit	-3,5	-3,4	-3,1	-3,3	-3,7	-3,4
120 Menit	-4,1	-4,0	-4,2	-4,1	-4,3	-4,1

Keterangan,

P_1 = tekanan refrigeran yang keluar dari kompresor, (Bar)

T_1 = temperatur refrigeran yang keluar dari kompresor, (°C)

P_2 = tekanan refrigeran yang keluar dari kondensor, (Bar)

T_2 = temperatur refrigeran yang keluar dari kondensor, (°C)

P_3 = tekanan refrigeran yang masuk evaporator, (Bar)

T_3 = temperatur refrigeran yang masuk evaporator, ($^{\circ}\text{C}$)

P_4 = tekanan refrigeran yang masuk kompresor, (Bar)

T_4 = temperatur refrigeran yang masuk kompresor, ($^{\circ}\text{C}$)

Tabel 4.3 Data hasil pengujian dengan katup ekspansi bukaan 70% dengan diameter (0,70 mm)

Waktu (Menit)	Hasil Pengukuran							
	P_1 (Bar)	T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	P_2 (Bar)	T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	P_3 (Bar)	T_3 ($^{\circ}\text{C}$)	P_4 (Bar)	T_4 ($^{\circ}\text{C}$)
20 Menit	1,65	-30	16,82	25	16,68	25	1,03	-41
40 menit	1,65	-30	16,82	25	16,68	25	1,03	-41
60 menit	1,58	-31	16,82	25	16,54	25	1,03	-41
80 menit	1,58	-31	16,96	26	16,54	25	0,96	-43
100 menit	1,65	-30	16,89	25	16,68	25	1,03	-41
120 Menit	1,58	-31	16,96	26	16,54	25	0,96	-43
Rata-rata	1,61	-30,50	16,87	24,33	16,61	25	1,00	-41,66

Tabel 4.4 Data hasil pengujian temperatur air garam pada kotak pendingin bukaan katup ekspansi 70% dengan diameter (0,70 mm)

Waktu (Menit)	Hasil Pengukuran					Rata-rata
	T_5 ($^{\circ}\text{C}$)	T_6 ($^{\circ}\text{C}$)	T_7 ($^{\circ}\text{C}$)	T_8 ($^{\circ}\text{C}$)	T_9 ($^{\circ}\text{C}$)	
0 Menit	22,2	22,2	22,1	22,3	22,2	22,2
20 Menit	19,1	18,0	18,1	19,1	18,6	18,5
40 menit	13,8	14,0	14,2	13,9	13,4	13,8
60 menit	9,1	9,5	9,0	9,3	8,9	9,1
80 menit	5,5	5,8	5,4	6,1	5,3	5,6
100 menit	1,9	2,1	1,9	1,8	1,6	1,8
120 Menit	-0,9	-1,0	-1,1	-1,1	-1,2	-1,0

Tabel 4.5 Data hasil pengujian dengan katup ekspansi bukaan 100% dengan diameter (0,80 mm)

Waktu (Menit)	Hasil Pengukuran							
	P_1	T_1	P_2	T_2	P_3	T_3	P_4	T_4
	(Bar)	(°C)	(Bar)	(°C)	(Bar)	(°C)	(Bar)	(°C)
20 Menit	1,51	-32	15,51	24	15,16	23	1,03	-41
40 menit	1,58	-31	15,16	23	15,16	23	1,03	-41
60 menit	1,51	-32	15,16	23	15,16	23	1,10	-40
80 menit	1,51	-32	15,51	24	15,16	23	1,03	-41
100 menit	1,51	-32	15,16	23	15,16	23	0,96	-43
120 Menit	1,58	-32	15,16	23	15,16	23	1,03	-41
Rata-rata	1,53	-31,83	15,27	23,33	15,16	23	1,03	-41,16

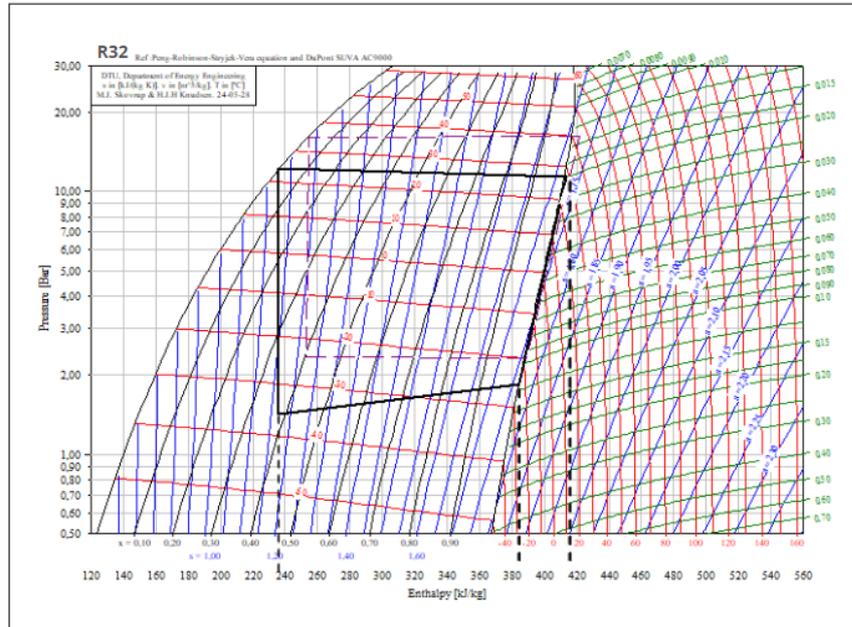
Tabel 4.6 Data hasil pengujian temperatur air garam pada kotak pendingin bukaan katup ekspansi 100% dengan diameter (0,80 mm)

Waktu (Menit)	Hasil Pengukuran					Rata-rata
	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
0 Menit	22,2	22,3	22,1	22,1	22,3	22,2
20 Menit	21,6	21,8	21,7	21,9	21,8	21,7
40 menit	20,6	20,6	20,5	20,5	20,4	20,5
60 menit	19,3	19,4	19,1	19,3	18,9	19,2
80 menit	17,0	16,8	17,1	17,2	16,7	16,8
100 menit	14,9	15,1	15,4	15,7	14,7	15,1
120 Menit	9,8	10,3	10,2	9,9	9,7	9,9

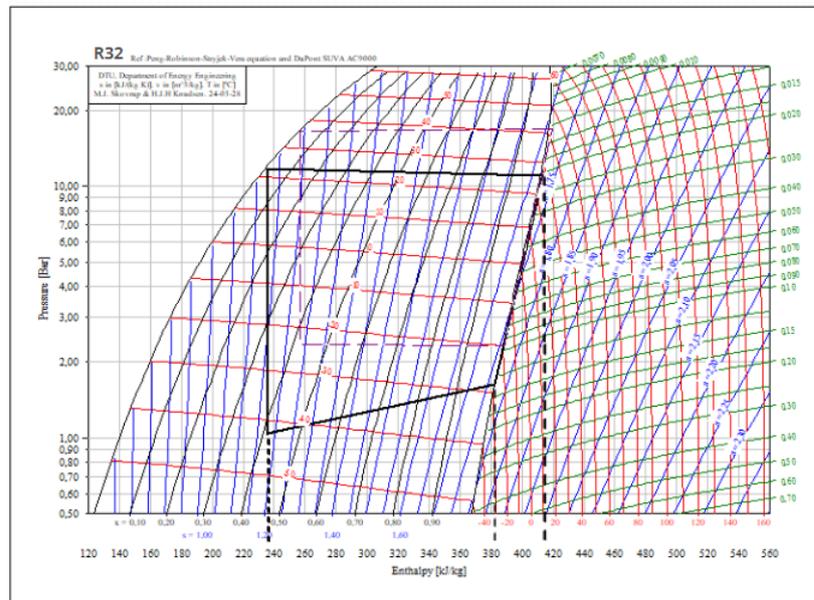
4.2 Pengolahan Data

Dari tekanan dan temperatur yang diperoleh dapat di tentukan besaran nilai entalpi (h) berdasarkan dari diagram tekanan-entalpi pada refrigeran R32. Besaran nilai entalpi (h) di setiap titik 1, 2, 3 dan 4 dengan berdasarkan tiga jenis bukaan

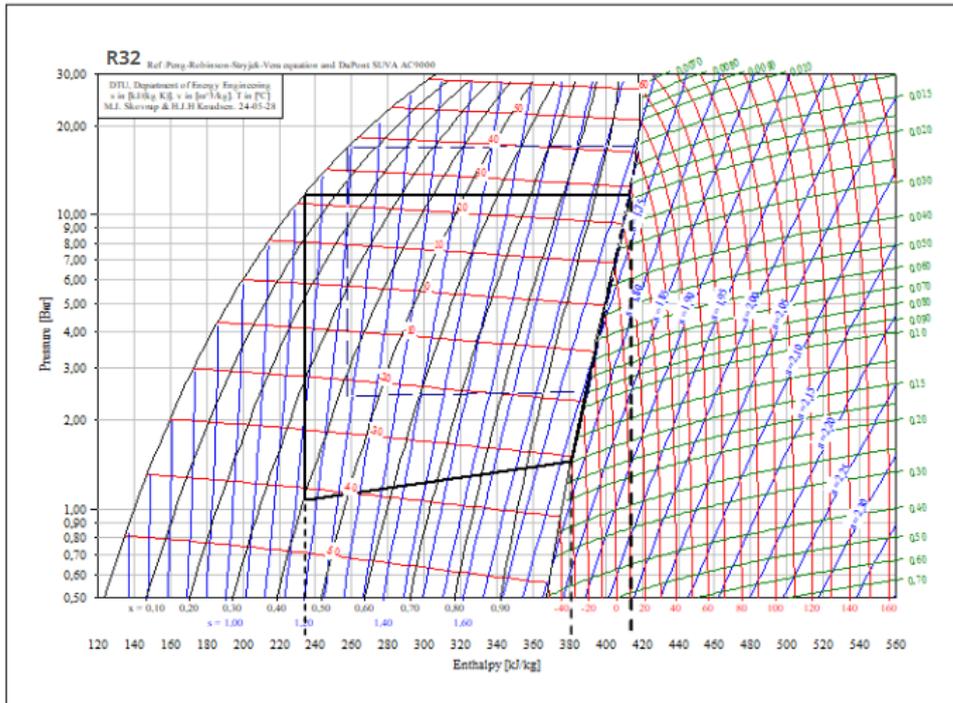
pada katup ekspansi dengan satuan kJ/kg dapat dilihat pada gambar 4.2, gambar 4.3, gambar 4.4 dan tabel 4.7 berikut.



Gambar 4.2 Besaran entalpi (h) pada bukaan 50% dengan diameter (0,54 mm)



Gambar 4.3 Besaran entalpi (h) pada bukaan 70% dengan diameter (0,70 mm)

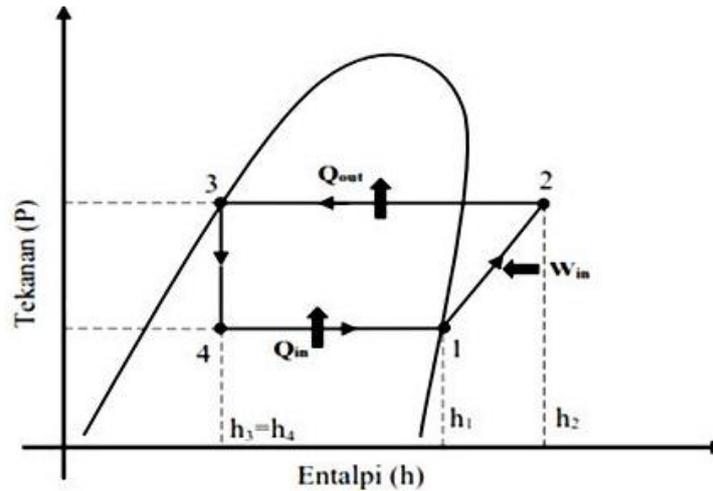


Gambar 4.4 Besaran entalpi (h) pada bukaan 100% dengandiameter (0,80 mm).

Tabel 4. 7 Besaran entalpi (h) masing-masing jenis diameter bukaan katup ekspansi

Bukaan Katup Ekspansi	Hasil Pengukuran			
	h_1 (kJ/kg)	h_2 (kJ/kg)	h_3 (kJ/kg)	h_4 (kJ/kg)
50% (0,54 mm)	384,65	414,06	236,17	236,17
70% (0,70 mm)	382,48	413,06	235,08	235,08
100% (0,80 mm)	381,75	413,70	235,08	235,08

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data yang telah di dapat pada tabel 4.7 sesuai dari hasil pengujian yang dilakukan berdasarkan siklus kompresi uap pada gambar 4.4 dari masing-masing jenis bukaan pada katup ekspansi yaitu, 50%, 70% dan 100%. Perhitungan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui besarnya kerja dari kompresor, panas yang dilepas oleh kondensor, panas yang diserap oleh evaporator dan nilai *coefficient of performance* (COP).



4.5 Siklus kompresi uap diagram tekanan-entalpi (h).

4.2.1 Perhitungan Bukaannya 50% (0,54 mm)

Keterangan :

$$h_1 = 384,65 \text{ kJ/kg} \quad h_3 = 236,17 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 414,06 \text{ kJ/kg} \quad h_4 = 236,17 \text{ kJ/kg}$$

$$V = 205 \text{ Volt} \quad I = 1,9 \text{ A}$$

$$P_1 = 1,90 \text{ Bar} \quad P_2 = 15,33 \text{ Bar}$$

1) Laju Aliran Massa (\dot{m})

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \frac{\dot{W}}{(h_2 - h_1)} \\ &= \frac{389,5 \text{ W}}{(414,06 \text{ kJ/kg} - 384,65 \text{ kJ/kg})} \\ &= \frac{389,5 \text{ W}}{29 \text{ kJ/kg}} \\ &= \frac{389,5 \text{ W}}{29000 \text{ J/kg}} \\ &= 0,0134 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

2) Kerja Kompresor (W_c)

Untuk mendapatkan kerja kompresor dengan bukaan katup ekspansi sebesar 50% pada mesin pendingin dapat digunakan persamaan 2.1 :

$$W_c = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0134 \text{ kg/s} (414,06 \text{ kJ/kg} - 384,65 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 0,0134 \text{ kg/s} (29,41 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 0,394 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

3) Panas yang dilepas oleh kondensor (Q_{out})

Untuk mendapatkan panas yang dilepas oleh kondensor sehingga mengalami penurunan tekanan dan perubahan fase gas ke cair dapat digunakan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned}
 Q_{out} &= \dot{m} (h_2 - h_3) \\
 &= 0,0134 \text{ kg/s} (414,06 \text{ kJ/kg} - 236,17 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 0,0134 \text{ kg/s} (177,89 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 2,383 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4) $h_3 = 236,17 \text{ kJ/kg}$

5) Panas yang diserap oleh evaporator (Q_{in})

Untuk mendapatkan besar panas yang diserap oleh evaporator dan kemudian akan di salurkan menuju kompresor oleh pipa hisap dapat digunakan persamaan 2.4:

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= \dot{m} (h_1 - h_4) \\
 &= 0,0134 \text{ kg/s} (384,65 \text{ kJ/kg} - 236,17 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 0,0134 \text{ kg/s} (148,48 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 1,989 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

6) Nilai *Coefficient of Performance (COP)*

Dengan mengetahui besaran panas yang diserap oleh evaporator (Q_{in}) adalah 1,989 kW dan besaran dari kerja kompresor (W_c) adalah 0,394 kW maka *Coefficient of Performance (COP)* dapat di cari dengan menggunakan persamaan 2.5 :

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{in}}{W_c} \\
 &= \frac{1,989 \text{ kW}}{0,394 \text{ kW}} \\
 &= 5,048
 \end{aligned}$$

Maka nilai *Coefficient of Performance (COP)* dari sistem pendingin pada bukaan katup 50% (0,54 mm) adalah 5,048.

4.2.2 Perhitungan Bukaannya 70% (0,70 mm)

Keterangan :

$$h_1 = 382,48 \text{ kJ/kg} \quad h_3 = 235,08 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 413,70 \text{ kJ/kg} \quad h_4 = 235,08 \text{ kJ/kg}$$

$$V = 205 \text{ Volt} \quad I = 1,9 \text{ Ampere}$$

$$P_1 = 1,61 \text{ Bar} \quad P_2 = 16,87 \text{ Bar}$$

1) Laju Aliran Massa (\dot{m})

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \frac{W}{(h_2 - h_1)} \\ &= \frac{389,5 \text{ W}}{(413,70 \text{ kJ/kg} - 382,48 \text{ kJ/kg})} \\ &= \frac{389,5 \text{ W}}{31 \text{ kJ/kg}} \\ &= \frac{397,1 \text{ W}}{31000 \text{ J/kg}} \\ &= 0,0125 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

2) Kerja kompresor (W_c)

Untuk mendapatkan kerja kompresor dengan bukaan katup ekspansi sebesar 70% pada mesin pendingin dapat digunakan persamaan 2.1 :

$$\begin{aligned} W_c &= \dot{m} (h_2 - h_1) \\ &= 0,0125 \text{ kg/s} (413,70 \text{ kJ/kg} - 382,48 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,0125 \text{ kg/s} (31,22 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,390 \text{ kW} \end{aligned}$$

3) Panas yang dilepas oleh kondensor (Q_{out})

Untuk mendapatkan panas yang dilepas kondensor sehingga mengalami penurunan tekanan dan perubahan fase gas ke cair dapat digunakan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} Q_{out} &= \dot{m} (h_2 - h_3) \\ &= 0,0125 \text{ kg/s} (413,70 \text{ kJ/kg} - 235,08 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,0125 \text{ kg/s} (178,62 \text{ kJ/kg}) \\ &= 2,232 \text{ kW} \end{aligned}$$

4) $h_3 = 235,08 \text{ kJ/kg}$

5) Panas yang diserap oleh evaporator (Q_{in})

Untuk mendapatkan besar panas yang diserap oleh evaporator dan kemudian akan di salurkan menuju kompresor oleh pipa hisap dapat digunakan persamaan 2.4 :

$$\begin{aligned} Q_{in} &= \dot{m} (h_1 - h_4) \\ &= 0,0125 \text{ kg/s} (382,48 \text{ kJ/kg} - 235,08 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,0125 \text{ kg/s} (178,62 \text{ kJ/kg}) \\ &= 1,842 \text{ kW} \end{aligned}$$

6) Nilai *Coefficient of Performance (COP)*

Dengan mengetahui besaran panas yang diserap oleh evaporator (Q_{in}) adalah 1,842 kW dan besaran dari kerja kompresor (W_c) adalah 0,390 kW maka *Coefficient of Performance (COP)* dapat di cari dengan menggunakan persamaan 2.5 :

$$\begin{aligned} COP &= \frac{Q_{in}}{W_c} \\ &= \frac{1,842 \text{ kJ/s}}{0,390 \text{ kW}} \\ &= 4,723 \end{aligned}$$

Maka nilai *Coefficient of Performance (COP)* dari sistem pendingin pada bukaan katup 70% (0,70 mm) adalah 4,723.

4.2.3 Perhitungan Bukaan 100% (0,80 mm)

Keterangan :

$$h_1 = 381,75 \text{ kJ/kg} \qquad h_3 = 235,08 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 413,70 \text{ kJ/kg} \qquad h_4 = 235,08 \text{ kJ/kg}$$

$$V = 205 \text{ Volt} \qquad I = 1,9 \text{ Ampere}$$

$$P_1 = 1,53 \text{ Bar} \qquad P_2 = 15,27 \text{ Bar}$$

1) Laju Aliran Massa (\dot{m})

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{\dot{W}}{(h_2 - h_1)} \\ &= \frac{389,5 \text{ W}}{(413,70 \text{ kJ/kg} - 381,75 \text{ kJ/kg})} \\ &= \frac{389,5 \text{ W}}{31,95 \text{ kJ/kg}} \\ &= \frac{389,5 \text{ W}}{32000 \text{ J/kg}} \\ &= 0,0121 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

2) Kerja kompresor (W_c)

Untuk mendapatkan kerja kompresor dengan bukaan katup ekspansi sebesar 100% pada mesin pendingin dapat digunakan persamaan 2.1 :

$$\begin{aligned}W_c &= \dot{m} (h_2 - h_1) \\ &= 0,0121 \text{ kg/s} (413,70 \text{ kJ/kg} - 381,75 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,0121 \text{ kg/s} (31,95 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,386 \text{ kW}\end{aligned}$$

3) Panas yang dilepas oleh kondensor (Q_{out})

Untuk mendapatkan panas yang dilepas oleh kondensor sehingga mengalami penurunan tekanan dan perubahan fase gas ke cair dapat digunakan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned}Q_{out} &= \dot{m} (h_2 - h_3) \\ &= 0,0121 \text{ kg/s} (413,70 \text{ kJ/kg} - 235,08 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,0121 \text{ kg/s} (178,62 \text{ kJ/kg}) \\ &= 2,161 \text{ kW}\end{aligned}$$

4) $h_3 = 235,08 \text{ kJ/kg}$

5) Panas yang diserap oleh evaporator (Q_{in})

Untuk mendapatkan besar panas yang diserap evaporator dan kemudian di salurkan menuju kompresor oleh pipa hisap dapat digunakan persamaan 2.4 :

$$\begin{aligned}Q_{in} &= \dot{m} (h_1 - h_4) \\ &= 0,0121 \text{ kg/s} (381,75 \text{ kJ/kg} - 235,08 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0,0121 \text{ kg/s} (146,67 \text{ kJ/kg}) \\ &= 1,774 \text{ kW}\end{aligned}$$

6) Nilai *Coefficient of Performance (COP)*

Dengan mengetahui besaran panas yang diserap oleh evaporator (Q_{in}) adalah 1,774 kW dan besaran dari kerja kompresor (W_c) adalah 0,386 kW maka *Coefficient of Performance (COP)* dicari dengan menggunakan persamaan 2.5 :

$$\begin{aligned} COP &= \frac{Q_{in}}{W_c} \\ &= \frac{1,774 \text{ kJ/s}}{0,386 \text{ kW}} \\ &= 4,595 \end{aligned}$$

Maka nilai *Coefficient of Performance (COP)* dari sistem pendingin pada bukaan katup 100% (0,80 mm) adalah 4,595.

4.3 Analisis

Analisis dari besaran kerja kompresor (W_c), besaran panas yang dilepas kondensor (Q_{out}), besaran panas yang diserap oleh evaporator (Q_{in}) dan *Coefficient of Performance (COP)* pada mesin pendingin dengan masing-masing jenis bukaan katup ekspansi dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut.

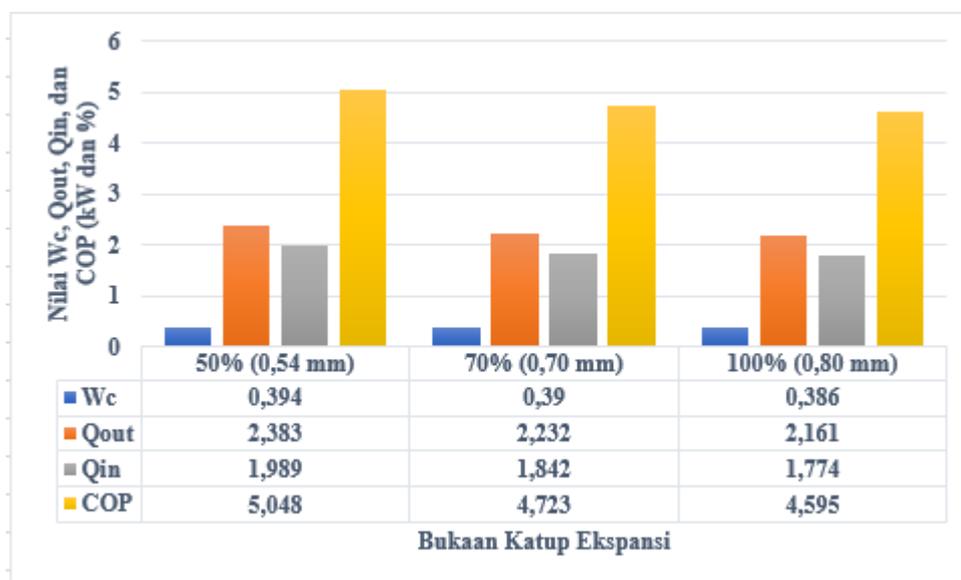
Tabel 4. 8 Data hasil perhitungan W_c , Q_{out} , Q_{in} dan *COP*.

Bukaan Katup Ekspansi	Hasil Pengukuran			
	W_c (kW)	Q_{out} (kW)	Q_{in} (kW)	<i>COP</i> (%)
50% (0,54 mm)	0,394	2,383	1,989	5,048
70% (0,70 mm)	0,390	2,232	1,842	4,723
100% (0.80 mm)	0,286	2,161	1,774	4,595

4.4 Pembahasan

Dari hasil data analisis kerja kompresor (W_c), panas yang dilepas oleh

kondensor (Q_{out}), panas yang diserap oleh kondensator (Q_{in}) dan COP diperoleh grafik hubungan antara W_c , Q_{out} , Q_{in} dan COP dengan ketiga jenis bukaan pada katup ekspansi 50%, 70% dan 100%.



Gambar 4 Grafik hubungan nilai rata-rata W_c , Q_{out} , Q_{in} dan COP dengan masing-masing bukaan pada katup ekspansi.

Gambar 4.6 memperlihatkan besaran kerja dari kompresor (W_c) yang ditandai dengan garis grafik berwarna biru dengan masing-masing jenis bukaan pada katup ekspansi. Besaran kerja input ke kompresor dari masing-masing bukaan pada katup ekspansi berubah-ubah, pada bukaan 50% dengan nilai 0,394 kW, pada bukaan 70% dengan nilai 390 kW dan pada bukaan 100% dengan nilai 386 kW. Dengan begitu efisiensi nilai kerja kompresor pada ketiga macam bukaan katup ekspansi konstan dan bekerja dengan baik.

Gambar 4.6 juga memperlihatkan besar panas dengan garis grafik berwarna merah tua yang dilepas oleh kondensator (Q_{out}) dengan masing-masing jenis bukaan katup ekspansi. Besar panas yang dilepas oleh kondensator (Q_{out}) terendah berada pada bukaan ekspansi sebesar 100% atau dengan ukuran diameter pipa kapiler 0,80 mm yaitu 2,161 kW dan tertinggi berada pada jenis bukaan katup ekspansi 50% atau dengan ukuran diameter pipa kapiler sebesar 0,54 mm sebesar 2,383 kW. Jika dilihat dari nilai kerja kompresor (W_c) yang stabil dan panas yang dilepas kondensator (Q_{out}) yaitu pada bukaan katup ekspansi sebesar 50% (0,54 mm) dilihat

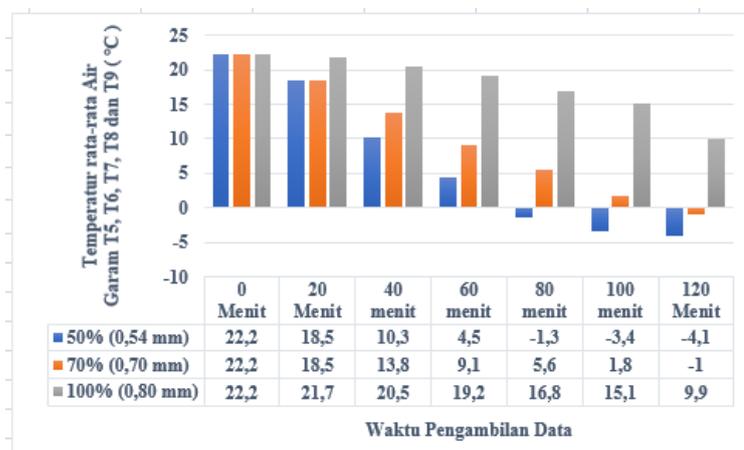
bahwa efisiensi penurunan tekanan dan pengembunan bekerja dengan baik, hal ini pula yang nantinya akan berpengaruh terhadap seberapa besar penyerapan panas oleh evaporator (Q_{in}).

Besaran uap panas yang diserap oleh evaporator (Q_{in}) dengan masing-masing jenis bukaan katup ekspansi pada gambar 4.5 di atas ditandai dengan garis grafik berwarna pink memperlihatkan titik terendah berada pada bukaan ekspansi sebesar 100% atau dengan diameter pipa kapiler 0,80 mm yaitu sebesar 1,774 kW dan tertinggi berada pada jenis bukaan katup ekspansi 50% atau dengan ukuran diameter pipa kapiler sebesar 0,54 mm sebesar 1,989 kW. dengan demikian, efisiensi kerja paling optimal yaitu pada bukaan katup ekspansi 50% (0,54 mm) karena efisiensi evaporator dalam menyerap panas lebih besar menandakan bahwa keadaan sistem pendingin bekerja dengan baik.

Gambar 4.6 memperlihatkan besaran *Coefficient of Performance (COP)* pada garis berwarna orange dengan masing-masing jenis bukaan pada katup ekspansi. *Coefficient of Performance (COP)* kerja mesin pendingin terendah berada pada bukaan ekspansi sebesar 100% atau dengan ukuran pipa kapiler 0,80 mm yaitu 4,595 dan tertinggi berada pada jenis bukaan katup ekspansi 50% atau dengan ukuran pipa kapiler sebesar 0,54 mm sebesar 5,048. Hal ini menandakan efisiensi kerja optimal dari sistem pendingin berada pada bukaan katup 50% (0,54 mm) karena jika efisiensi kerja sistem pendingin mengalami permasalahan nilai *COP* akan turun.

Pada saat pengambilan data pada setiap diameter bukaan katup nilai besar arus listrik pada mesin pendingin sebesar 1,9A dan tegangan listrik yang dihubungkan ke sistem pendingin sebesar 205 Volt dengan temperatur ruangan 25°C dalam keadaan tidak ada sistem pendingin (AC). Hal ini menandakan sistem pendingin bekerja dalam keadaan yang baik. Perbedaan nilai efisiensi kerja sistem pendingin disebabkan besar kecilnya diameter bukaan pada katup ekspansi karena semakin kecil diameter bukaan katup ekspansi atau semakin kecil ukuran pipa kapiler akan menyebabkan penurunan tekanan pada fluida yang membuat pengembunan pada evaporator akan lebih cepat dan merata. Selain itu akan

menyebabkan kinerja evaporator dalam menyerap panas dengan demikian pendinginan es batu akan lebih merata pada sistem pendingin yang di buat.



Gambar 4 Grafik Temperatur rata-rata air garam pada kotak pendingin dari masing-masing bukaan katup ekspansi.

Pada gambar 4.7 memperlihatkan temperatur rata-rata air garam dari beberapa titik pada kotak pendingin yang bisa di lihat pada gambar 4.1, dengan temperatur yang di ukur terdapat lima titik yaitu T₅, T₆, T₇, T₈ dan T₉ pada masing-masing jenis bukaan katup dari waktu ke waktu. Dapat dilihat pada bukaan katup ekspansi 50% (0,54 mm) dari temperatur air garam awal 22,2°C dan setelah 120 menit sampai es batu membeku dengan merata temperatur air garam mencapai -4,1°C, sedangkan pada kedua jenis bukaan katup ekspansi lainnya dalam kurun waktu 120 menit pada bukaan 70% (0,70 mm) es batu belum membeku secara merata temperatur nya hanya mencapai -1°C dari temperatur awal 22,2°C dan pada bukaan katup ekspansi 100% (0,80 mm) dalam kurun waktu 120 menit es batu belum sama sekali belum membeku temperatur hanya mencapai 9,9°C dari temperatur air garam awal sebesar 22,2°C, dengan demikian sistem pendingin pembuat es batu bekerja paling efisien yaitu pada bukaan katup ekspansi 50% (0,54 mm).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengamatan dan data hasil perhitungan, eksperimen ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut

1. Sistem pendingin yang telah dibuat mampu membekukan es batu dalam waktu 120 menit (2 Jam), dengan temperatur $-4,1^{\circ}\text{C}$ pada bukaan katup ekspansi 50% dengan diameter ukuran pipa kapiler 0,54 mm.
2. Kerja kompresor (W_c) pada ketiga jenis bukaan katup ekspansi berada pada titik kerja hampir konstan dengan nilai masing-masing bukaan katup ekspansi sebesar 50% (0,394 kW), 70% (0,390 kW) dan 100% (0,386 kW).
3. Panas yang dilepas kondensor (Q_{out}) bekerja paling efisien berada pada bukaan katup ekspansi 50% dengan diameter pipa kapiler 0,54 mm dengan nilai 2,383 kW pada sistem pendingin. Sedangkan nilai efisiensi paling rendah berada pada bukaan 100% dengan diameter pipa kapiler 0,80 mm sebesar 2,161 kW.
4. Panas yang diserap evaporator (Q_{in}) dengan nilai efisiensi paling optimal yaitu pada bukaan katup ekspansi 50% dengan diameter pipa kapiler 0,54 mm sebesar 1,989 kW, hal ini menandakan kinerja evaporator dalam menyerap panas bekerja dengan baik.
5. *Coefficient of Performance (COP)* nilai efisiensi kerja paling tinggi yaitu pada bukaan katup ekspansi 50% sebesar 5,048 dan nilai efisiensi kerja paling kecil yaitu pada bukaan katup ekspansi 100% sebesar 4,595. Dengan demikian efisiensi paling optimal *Coefficient of Performance (COP)* berada pada bukaan katup ekspansi 50% (0,54mm), karena dinilai bekerja dengan baik dalam menghilangkan panas pada sistem pendingin.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan saat melakukan penelitian terkait adalah:

1. Dalam perancangan sistem pendingin, sebagai penampung air garam sebaiknya menggunakan kotak pendingin berbahan plastik atau akrilik yang dinilai tidak akan mudah pecah dan rusak. Hal ini bertujuan untuk memudahkan proses kerja pada saat pembuatan sistem pendingin.
2. Sebelum melakukan pengambilan data pada sistem pendingin sebaiknya dilakukan beberapa kali pengecekan dan percobaan pendahuluan. Bertujuan mengurangi resiko kebocoran pada pipa pengelasan dan kebocoran pada wadah air yang akan di bekukan.
3. Kotak pendingin dapat dirancang dengan diameter lebih besar guna untuk meningkatkan jumlah es batu yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alleyne, A., Chandan, V., Jain, N., Li, B., & Otten, R. (2018). Modeling and Control of Air Conditioning and Refrigeration Systems. *Control System Applications*, Second Edition, 61801(217), 34-1-34–20. <https://doi.org/10.1201/b10382-47>
- Anwar, K., Arif, E., & Piarah, W. H. (2010). Efek Temperatur Pipa Kapiler Terhadap Kinerja Mesin Pendingin. *Jurnal Mekanikal*, 1(1), 30. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Mekanikal/article/view/9>
- Aziz, A. (2016). Pengembangan Energy Efficient Residential Air Conditioning Systems Dengan Encapsulated Ice Thermal Energy Storage Laporan Penelitian Pengembangan Energy Efficient Residential Air Conditioning Systems Dengan Encapsulated Ice Hidrokarbon Substitusi R-22 Yan (Issue 1, pp. 1–46). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1443.6243>
- Bahctiar, W. A., & Hariyadi, S. (2020). Rancang Bangun Simulator Pengukuran Tekanan, Arus Listrik, Dan Suhu Pada Air Conditioning System 1 Pk Dengan Menggunakan Refrigerant R32. *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, 1–8. <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/view/766>
- Cengel, Y, A, (2006), *Fluid Mechanics*, Fluid Mechanics, 4(1), 88–100,
- Cengel, Y, A, (2004), *Heat Transference a practical approach*, macgraw-Hill, 4(9), 874, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20279-7_5
- Chemours. (2016). Diagram tekanan-entalpi r-22 dan diagram tekanan-entalpi r-32. 22, 62–64.
- Eames, I. W., Milazzo, A., & Maidment, G. G. (2014). Modelling thermostatic expansion valves. *International Journal of Refrigeration*, 38(1), 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.06.010>
- Hajidavalloo, E. (2007). Application of evaporative cooling on the condenser of

- window-air-conditioner. *Applied Thermal Engineering*, 27(11–12), 1937–1943. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2006.12.014>
- Herman, P. (2012). Mesin pendingin untuk membekukan air pada lapisan bidang datar (pp. 1–54).
- Hisyam, A. (2016). Analisis Perpindahan Panas Pada Oven Menggunakan Pemanas Listrik Untuk Proses Pengeringan Daun Kelor. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. https://repository.its.ac.id/76138/2/2113030033-Non_Degree.pdf
- Jilan, M., Rahmadsyah, R., & Pane, A. H. (2021). Rancang bangun alat pembuat es batu menggunakan outdoor ac. *Jurnal Laminar*, 3(2), 6-9.
- Kamar, H. M., Ahmad, R., Kamsah, N. B., & Mohamad Mustafa, A. F. (2013). Artificial neural networks for automotive air-conditioning systems performance prediction. *Applied Thermal Engineering*, 50(1), 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.05.032>
- Kreith. (2012). Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas Edisi Ketiga (terjemahan P. Arko). Erlangga, Jakarta. In Erlangga, Jakarta (pp. 1–71).
- Long, C., & Sayma, N. (2009). *Heat Transfer : Exercises Heat Transfer : Exercises*.
- Ntobuo, N. E., & Yusuf, M. (2016). Pengaruh penggunaan minyak kelapa pada dinding sebagai penyimpanan energi termal terhadap konsumsi energi sistem pengondisian udara (pp. 1–23).
- Priatna, W., & Bachtiar Krishna Putra, A. (2017). Perencanaan Ulang Sistem Pengkondisian Udara Pada lantai 1 dan 2 Gedung Surabaya Suite Hotel Di Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 1–6. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.20015>
- Priskania, K. (2023). *Jurnal Ilmiah Jurnal Ilmiah. Jurnal Ilmiah Aset*, 11(2), 58–67.
- Stoecker, WF, J. W. Jones. 1996. *Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara*. Ir Supratma Hara, Penerjemah. Jakarta (ID): Erlangga, Terjemahan Dari : *Refrigeration and air Conditioning*

Syahputra, S. A., Siregar, F., Panjaitan, J., Studi, P., Elektro, T., Teknik, A., & Serdang, D. (2021). Perbandingan Coefficient of Performance (Cop) Chiler Water Cooled Dengan Air Cooled. ATDS SAINTECH-Journal of Engineering E-ISSN, 2(1), 2021.

Veera Raghavalu, K., & Govindha Rasu, N. (2018). Review on Applications of nanofluids used in Vapour Compression Refrigeration System for Cop Enhancement. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 330(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/330/1/012112>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Hasil Perancangan sistem pendingin



Lampiran 2. Dokumentasi Pengambilan Data

1. Pengukuran Tekanan Dan Temperatur pada sistem pendingin



2. Pengukuran Temperatur pada kotak pendingin



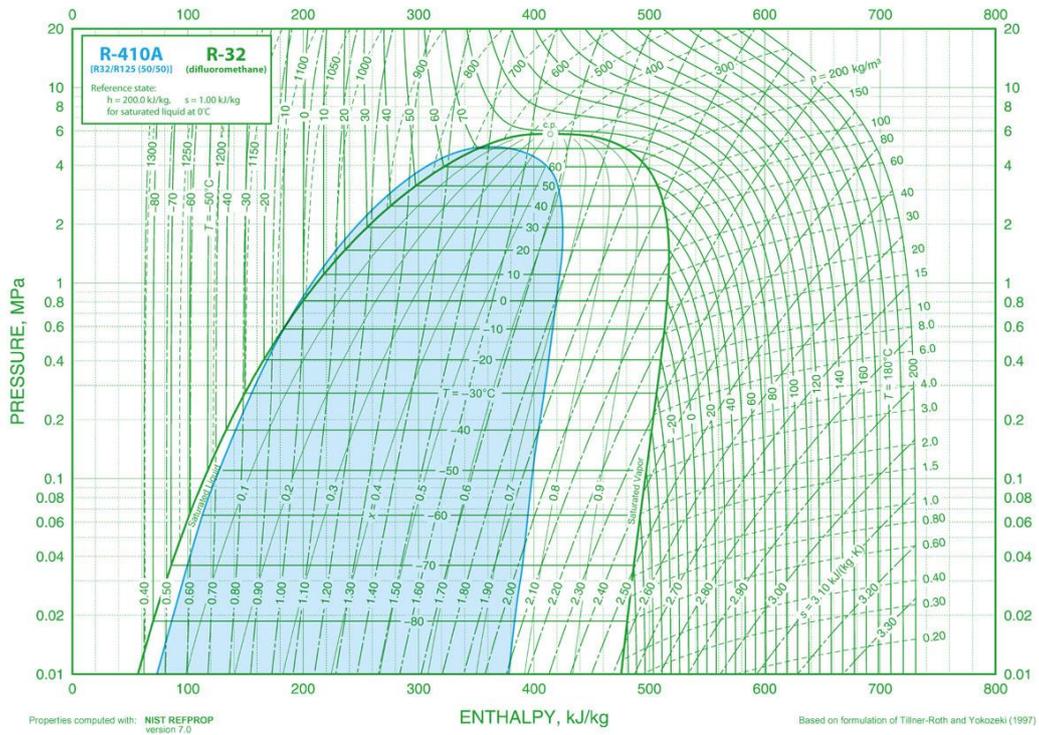
3. Pengukuran Arus Listrik pada rangkaian sistem pendingin



Lampiran 3. Dokumentasi Hasil Es batu Yang Dibekukan



Lampiran 4. Diagram P-h R32



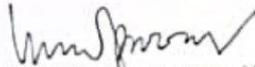
Lampiran 5. Form Formulir Konsultasi Tugas Akhir

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS SRIWIJAYA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN Jalan Raya Palembang – Prabumulih KM. 32 Indralaya – OI Telp/Fax 0711 580272	
	FORMULIR KONSULTASI TUGAS AKHIR	
Nomor Dokumen: Form TAJTM-012		Edisi: Januari 2024
Revisi: 0		

Nama Mahasiswa : Dita Ovianda Helviansa
 NIM : 03051182025006
 Program Studi : Teknik Mesin
 Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Pendingin Alat Pembuat Balok Es Menggunakan Katup AC Split

No	Tanggal	Pokok Bahasan	Paraf Dosen
1.	25-11-2023	Apa alat Uji dihidkan	<i>[Signature]</i>
2.	07-03-2024	Revisi Bab IV	<i>[Signature]</i>
3.	15-03-2024	Diagram Uraan ke Berong	<i>[Signature]</i>
4.	20-03-2024	Pengisian Bab IV	<i>[Signature]</i>
5.	27-03-2024	Kejelasan kesimpulan & saran	<i>[Signature]</i>
6.	29-03-2024	Simpulan ke mondarat Uraan Sistem SI	<i>[Signature]</i>
7.			
8.			
9.			
10.			

Dosen Pembimbing


 Prof. Dr. Ir. H. Irwin Bizzy, M.T
 NIP. 195005281989031002

Jurusan Teknik Mesin, UNSRI	Halaman: 1 dari 1
-----------------------------	----------------------

Lampiran 6. Hasil Akhir Similaritas (Turnitin)



Lampiran 7. Surat Pernyataan Bebas Plagiarisme



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jalan Raya Palembang KM. 32 Indralaya (30662) e-mail: masin@ft.unsi.ac.id, web: <http://masin.ft.unsi.ac.id>

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Dita Ovianda Helviansa
NIM : 03051182025006
Tempat/Tanggal lahir : Tanjung raya, 11 Januari 2002
Jurusan/Program studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Alamat Rumah : Desa Tanjung raya, kecamatan Rambang Kabupaten muara enim
No.HP/Email : 082281458372_ditaovianda02@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul " Kaji Eksperimental Sistem pendingin Alat Pembuat Balok es Menggunakan Katup Ac Split" bebas dari plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, 05 Juni 2024

Yang menyatakan,



Dita Ovianda Helviansa

NIM. 03051182025006

Lampiran 8. Surat Keterangan Pengecekan Similaritas

**SURAT KETERANGAN PENGECEKAN
SIMILARITY**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Dita Ovianda Helviansa
Nim : 03051182025006
Prodi : Teknik Mesin

Menyatakan bahwa benar hasil pengecekan similarity Skripsi/Tesis/Disertasi/Lap.
Penelitian yang berjudul "Kaji Eksperimental Sistem pendingin Alat Pembuat Balok es Menggunakan
Katup Ac Split" adalah 12%.

Dicek oleh operator *: 1. Dosen Pembimbing

2. UPT Perpustakaan

Demikianlah surat keterangan ini saya buat dengan sebenarnya dan dapat saya pertanggung
jawabkan.

Menyetujui
Dosen pembimbing



Prof. Dr. Ir. H. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

Palembang, 05 Maret 2024
Yang menyatakan,



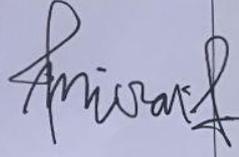
Dita Ovianda Helviansa
03051182025006

*Lingkari salah satu jawaban, tempat anda melakukan pengecekan Similarity

Lampiran 9. Surat Keterangan Pengecekan Similaritas

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS SRIWIJAYA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN <small>Jalan Raya Palembang – Prabumulih KM. 32 Indralaya – OI Telp/Fax 0711 580272</small>		
	FORM PENGECEKAN FORMAT TUGAS AKHIR		
<small>Nomor Dokumen: Form TAJTM-016</small>		<small>Edisi: Januari 2024</small>	<small>Revisi: 0</small>

NAMA: Dita Ovianda Helviansa NIM: 03051182025006		Tgl Ujian : 22/Mei/2024	
No	Uraian	Status	
		Sesuai	Tidak Sesuai
1	Jenis kertas HVS, 80 G; Warna Putih Polos; Ukuran A4		
2	Huruf Times New Roman, Font 12 dengan spasi 1,5		
3	Setiap awal BAB dimulai dengan halaman ganjil		
4	Format Halaman Sampul Luar		
5	Format Halaman Judul Laporan Tugas Akhir		
6	Penyajian Ringkasan Skripsi		
7	Penyajian <i>Summary</i>		
8	Penyajian Halaman Pernyataan Integritas		
9	Penyajian Halaman Pengesahan		
10	Penyajian Halaman Persetujuan		
11	Penyajian Penyajian Daftar Isi		
12	Penyajian Daftar Gambar		
13	Penyajian Daftar Tabel		
14	Penyajian Daftar Lampiran		
15	Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi		
16	Penyajian Gambar		
17	Halaman dicetak bolak-balik		
18	Penyajian Tabel		
19	Penyajian Penulisan Persamaan Matematika		
20	Penyajian lembar kartu bimbingan skripsi		
21	Penyajian daftar pustaka		

Perbaikan 1	Perbaikan 2	Perbaikan 3	Disetujui
8/06/2024 Perbaiki Amir Arifin	Perbaiki yg di koma 12/06/24 Amir		 Amir Arifin, Ph.D NIP 197909272003121004

Telah sesuai dan mengikuti Format yang telah ditetapkan oleh Jurusan Teknik Mesin dan dapat dilakukan penggandaan.

Jurusan Teknik Mesin, UNSRI	Halaman: 1 dari 2
------------------------------------	----------------------