

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA KERJA KOMPRESOR LEMARI ES MENGUNAKAN TENAGA SURYA**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**YOGI DIRA NUGRAHA**  
**1607230052**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Yogi Dira Nugraha  
NPM : 1607230052  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisa Kerja Kompresor Lemari Es  
Menggunakan Tenaga Surya  
Bidang ilmu : Konversi energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



Ahmad Marabdi Siregar S.T.,M.T

Dosen Penguji



Sudirman Lubis S.T., M.T

Dosen Penguji



Chandra A Siregar S.T.,M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Yogi Dira Nugraha  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/27 April 1998  
NPM : 1607230052  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

### **“Analisa Kerja Kompresor Lemari Es Menggunakan Tenaga Surya”**

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 pkemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian 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 Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2021

Saya yang menyatakan,



Yogi Dira Nugraha

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 “Analisa Kerja Kompresor Lemari Es Menggunakan Tenaga Surya” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, 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 Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S. T., M.T selaku Dosen Penguji, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku dosen penguji, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik Mesinan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara.
8. Orang tua penulis: Bapak Fredi Samson Toha dan Ibu Ratna Sari Dewi, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

9. Sahabat-sahabat penulis: Bagas Ardiansyah, M.Urip Maulana, Aldi Trisna Irawan, M.Kamaluddin Wahdani, Bayu Azhari, M.Alfa Aprian Ismara dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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 industri Teknik Mesin.

Medan, Maret 2021

Yogi Dira Nugraha

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Kompresor	4
2.1.1. Proses Kerja Kompresor	4
2.1.2. Sistem Pendinginan Absorpsi	5
2.1.3. Sistem Pendinginan Kompresi	6
2.1.4. Pipa Kapiler	7
2.1.5. Jenis Jenis Kompresor	7
2.1.5.1. Kompresor Torak	8
2.1.5.2. Kompresor Rotasi	8
2.1.5.3. Kompresor Sentrifugal	9
2.2. Klasifikasi Heat Exchanger	9
2.3. Beban Pendinginan	11
2.4. Solar Cell	12
2.4.1. Klasifikasi Solar Cell	13
2.4.2. Prinsip Kerja Solar Cell	14
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	<b>15</b>
3.1 Tempat dan Waktu	15
3.1.1. Tempat	15
3.1.2. Waktu	15
3.2 Bahan dan Alat	16
3.2.1. Bahan	16
3.2.2. Alat	19
3.3 Bagan Alir Penelitian	24
3.4 Rancangan Alat Penelitian	25
3.5 Prosedur Penelitian	27
3.5.1 Langkah-langkah pemasangan Alat	27
3.5.2 Langkah-langkah pengujian Alat	27

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>28</b>
4.1. Cara Kerja Kompresor Lemari Es Dan Panel Surya	28
4.2. Data Pengujian Lemari Es Menggunakan Tenaga Surya	28
4.3. Hasil Tegangan, Arus dan Daya Pada Solar Cell	29
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>33</b>
5.1. Kesimpulan	33
5.2. Saran	33
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1.	Road Map Penelitian	16
Tabel 3.1.	Jadwal Kegiatan Penelitian	17
Tabel 4.1.	Hasil Data Pengujian Lemari Es Menggunakan Tenaga Surya	28
Tabel 4.2.	Hasil Data Pengujian Lemari Es Menggunakan Tenaga Listrik	29
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian Panel Surya pada Tanggal 09 Agustus 2020	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar2.1.	Kompresor refrigerant	4
Gambar 2.2	Siklus pendinginan Absorbsi	5
Gambar 2.3.	Siklus pendinginan Kompresi	6
Gambar 2.4.	Pipa Kapiler	7
Gambar 2.5.	Kompresor Torak	8
Gambar 2.6.	Kompresor Rotasi	8
Gambar 2.7.	Kompresor Sentrifugal	9
Gambar 2.8.	Superheater	10
Gambar 2.9.	Evaporator	10
Gambar 2.10.	Kondensor	11
Gambar 2.11.	Panel Surya	13
Gambar 2.12.	Prinsip Kerja Panel Surya	14
Gambar 3.1.	Lemari Pembeku	17
Gambar 3.2.	Panel Surya	18
Gambar 3.3.	Charger Controller	18
Gambar 3.4.	Baterai	19
Gambar 3.5.	Inverter	19
Gambar 3.6.	Kabel	20
Gambar 3.7.	Multimeter	20
Gambar 3.8.	Infrared Thermometer	21
Gambar 3.9.	Digital Lux Meter	21
Gambar 3.10.	Mesin Las	22
Gambar 3.11.	Mesin Grinda	22
Gambar 3.12.	Mesin Bor	23
Gambar 3.13.	Meteran	23
Gambar 3.14.	Obeng	24
Gambar 3.15.	Kunci Ring Pas	24
Gambar 3.16.	Bagan Alir	25
Gambar 3.17.	Lemari Pembeku dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya	26
Gambar 4.1.	Manifold meter alat mengukur data tekanan.	30
Gambar 4.2.	Indikator suhu led.	30
Gambar 4.3.	Solar Charger Controller Tegangan.	31
Gambar 4.4.	Solar Charger Controller Arus	31
Gambar 4.5.	Grafik hubungan antara Waktu dengan Tegangan	31
Gambar 4.6.	Grafik Hubungan Antara Arus Dengan Waktu Grafik Hubungan Antara Waktu Dengan Daya	31 32

## ABSTRAK

Kompresor berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida mampu mampat, yaitu gas atau udara yang tujuannya meningkatkan tekanan yang dapat mengalirkan atau kebutuhan proses dalam sistem pendingin. Dan panel surya sebagai sumber energi listrik alternatif dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang memerlukan energi listrik, namun terkendala dengan ketidak tersediannya energi listrik dari PLN, dan terkhususnya sebagai pengganti energi listrik sebagai salah satu penghematan daya listrik di rumah, maka dari itu pemanfaatan energi baru terbarukan sangat bermanfaat untuk memecahkan masalah tersebut dan sebagai salah satu penghematan sumber daya alam.

Metode penelitian ini dilakukan dengan merancang dan menganalisa kerja kompresor lemari es yang menggunakan tenaga surya 410WP yang dihubungkan ke baterai sebagai penyimpan daya dan inverter sebagai pengubah arus daya dc menjadi arus daya ac dan solar charger controller sebagai alat pengendalian arus berlebih pada panel surya tersebut, dan dari penelitian tersebut dari hasil uji yaitu tekanan tertinggi didapat pada lemari es menggunakan tenaga surya yaitu 16,8 Bar sedangkan lemari es dengan tenaga listrik tekanan tertinggi di dapat yaitu 16 Bar dengan waktu 2 jam dan grafik hubungan menunjukkan yaitu pada grafik hubungan antara tegangan dan waktu didapat tegangan tertinggi 36,1 Volt, dan pada grafik hubungan antara arus dan waktu didapat arus tertinggi 9,25 Ampere, dan pada grafik hubungan antara daya dan waktu didapat daya tertinggi 333,925 Watt .

**Kata Kunci:** kompresor, lemari es, baterai, inverter, solar charger controller, panel surya 410WP

## ABSTRACT

The compressor functions to increase the pressure of the incompressible fluid, namely gas or air whose purpose is to increase the pressure that can flow or process needs in the cooling system.

And solar panels as an alternative source of electrical energy can be utilized by people who need electrical energy, but are constrained by the unavailability of electrical energy from PLN, and especially as a substitute for electrical energy as a means of saving electrical power at home, therefore the use of new and renewable energy is very important. useful for solving these problems and as one of saving natural resources.

This research method is carried out by designing and analyzing the work of a refrigerator compressor that uses 410WP solar power which is connected to a battery as a power storage and an inverter as a converter for converting DC power to ac power current and a solar charger controller as a means of controlling excess current on the solar panels, and From this research, from the test results, the highest pressure is obtained on the refrigerator using solar power, namely 16.8 Bar, while the refrigerator with the highest pressure electric power can be 16 Bar with a time of 2 hours and the relationship graph shows that the relationship between voltage and time obtained the highest voltage 36.1 Volt, and in the graph the relationship between current and time obtained the highest current is 9.25 Ampere, and in the graph the relationship between power and time obtained the highest power 333.925 Watts.

**Key Word:** compresor, cooling sistem, battery, inverter, solar charger controller, solar cell 410WP

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era modern, mesin pendingin merupakan salah satu alat yang berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi. Mesin pendingin digunakan untuk mendinginkan atau mempertahankan suhu suatu bahan dibawah lingkungannya untuk mencapai tujuan tertentu. Penggunaan mesin pendingin telah menjadi suatu kebutuhan pokok bagi sebagian besar masyarakat yang berfungsi dalam meningkatkan kualitas hidup manusia. Peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap mesin pendingin menjadi salah satu faktor peningkatan kebutuhan energi. Jumlah mesin pendingin yang meningkat secara tajam menjadikan sebuah tantangan baru bagi para peneliti khususnya bidang Teknik Mesin atau Mechanical Engineering dalam upaya meningkatkan prestasi kerja mesin refrigerasi. Para peneliti juga harus memperhatikan dengan seksama mengenai dampak penggunaan fluida pengisi sistem (refrigerant) terhadap lingkungan. Semakin berkembangnya teknologi seharusnya faktor keamanan, kenyamanan, dan keselamatan manusia menjadi suatu prioritas, serta tidak melupakan aspek dari lingkungan yang menjadi sasaran utamanya.

Proses refrigerasi merupakan suatu proses pemindahan kalor dengan cara menyerap kalor dalam sistem dan mengeluarkan kalor ke luar sistem atau lingkungan. Tujuan proses refrigerasi adalah mendinginkan suatu sistem dibawah suhu lingkungannya dan menciptakan kondisi khusus yang sesuai dengan kebutuhan misalnya penciptaan lingkungan kerja yang nyaman atau penyimpanan bahan-bahan baku. Serangkaian proses refrigerasi ini biasanya dilakukan oleh mesin refrigerasi seperti halnya Refrigerator, Air Conditioning, Freezer dan Chiller. Fluida yang digunakan untuk menjalankan kinerja mesin pendingin adalah refrigerant. Dalam mesin pendingin refrigerant yang paling umum digunakan adalah CFC (Chloro fluoride Carbonate) seperti R12 dan R22. Namun, pada dasarnya refrigerant jenis ini dapat merusak alam dan menjadi salah satu penyebab kerusakan lapisan ozon dan pemanasan global. CFC merupakan bahan yang ideal untuk refrigerant dan telah ditemukan sejak tahun 1930-an. Zat ini memiliki sifat fisik dan termal yang baik untuk dioperasikan

pada mesin pendingin. Selain itu juga memiliki keunggulan lain seperti tidak beracun, tidak mudah terbakar, sangat stabil dan murah harganya. Molina (1974) mengatakan bahwa CFC yang terkandung pada refrigerant jenis R-12 dan R-22 dapat merusak lapisan Ozon di Stratosfir atau ODS (Ozone Depleting Substance). Selain berkontribusi pada kerusakan lapisan ozon, CFC disebut sebagai salah satu GWP (Global Warming Potential) yaitu pemanasan global melalui kebocoran dan buangan refrigerant (yang bersifat gas rumah kaca) ke lingkungan.

Sejak saat itu banyak diselenggarakan pertemuan internasional yang membuahkan berbagai rekomendasi untuk mengurangi mekanisme ODS. Hasilnya adalah Konvensi Wina (1985), Konvensi Geneva (1986) dan Protokol Montreal (1987) yang diikuti amandemen London (1990). Indonesia telah meratifikasi melalui KEPRES RI No.23/1992 yang intinya menghapuskan pengadaan ODS termasuk CFC pada akhir tahun 1997. LPG (Liquified Petroleum Gas) memiliki unsur utama Hidrogen dan Karbon yang merupakan senyawa hidrokarbon berupa gas alam cair. Jika berdiri sendiri zat yang terkandung dalam LPG memiliki sifat termodinamika yang hampir sama dengan refrigerant pada umumnya. Dari pengujian di laboratorium, atas dasar mol, LPG memiliki komposisi 45% sampai 55% Propana ( $C_3H_8$ ), 46% sampai 54% Butana ( $C_4H_{10}$ ) serta 1% sampai 7% campuran pentana dan hidrokarbon lainnya (Direktorat Jendral Minyak & Gas Bumi No. 26525.K/10/DJM.T/2009). Kelebihan LPG dibanding refrigerant sintetis pada mesin pendingin adalah sifatnya yang ramah lingkungan dan memiliki harga yang lebih murah. Efisiensi juga menjadi perhatian utama dalam mesin pendingin selain lingkungan. Semakin tinggi efisiensi maka semakin menghemat energi karena energi yang dibuang ke lingkungan semakin sedikit. Banyak penelitian yang dilakukan untuk menambah efisiensi mesin pendingin salah satunya dengan meningkatkan kinerja kondensor dalam mesin pendingin. Kondensor merupakan komponen penting dari mesin pendingin yang fungsinya sebagai heat exchanger yaitu memindahkan panas dari sistem ke lingkungan. (Stoecker dan Jones. 1996)

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana tekanan kompresor jika menggunakan baterai 150Ah dengan sumber daya dari panel surya ?
2. Bagaimana cara kerja dari kompresor ?

## **1.3 Ruang Lingkup**

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak menjadi pembahasan yang meluas atau menyimpang, maka perlu kiranya ruang lingkup masalah yaitu sebagai berikut :

1. Perancangan Alat Lemari Es Menggunakan Panel Surya.
2. Pengujian tekanan Kompresor Lemari Es.
3. Penelitian Ini Memanfaatkan Fitur Solar Cell Controller Untuk Mencegah Pengisian Yang Berlebihan Atau Over Charging Pada Baterai.

## **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui kerja dari kompresor dan tekanan yang dihasilkan menggunakan baterai 150Ah dengan sumber daya dari panel surya.
2. Untuk mengetahui waktu yang diperlukan kompresor dalam mendinginkan lemari es menggunakan baterai 150Ah.
3. Untuk mengetahui arus yang terpakai selama pendinginan pada lemari es.
4. Untuk mengetahui tegangan arus yang dihasilkan pada panel surya.

## **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Merupakan salah satu bekal mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri, sebagai modal persiapan untuk dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh untuk penulis.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi para peneliti lain yang ingin mendalami tentang Tugas Akhir ini.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kompresor

#### 2.1.1 Proses Kerja Kompresor

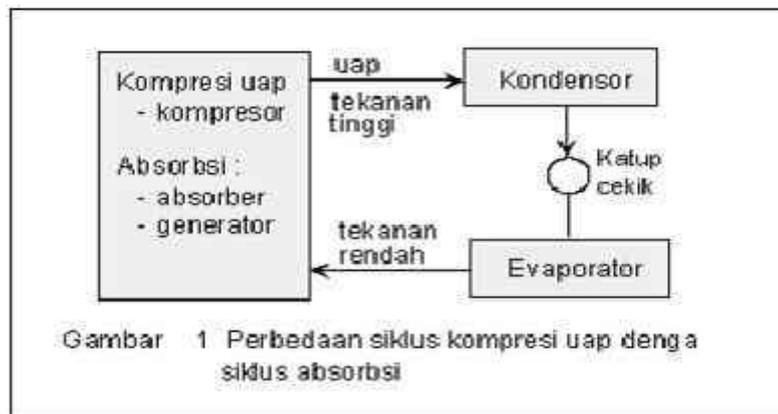
Pada proses kompresi, *refrigerant* ditekan dalam kompresor sampai kondisinya menjadi cair dengan temperatur yang tinggi. Gas *refrigerant* dalam evaporator yang dihisap oleh kompresor akan membuat tekanannya tetap rendah didalam evaporator, dan untuk membuat cairan *refrigerant* menjadi gas secara dinamis pada temperatur yang rendah ( $0^{\circ}\text{C}$ ). Maka tekanan gas *refrigerant* ditekan dalam silinder, dan berubah menjadi tinggi, sehingga temperatur dan tekanan naik dan *refrigerant* akan mudah menjadi cair walaupun proses pendinginan dalam temperatur yang lebih tinggi. Dan gas *refrigerant* yang dikompresikan disalurkan ke komponen selanjutnya yaitu di dinginkan di kondensor. (B.G. Purnomo,2013)



Gambar 2.1. Kompresor Refrigerant . (B.G. Purnomo,2013)

## .1.2 Sistem Pendinginan Absorpsi

Pada sistem pendingin kompresi uap digunakan kompresor, sedangkan pada sistem pendingin absorpsi digunakan absorber dan generator. Uap bertekanan rendah diserap di absorber, tekanan ditingkatkan dengan pompa dan pemberian panas di generator sehingga absorber dan generator dapat menggantikan fungsi kompresor secara mutlak. Untuk melakukan proses kompresi tersebut, sistem pendingin kompresi uap memerlukan masukan kerja mekanik sedangkan sistem pendingin absorpsi memerlukan masukan energi panas. Oleh sebab itu, siklus kompresi uap sering disebut sebagai siklus yang digerakkan dengan kerja (Work Operated) dan siklus absorpsi disebut sebagai siklus yang digerakkan dengan panas (Heat Operated). Gambar 1 menunjukkan persamaan dan perbedaan antara siklus kompresi uap dengan siklus absorpsi.

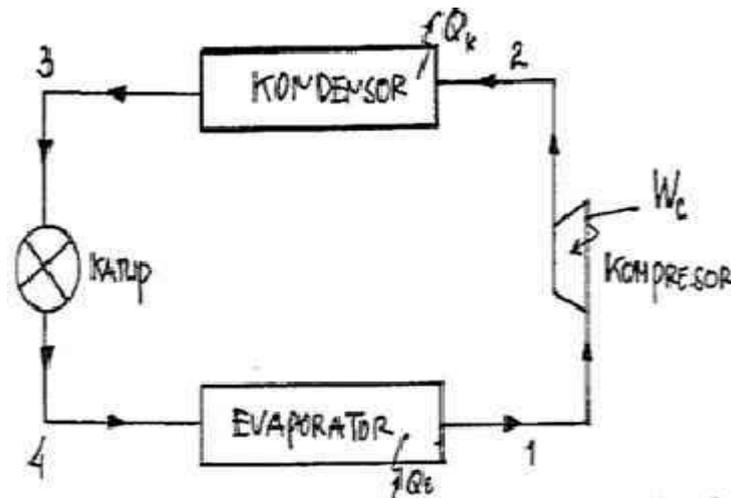


Gambar 2.2. Siklus Absorpsi Kompresor Refrigerant.(A. Salim, 2014)

Salah satu keunggulan sistem absorpsi adalah karena menggunakan panas sebagai energi penggerak. Panas sering disebut sebagai energi tingkat rendah (low level energy) karena panas merupakan hasil akhir dari perubahan energi dan sering kali tidak didaur ulang. Pemberian panas dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti menggunakan kolektor surya, biomassa, limbah, atau dengan boiler yang menggunakan energi komersial.(A. Salim, 2014)

### 2.1.3 Sistem Pendinginan Kompresi

Siklus pendingin kompresi uap merupakan system yang banyak digunakan dalam system refrigrasi, pada sistem ini terjadi proses kompresi, pengembunan, ekspansi dan penguapan. Secara skematik system ditunjukkan pada gambar 4 dibawah ini :



Gambar 2.3. Siklus Pendinginan Kompresi.(A. Salim, 2014)

Kompresi mengisap uap refrigerant dari sisi keluar evaporator ini, tekanan diusahakan tetap rendah agar refrigerant senantiasa berada dalam fasa gas dan bertemperatur rendah. Didalam kompresor uap refrigerant ditekan sehingga tekanan dan temperature tinggi untuk menghindarkan terjadinya kondensasi dengan membuang energy kelingkungan. Energi yang diperlukan untuk proses komposisi diberikana oleh motor listrik atau penggerak mula lainnya. Jadi dalam proses kompresi energy diberikan kepada uap refrigerant. Pada waktu uap refrigerant diisap masuk kedalam kompresor temperature masih tetap rendah akan tetapi ketika selama proses kompresi berlangsung temperature dan tekanannya naik. (A. Salim, 2014)

### 2.1.4 Pipa Kapiler

Alat ekspansi yang umum digunakan untuk AC *split* adalah pipa kapiler. Pipa kapiler adalah pipa tembaga dengan diameter lubang berukuran kecil dan panjang tertentu. Besarnya tekanan pipa kapiler bergantung pada ukuran diameter

lubang dan panjang pipa kapiler. Pipa kapiler menghubungkan antara *condenser* dan *evaporator*. *Refrigerant* yang melalui pipa kapiler akan mulai menguap. (Erwahyudi dan Abdul Hamid,2017)



Gambar 2.4 Pipa Kapiler (Erwahyudi dan Abdul Hamid,2017)

### **2.1.5 Jenis-Jenis Kompresor**

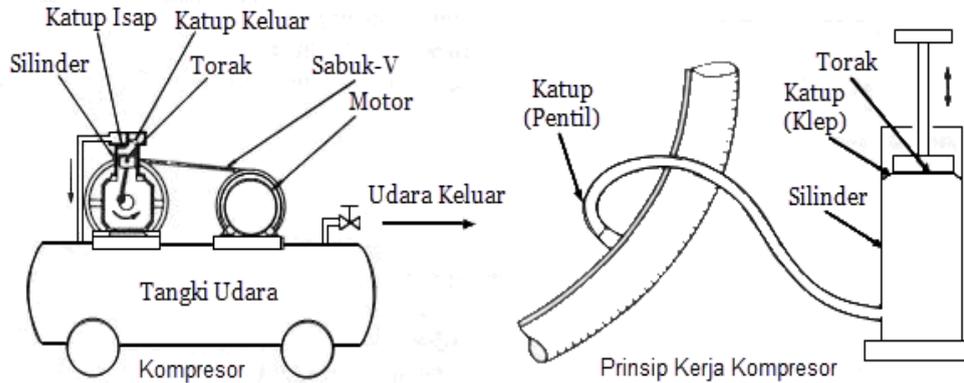
Ada tiga macam kompresor yang banyak dipakai pada mesin-mesin pendingin (A. Salim, 2014) yaitu :

1. Kompresor Torak, kompresinya dikerjakan oleh torak.
2. Kompresor Rotasi, kompresinya dikerjakan oleh blade atau vane dan roller
3. Kompresor Centrifugal, kompresor centrifugal tidak mempunyai alat-alat tersebut, kompresi timbul akibat gaya centrifugal yang terjadi karena gas diputar oleh putaran yang tinggi kecepatannya dan impeller.

Ketiga macam kompresor mempunyai keunggulan masing-masing. Pemakaiannya ditentukan oleh besarnya kapasitas, penggunaannya, instalasinya dan jenis bahan pendingin yang dipakai.

#### **2.1.5.1 Kompresor Torak**

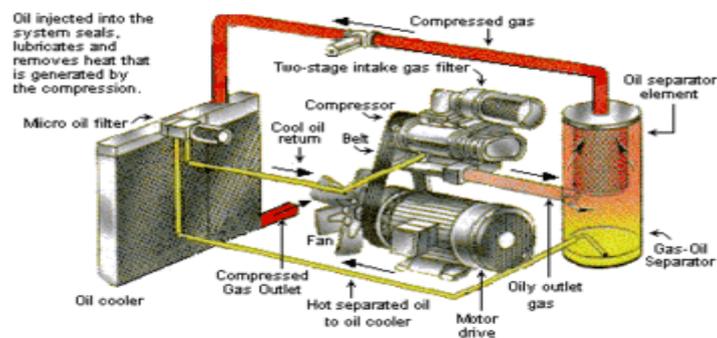
Kompresor torak atau kompresor bolak-balik pada dasarnya adalah mengubah gerakan bolak-balik torak/piston. Gerakan ini diperoleh dengan menggunakan poros engkol dan batang penggerak yang menghasilkan gerak bolak-balik pada torak. Gerakan torak akan menghisap udara ke dalam silinder dan memampatkannya. Langkah kerja kompresor torak hampir sama dengan konsep kerja motor torak. (N. Ajim, 2015)



Gambar 2.5. Kompresor Torak (N. Ajim, 2015)

### 2.1.5.2 Kompresor Rotasi

Kompresor putar dapat menghasilkan tekanan yang sangat tinggi. Pada kompresor putar getaran yang dihasilkan relatif kecil dibandingkan dengan kompresor torak. Hal ini disebabkan sudu-sudu pada kompresor putar, yang merupakan elemen bolak-balik, mempunyai masa yang jauh lebih kecil daripada torak. Selain itu kompresor putar tidak memerlukan katup, sedangkan fluktuasi alirannya sangat kecil dibandingkan dengan kompresor torak. (I. Pratiwi, 2011)

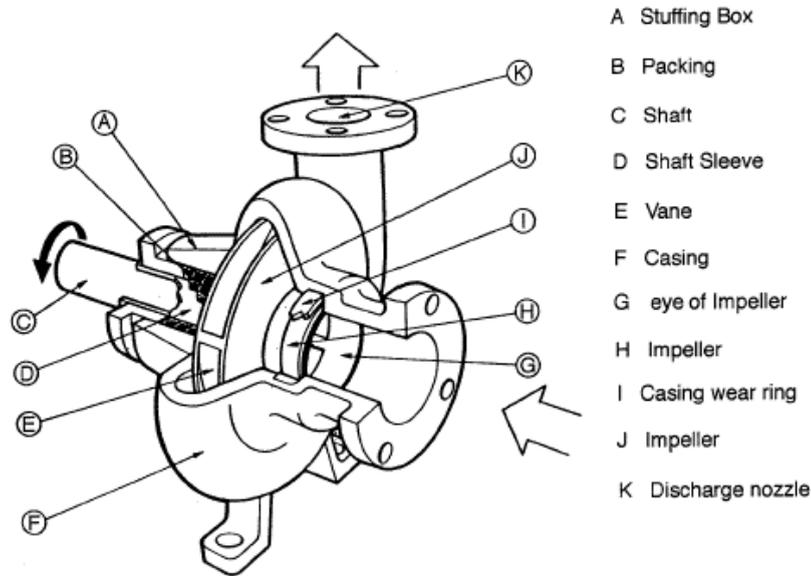


Gambar 2.6. Kompresor Rotari (I. Pratiwi, 2011)

### 2.1.5.3 Kompresor Sentrifugal

Kompresor sentrifugal merupakan peralatan mekanik yang digunakan untuk memberikan energi kepada fluida gas, sehingga gas dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat lain. Penambahan energi ini bisa terjadi karena adanya konversi energi mekanik ke dalam energi tekanan. Kompresor sentrifugal termasuk ke dalam kompresor dinamik, dimana kompresor ini memiliki prinsip kerja yaitu mengkonversikan energi

kecepatan gas yang dibangkitkan oleh aksi yang dilakukan impeller yang berputar dari energi mekanik unit penggerak menjadi energi tekanan di dalam diffuser. (Ridho, 2014)



Gambar 2.7. Kompresor Sentrifugal (Ridho, 2014)

## 2.2. Klasifikasi Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

Adapun klasifikasi dari alat penukar panas yaitu:

### 1. *Superheater*

Alat penukar panas jenis ini digunakan untuk mengubah uap basah (*saturated steam*) pada *steam generator* (ketel uap) menjadi uap kering (*superheated steam*). Gambar superheater dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.8. *Superheater*(Chengel,Yunus 202)

## 2. *Evaporator*

*Evaporator* adalah alat penukar panas yang digunakan untuk menguapkan cairan yang ada pada larutan sehingga diperoleh larutan yang lebih pekat (*mother liquor*), Jumlah kalor yang diserap oleh refrigerant dari benda atau fluida yang hendak didinginkan, dapat dituliskan sebagai:

$$Q = K.A.\Delta t_m \text{ atau } A = \frac{Q}{K.\Delta t_m}$$

Dimana :

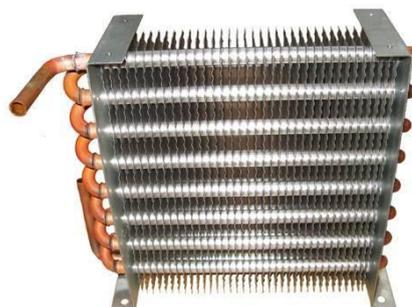
Q = Jumlah kalor yang diserap oleh refrigerant dalam evaporator (kapasitas pendingin dari evaporator ) (kcal/jam)

K = Koefisien perpindahan kalor (kcal/m<sup>2</sup>jam°C)

A = Luas bidang perpindahan kalor (m<sup>2</sup>)

$\Delta t_m$  = perbedaan temperatur rata-rata (°C)

Gambar evaporator dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.9. *Evaporator*(Chengel,Yunus 202)

### 3. Kondensor

Condenser merupakan alat penukar panas yang digunakan untuk mendinginkan fluida sampai terjadi perubahan fase uap menjadi fase cair. Media pendingin yang dipakai biasanya air sungai atau air laut dengan suhu udara luar, kondensor umumnya berbentuk pipa. Perpindahan panas terjadi dari refrigeran ke dinding dalam ke dinding luar lalu ke zat pendingin. Tidak semua panas refrigeran dapat diserap oleh zat pendingin karena adanya koefisien pindah panas pada dinding pipa. Koefisien pindah panas ini dihitung dengan persamaan:

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{x A_o}{k A_m} + \frac{A_o}{h_i A_i}$$

dengan  $U_o$  = koefisien pindah panas keseluruhan (W/m<sup>2</sup>K)

$h_o$  = koefisien pindah panas di dalam pipa (W/m<sup>2</sup>K)

$h_i$  = koefisien pindah panas di luar pipa (W/m<sup>2</sup>K)

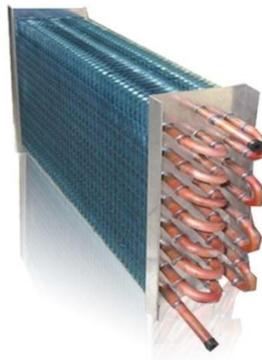
$x$  = tebal pipa (m)

$A_o$  = luas pipa luar (m<sup>2</sup>)

$A_m$  = luas rata-rata pipa (m<sup>2</sup>)

$A_i$  = luas pipa dalam (m<sup>2</sup>)

Gambar kondensor dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.10. Kondensor (Chengel, Yunus 202)

### **2.3 Beban Pendinginan**

Beban Pendinginan adalah jumlah total energi panas yang harus dihilangkan dalam satuan waktu dari ruangan yang didinginkan. Beban ini diperlukan untuk mengatasi beban panas external dan internal. Beban panas external diakibatkan oleh panas yang masuk melalui konduksi (dinding, langit-langit, kaca, partisi, lantai), radiasi (kaca), dan konveksi (ventilasi dan infiltrasi). Beban panas internal diakibatkan oleh panas yang timbul karena orang/penghuni, lampu, dan peralatan/mesin.

(Sumber : Syamsuar, Ariefin, dan Sumardi, 2014).

Beban pendinginan sebenarnya adalah jumlah panas yang dipindahkan oleh sistem pengkondisian udara setiap waktu. Beban pendinginan terdiri atas panas yang berasal dari ruang dan tambahan panas. Jumlah panas setiap saat yang masuk ke dalam ruang melalui kaca secara radiasi maupun melalui dinding akibat perbedaan temperature, pengaruh penyimpanan energy pada struktur bangunan, serta peralatan-peralatan listrik seperti lampu dan peralatan elektronik lainnya.

(Sumber : Moch. Rizal A.Y, Nasrul Ilminnafik, Digdo Listyadi, 2013).

Beban pendinginan adalah jumlah panas yang harus dikeluarkan dari suatu ruangan untuk menjaga suhu ruangan tersebut sehingga sesuai dengan yang diinginkan. Besarnya kapasitas pendingin dari suatu mesin pendingin harus diatasi dalam ruang pendinginan agar temperatur yang diinginkan bias tercapai.

(Sumber : Yosua A.P Tondok, 2013).

### **2.4 Solar Cell ( Panel Surya)**

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaic, oleh karenanya dinamakan juga sel fotovoltaic (*Photovoltaic cell* – disingkat (PV)). Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. Jika 36 keping sel dari PLN seperti para pedagang kaki lima, masyarakat yang tinggal di wilayah terpencil maupun daerah yang belum teraliri listrik dari PLN. Sumber energi

listrik lain yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat sumber energilistrik selain dari PLN adalah generator atau lebih sering disebut dengan Genset. Efisiensi penggunaan dari masing masing sumber energi listrik alternatif perlu diketahui agar dalam penggunaanya didapatkan hasil yang maksimal. surya tersusun seri, akan menghasilkan tegangan sekitar 16V. Tegangan ini cukup untuk digunakan mensuplai aki 12V. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih besar lagi maka diperlukan lebih banyak lagi sel surya. Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut Panel Surya atau modul surya. Susunan sekitar 10 - 20 atau lebih Panel Surya akan dapat menghasilkan arus dan tegangantinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari hari.

Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari. Panel surya memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan.

Panel surya dapat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut. (Sumber : Bambang Hari Purwoto, 2013)



Gambar 2.11. Panel surya

### 2.4.1 Karakteristik Solar Cell (Photovoltaic)

Solar Cell pada umumnya memiliki ketebalan 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub (+) dan kutub (-). Apabila suatu cahaya jatuh pada permukaannya maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan yang tentunya dapat menyalakan lampu, menggerakkan motor listrik yang berdaya DC. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar bisa menghubungkan solar cell secara seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya.

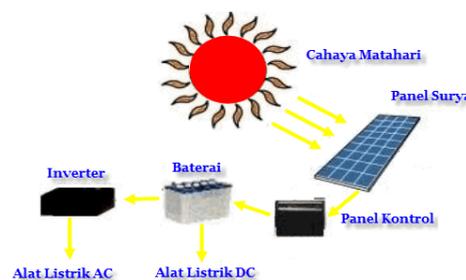
Sel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangan sel surya. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau digambarkan sebagai “sel surya hubung pendek”, “arus rangkaian pendek” atau ISC (short circuit current), yang sebanding dengan iradiansi terhadap sel surya dapat diukur.

Spesifikasi keseluruhan dari Solar Cell yang digunakan adalah:

- Maks. Daya (Pmax) : 410Watt
- Maks. Tegangan Listrik (Vmp) : 39,1Volt
- Tegangan Sirkuit Terbuka (Voc) : 47,6Volt
- Maks. Arus Daya (Imp) : 10,5Ampere

### 2.4.2 Prinsip Kerja Solar Cell

Sinar matahari menjadi listrik dengan panel photovoltaik, kebanyakan menggunakan *Poly Crystalline Sillicon* sebagai material semikonduktor *photo cell* mereka. Prinsipnya sama dengan prinsip diode p-n.



Gambar 2.12. Prinsip kerja Panel Surya

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

Matahari muncul sebagai sumber dan pemasok utama energi yang akan mendukung hampir keseluruhan dari proses ini. Energi yang disalurkan matahari akan diserap dan diterima oleh panel surya (solar panel). Panel surya memiliki alat pembantu yaitu Battery Control Regulator (BCR) yang berfungsi sebagai pengatur banyaknya energi yang disimpan oleh panel surya. BCR akan membagikan energi tersebut secara merata kepada baterai-baterai yang ada sampai seluruh baterai terisi penuh. Baterai kemudian akan menyalurkan daya yang sudah dimilikinya menuju beban-beban, baik berupa beban 12Vdc atau pun beban 220Vac. Namun untuk beban 220Vac harus terlebih dahulu melalui proses perubahan arus dan tegangan dari baterai. Yaitu melalui DC/AC inverter yang akan merubah arus listrik sesuai dengan yang diinginkan yaitu 220Vac dan langsung menghubungkannya dengan alat-alat yang membutuhkan energi listrik. Setelah proses ini, maka alat-alat tersebut sudah bisa digunakan. Pada kondisi malam hari, panel surya tidak akan menampung energi dari matahari lagi. Energi yang didapatkan berasal dari baterai yang telah menampung energi matahari pada siang hari.

(Sumber : Unila, 2015)

Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan pada panel surya:

Daya Input : Perhitungan daya input dapat menggunakan persamaan berikut :

$$P_{in} = G \times A$$

Keterangan:

$P_{in}$  = Daya input akibat Radiasi matahari (Watt)

$G$  = Intensitas radiasi matahari (Watt/m<sup>2</sup>)

$A$  = Luas area permukaan photovoltaic module (m<sup>2</sup>)

Daya Output : Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan

$$P_{out} = V_{max} \times I_{max}$$

Keterangan :

$V_{max}$  = Tegangan pada daya maksimum (Volt)

$I_{max}$  = Arus pada daya maksimum (Ampere)

### 2.4.3 Road Map Penelitian

Tabel 2.1 *Road Map* Penelitian Lemari es dan Panel Surya di Program Studi Teknik Mesin UMSU

No	Nama	NPM	Judul Penelitian
1	Yogi Dira Nugraha	1607230052	Analisa Kerja Kompresor Lemari Es Menggunakan Tenaga Surya
2	Muhammad Urip Maulana	1607230046	Analisa <i>Performance</i> Dari Lemari Es Terhadap Beban Pendingin Dengan Menggunakan Tenaga Surya
3	Hariyadi Adha	1607230034	Analisis Kemampuan Panel Surya 410WP Pada Lemari Es

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Tempat dan Waktu

#### 3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan untuk penelitian menggunakan panel surya sedangkan penelitian menggunakan tenaga listrik dilakukan di rumah Jl. Tuasan.

#### 3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

**Tabel 3.1** jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul						
2	Studi literature						
3	Penulisan proposal						
4	Penyediaan alat dan bahan						
5	Seminar proposal						
6	Pengujian dan pengambilan data						
7	Analisa data						
8	Penulisan laporan akhir						
9	Seminar hasil dan sidang sarjana						

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Bahan Yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan dalam analisa kerja kompresor dari lemari pembeku adalah sebagai berikut:

##### 1. Lemari Pembeku

Lemari pembeku digunakan sebagai media percobaan untuk mengetahui analisa kerja kompresor pada lemari pembeku.

lemari pembeku sebagai berikut :

- Tegangan : 220 Volt
- Daya :  $\frac{1}{4}$  PK = 183.875 W
- Frekwensi : 50 Hz
- Arus : 1.4 A
- Jenis Refrigerant : R-134a



Gambar 3.1 Lemari Pembeku.

##### 2. Panel Surya

Panel surya digunakan untuk mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya yang di gunakan dalam penelitian ini adalah type *monocrystalline* 410 watt dengan spesifikasi keseluruhan dari solar cell sebagai berikut :

- Maks. Daya (Pmax) : 410Watt
- Maks. Tegangan Listrik (Vmp) : 39,1Volt
- Tegangan Sirkuit Terbuka (Voc) : 47,6Volt
- Maks. Arus Daya (Imp) : 10,5Ampere



Gambar 3.2 Panel Surya

### 3. Charger Controller

Charger controller digunakan sebagai pengatur arus listrik (*current regulator*) baik terhadap arus yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar / digunakan. Charger controller yang digunakan pada penelitian type MPPT ( Maximum Power Point Tracking) dengan nilai tegangan 12V/24V dan maksimal input arus surya 60 A.



Gambar 3.3 Charger Controller.

### 4. Baterai

Baterai digunakan sebagai penyimpan daya listrik yang dihasilkan dari panel surya setelah penyerap cahaya matahari menjadi listrik. . Baterai yang digunakan pada penelitian ini menggunakan baterai type 6 – FMX – 150D 12V 150Ah.



Gambar 3.4 Baterai

#### 5. Inverter

Inverter digunakan untuk mengkonversikan daya listrik dari listrik arus searah DC (baterai) ke daya listrik arus bolak balik AC (*alternating current*). Inverter yang di gunakan pada penelitian ini inverter 2000VA type (Suover FPC 2000 A) mengubah daya listrik 12V menjadi daya listrik 220V.



Gambar 3.5 Inverter

#### 6. Kabel

Kabel digunakan untuk menghubungkan arus yang dihasilkan dari panel surya menuju charger controller lalu menuju ke baterai untuk di simpan arus tersebut. Kabel yang di gunakan pada penelitian jenis kabel nyhy (2x2,5mm).



Gambar 3.6 Kabel

7. Besi Plat

Besi plat digunakan untuk rangka panel surya dan komponen lainnya. Besi yang digunakan untuk rangka panel surya yaitu besi siku (40x40mm).



Gambar 3.7 Besi

8. Baut dan Mur

Baut dan mur digunakan untuk memasang besi-besi rangka panel dan komponen-komponen lainnya.



Gambar 3.8 Baut dan Mur

### 3.2.2 Alat

Adapun alat yang di gunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya pada saat pengujian. Multimeter yang di gunakan adalah Digital Multimeter DT830B.



Gambar 3.7 Multimeter

#### 2. Mesin Las

Mesin las digunakan untuk menyambung besi menjadi satu rangkaian untuk rangka panel surya dan komponen lainnya. Mesin las yang di gunakan pada pembuatan alat adalah Mesin Trafo Las MMA tipe 120G-KR.



Gambar 3.10 Mesin Las

#### 3. Mesin Gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk mengasah/memotong besi-besi untuk membuat rangka panel dan komponen lainnya. Mesin gerinda yang di gunakan pada penelitian ini mesin gerinda tangan tipe MT90.



Gambar 3.11 Mesin Gerinda

#### 4. Mesin Bor

Mesin bor digunakan untuk melubangi besi rangka panel dan komponen lainnya. Mesin bor yang di gunakan pada pembuatan alat penelitian mesin bor Stanley type STEL 101.



Gambar 3.12 Mesin Bor

#### 5. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur besi dalam pembuatan rangka rangka panel dan komponen lainnya.



Gambar 3.13 Meteran

## 6. Obeng

Obeng digunakan untuk memasang baut dan komponen lainnya pada saat perakitan alat.



Gambar 3.14 Obeng

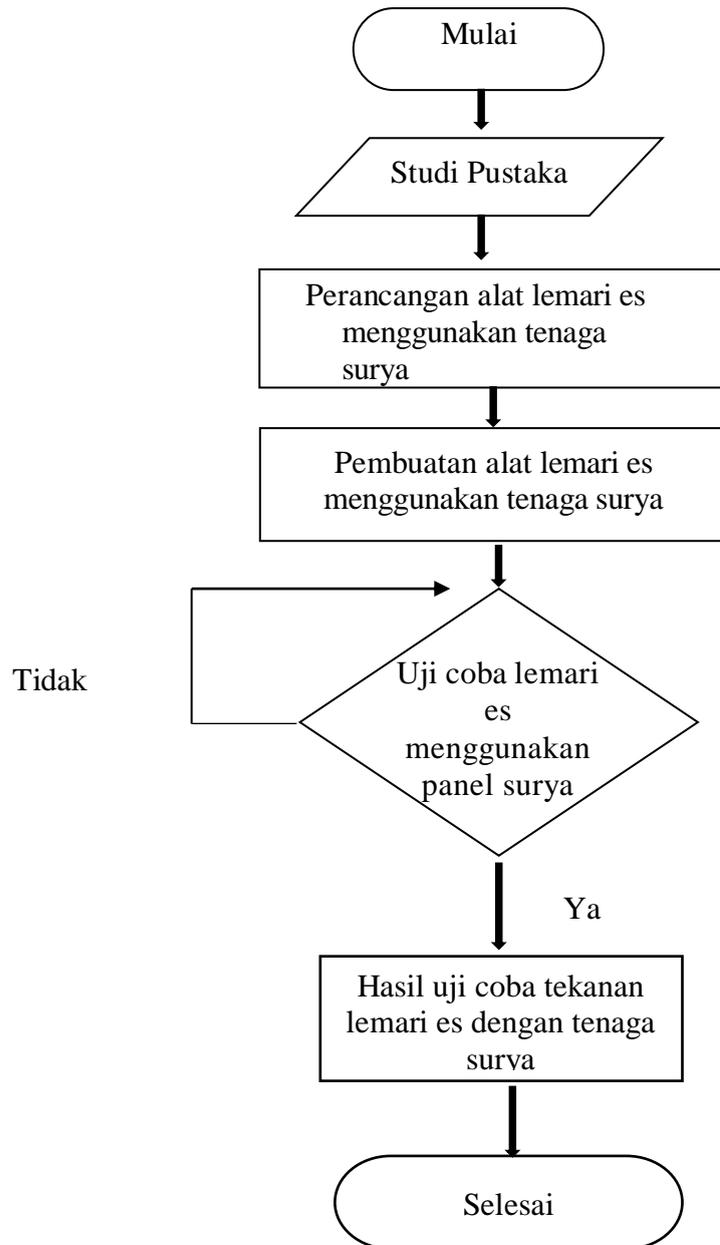
## 7. Kunci Ring Pas

Kunci pas ring digunakan untuk memasang baut pada kerangka panel dan komponen lainnya.

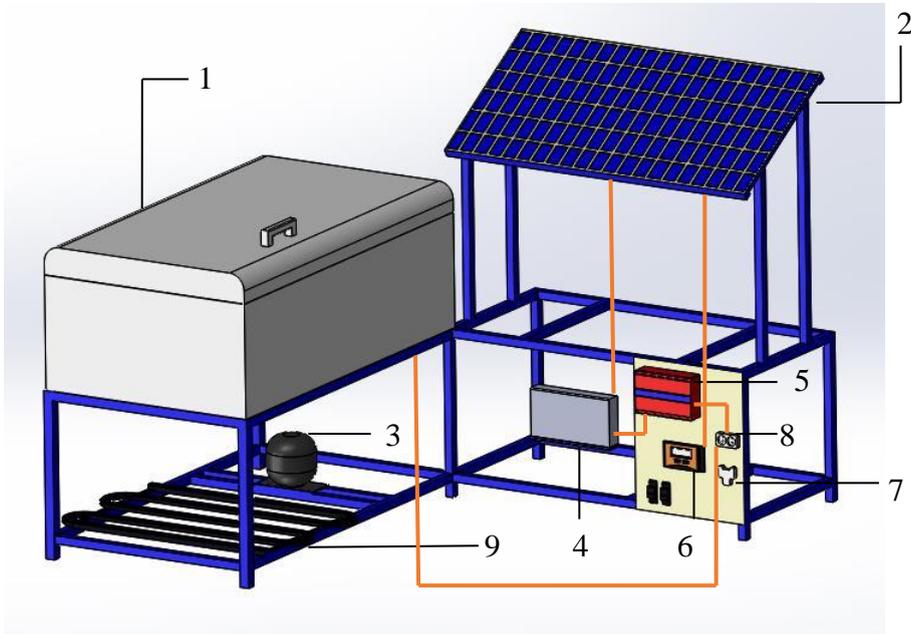


Gambar 3.15 Kunci Ring Pas

### 3.3 Bagan Alir Penelitian



### 3.4. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.17. Lemari pembeku dengan pembangkit listrik tenaga surya

Keterangan :

1. Kulkas
2. Panel surya
3. Kompresor
4. Baterai
5. Inverter
6. Solar charger controller
7. Miniature circuit breaker
8. Stop kontak
9. Kondensor

### **3.5. Prosedur Penelitian.**

#### **3.5.1. Langkah-langkah Pemasangan Alat**

Adapun langkah-langkah perakitan komponen-komponen lemari pembeku dan panel surya adalah sebagai berikut :

1. Memasang papan sebagai dudukan charger controller, inverter, dan komponen lainnya.
2. Memasang tiang penyangga dudukan panel surya.
3. Memasang panel surya ke tiang dudukan yang terpasang di kerangka dengan sudut  $40^{\circ}$ .
4. Memasang charger controller ke papan yang sudah terpasang di kerangka.
5. Memasang inverter ke papan yang sudah terpasang di kerangka.
6. Memasang baterai dan kabel penghubung keseluruhan komponen.
7. Mencolokkan kabel lemari pembeku ke stop kontak yang terhubung dengan inverter

#### **3.5.2. Langkah – langkah pengujian**

Adapun langkah – langkah pengujian analisa kerja kompresor pada lemari pembeku sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian *solar cell* di tempat terbuka yang mendapat sinar matahari, pengujian dilakukan pada pukul 07:00 wib sampai 15:00 wib.
2. Mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan dari keluaran *solar cell*.
3. Memasang lemari pembeku dan memastikan terpasang dengan panel surya.
4. Selanjutnya menjalankan alat uji sampai sistem dan aliran refrigerannya stabil.
5. Catat temperatur, tekanan, dan waktu yang ditunjukkan oleh alat pengukur temperatur, manifold meter, dan stopwatch.
6. Catat waktu yang dibutuhkan keseluruhan dari suhu  $25^{\circ}\text{C}$  sampai suhu  $0^{\circ}\text{C}$ .

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Cara Kerja Kompresor Lemari Es Dan Panel Surya

Setelah rancangan alat selesai selanjutnya mengetahui cara kerja alat tersebut, maka cara kerjanya yaitu tampilan tekanan dan temperatur sebagai tampilan indikatornya, tampilan indikator tekanan ditandai dengan kenaikan angka tekanan yg dikeluarkan kompresor dan indikator temperatur sudah memakai indikator digital agar dapat mengetahui suhu lemari es dan tekanan dan suhu dihitung mulai dari awal pengujian dan setiap 15 menit mencatat data tekanan kompresor dan suhu yang dihasilkan sampai dengan waktu yang ditentukan dan catat data hasil akhir yang di dapat pada pengujian tekanan kompresor pada lemari es tenaga surya.

Dan cara kerja kompresor lemari es ini yaitu kompresor akan memberikan tekanan pada lemari es atau freon yang di alirkan ke seluruh body lemari es, dan cara kerja pada panel surya yaitu panel akan menyerap cahaya dan menampung energi yang dihasilkan ke dalam baterai.

### 4.2. Data Pengujian Lemari Es Menggunakan Tenaga Surya

Pengujian lemari es menggunakan tenaga surya bertujuan untuk mengetahui apakah lemari es menggunakan tenaga surya berfungsi dengan baik atau tidak, sehingga perlu dilakukan pengujian terhadap tekanan kompresor lemari es tersebut. Adapun tabel data yang diambil dari solar cell 410WP dan tekanan kompresor pada lemari es tenaga surya adalah sebagai berikut:

**Tabel4.1.**Hasil data pengujian lemari es menggunakan tenaga surya

Waktu	Tegangan Keluaran (Volt)	Arus panel surya (Ampere)	Tekanan (Bar)	Suhu ( <sup>0</sup> C)
07:00-07:15	27,3	7,31	13,4	30,5
07:15-07:30	29,2	7,55	14,1	25,9
07:30-07:45	30,2	7,86	14,5	19,1
07:45-08:00	29,8	7,86	14,8	12,6
08:00-08:15	31,5	8,25	15,2	7,3
08:15-08:30	32,9	8,45	15,8	4,3
08:30-08:45	33,8	8,30	16	0,8
08:45-09:00	35,8	8,95	16,8	-5,2

Jadi dari hasil tabel data diatas yang menggunakan daya dari tenaga panel surya di dapat bahwa waktu yang diperlukan untuk pendinginan lemari es yang menggunakan panel surya 410WP dibutuhkan waktu 2 jam serta dengan arus yang terpakai selama pendinginan dan tegangan yang di hasilkan oleh panel surya 410WP.

Sedangkan jika lemari es menggunakan tenaga listrik dengan daya rumah 900Watt data sebagai berikut:

**Tabel 4.2.**Hasil data pengujian lemari es menggunakan tenaga listrik

Waktu	Tegangan Keluaran (Volt)	Arus tenaga listrik (Ampere)	Tekanan (Bar)	Suhu ( <sup>0</sup> C)
07:00-07:15	220	4,09	13,4	30,5
07:15-07:30	220	4,09	14	24,2
07:30-07:45	220	4,09	14,6	18,7
07:45-08:00	220	4,09	14,6	11,1
08:00-08:15	220	4,09	15	4,2
08:15-08:30	220	4,09	15,2	1,4
08:30-08:45	220	4,09	15,8	-4,3
08:45-09:00	220	4,09	16	-7,0

Dan ini hasil data jika lemari es menggunakan tenaga listrik normal dengan daya listrik rumah sebesar 900 Watt dan di konversikan menjadi arus sebesar 4,09 Ampere dan dengan daya tegangan listrik rumah yaitu 220 Volt, waktu yang di perlukan selama pendinginan yaitu 2 jam dan data hasil dari lemari es dengan menggunakan daya listrik rumah bisa di lihat pada tabel di atas.



Gambar 4.1. Manifold meter sebagai alat mengukur data tekanan.



Gambar 4.2. Indikator suhu digital sebagai salah satu contoh mengukur data suhu.



Gambar 4.3. indikator solar charger controller menunjukkan data hasil tegangan



Gambar 4.4. Indikator solar charger controller menunjukkan data hasil arus

### 4.3. Hasil Tegangan, Arus dan Daya Pada Solar Cell

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pengaruh sudut datang matahari terhadap keluaran sel surya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut datang matahari dan juga seberapa besar pengaruh sudut tersebut dapat diabaikan. Cara pengujian dilakukan seperti Gambar 4.3. :



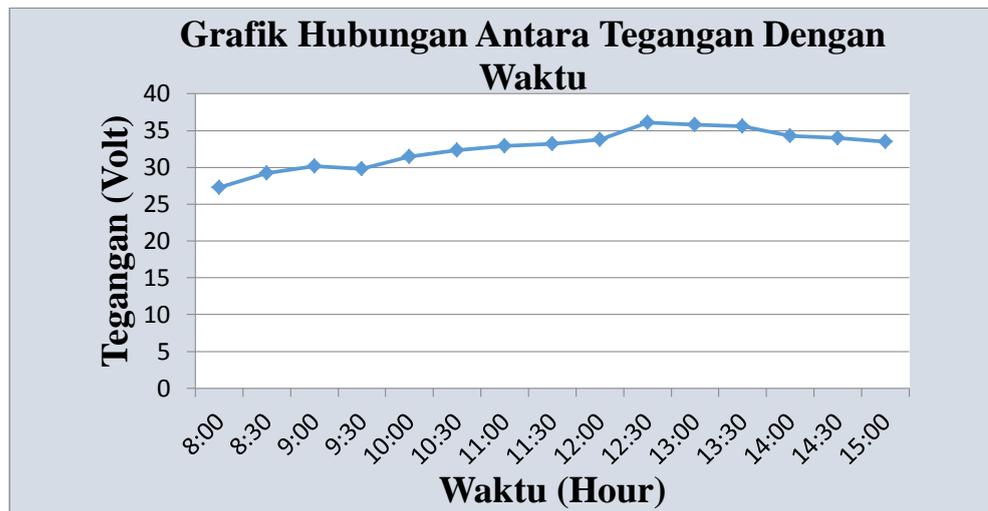
Gambar 4.3. Pengujian pengaruh arah sudut matahari terhadap keluaran sel surya arah sinar membentuk sudut 40 derajat.

Pemasangan sebuah panel sel surya pada posisi kemiringan 40°, (Yoga Pradona, 2019) terhadap sudut datang matahari seperti Gambar di atas. Dari panel sel surya Pengambilan data posisi/sudut matahari sangat diperlukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pergeseran sudut matahari pada selang waktu tertentu. Pengambilan data ini dilakukan pukul 08.00 hingga pukul 17.00. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

**Tabel 4.3.** Hasil Pengujian Panel Surya pada Tanggal 06 Desember 2020

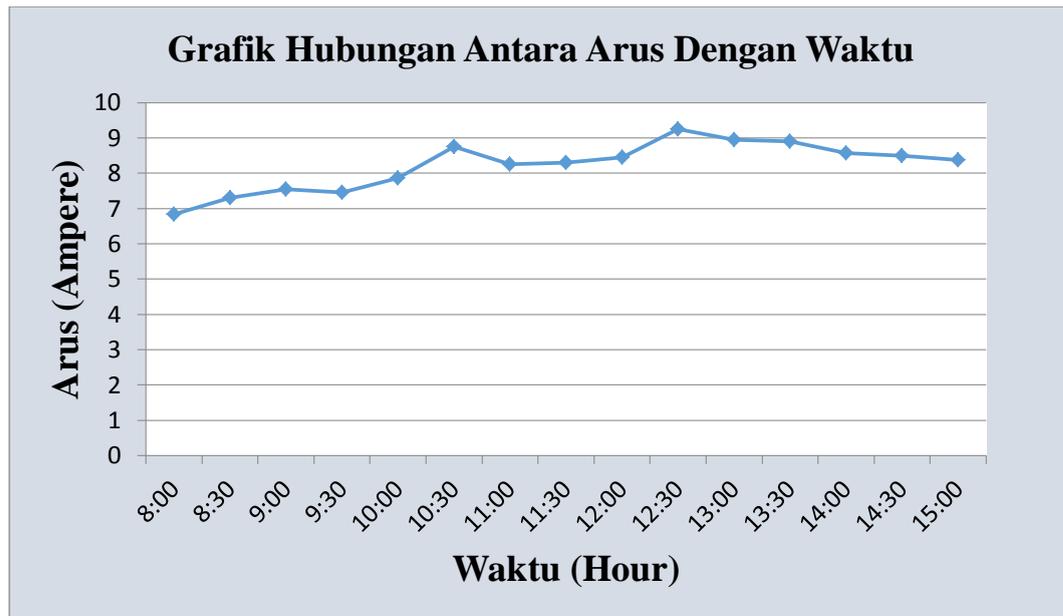
NO	WAKTU	ARUS	TEGANGAN	DAYA
1	8:00	6,84	27,3	186,732
2	8:30	7,31	29,2	213,452
3	9:00	7,55	30,2	228,01
4	9:30	7,45	29,8	222,01
5	10:00	7,86	31,5	247,59
6	10:30	8,75	32,3	282,625
7	11:00	8,25	32,9	271,425
8	11:30	8,30	33,2	275,56
9	12:00	8,45	33,8	285,61
10	12:30	9,25	36,1	333,925
11	13:00	8,95	35,8	320,41
12	13:30	8,90	35,6	316,84
13	14:00	8,57	34,3	293,951
14	14:30	8,50	34,0	289
15	15:00	8,37	33,5	280,395
TOTAL		123,3	489,5	4047,535

Tabel 4.3. merupakan hasil dari pengujian untuk mengetahui perbandingan arus, tegangan dan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Hasil dari table 4.3. diambil dari hari pertama pada tanggal 6 Desember 2020 dan mulai dari pukul 08.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB. Untuk melihat hasil dari perbandingan arus, tegangan dan daya dapat dilihat pada gambar grafik berikut:



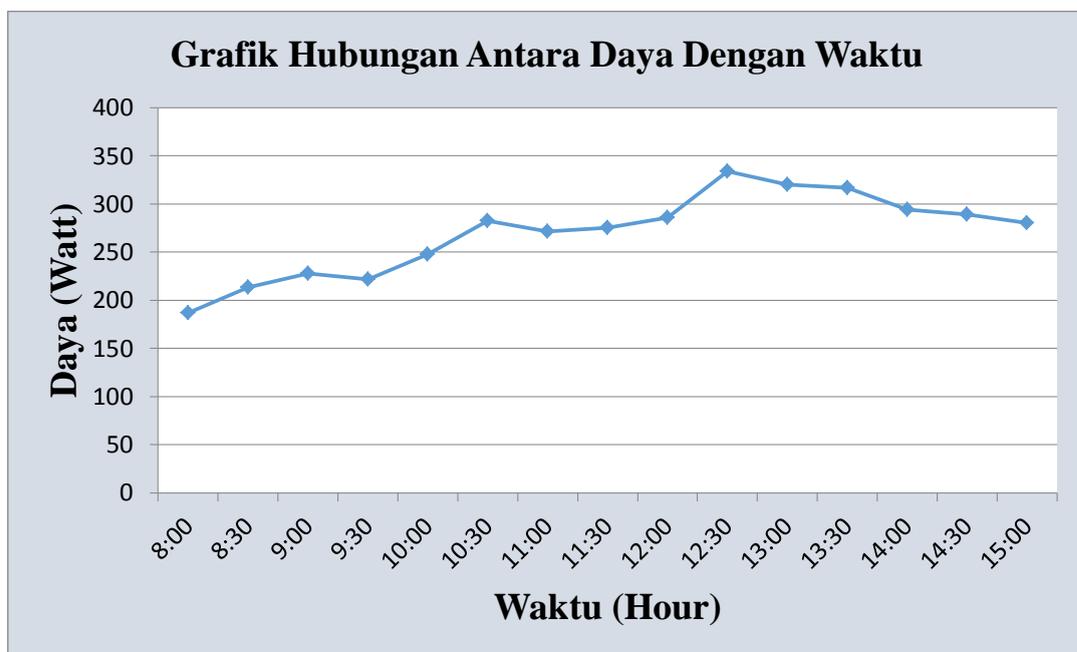
**Gambar 4.5.** Grafik hubungan antara Waktu dengan Tegangan

Dari tabel 4.1 data pengujian dapat diperoleh dan dapat membuat grafik hubungan antara waktu dengan tegangan seperti yang dijelaskan pada gambar 4.4. Tegangan tertinggi yang di dapat yaitu 36,1 V pada pukul 12.30 WIB. Pada pukul 13:00 posisi panel diubah menjadi menghadap kearah barat sampai pukul 15:00, yang dimana pada pukul 08:00 hingga 12:30 posisi panel menghadap kearah timur. Tegangan maksimum yang di dapat mencapai 36,1 Volt pada pukul 12.30 WIB, sedangkan tegangan minimum yang didapat yaitu 27,3 Volt pada pukul 08:00.



**Gambar 4.6.** Grafik Hubungan Antara Arus Dengan Waktu

Dari gambar 4.6. menjelaskan tentang grafik dari hubungan antara arus dengan waktu. Pengujian ini juga dilakukan mulai pukul 08:00 hingga 15:00 dengan pengambilan hasil pengujian setiap 30 menit. Dari gambar 4.3 terlihat arus naik dengan stabil walaupun mengalami penurunan pada pukul 9:30 dan kembali naik pada pukul 10:00 sampai 10:30 WIB. Arus maksimum yang dihasilkan 9,25 Ampere pada pukul 12:30 WIB dan arus minimum yaitu 6,84 Ampere pada pukul 8:00 WIB.



**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Antara Waktu Dengan Daya

Dari gambar 4.7. memperlihatkan tentang grafik hubungan antara waktu dengan daya. Hasil dari daya didapat dari hasil perkalian dari tegangan (V) dengan kuat arus (I)

di setiap 30 menit, dimulai dari pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Seperti di jelaskan pada gambar 4.6. sangat terlihat jelas daya yang di hasilkan pada pukul 08.00 WIB sampai 09.00 WIB terjadi kenaikan daya secara konstan mulai dari 186,732 watt sampai 228,01 watt dan terjadi penurunan pada pukul 09.30 WIB yaitu 222,01 watt, namun pada pukul 10.00 WIB mengalami kenaikan kembali menjadi 247,59 watt. Mulai pukul 10.30 WIB daya naik sedikit dan mengalami penurunan kembali sampai pada pukul 12.00 WIB dan daya mencapai 285,61 Watt akan tetapi pada pukul 12:30 WIB daya mengalami kenaikan yang sangat tinggi yaitu 333,925 Watt Kemudian mulai pukul 12.30 WIB sampai pukul 15:00 WIB mengalami penurunan daya menjadi 280,395 Watt.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terdapat beberapa kesimpulan antara lain :

1. Dari hasil uji tekanan kompresor lemari es menggunakan tenaga panel surya bekerja dengan stabil tanpa adanya kendala yang berpengaruh pada kerja kompresor lemari es menggunakan tenaga surya, dan hasil pengujian data tekanan yang di dapat adalah 16,8 bar jika menggunakan tenaga surya dan 16 bar jika menggunakan tenaga listrik.
2. Dari hasil uji penggunaan lemari es menggunakan tenaga panel surya dengan waktu penggunaan uji lemari es selama 2 jam hasil yg di dapat yaitu, tekanan tertinggi didapat sebesar 16,8 Bar dan arus terpakai tertinggi sebesar 8,95 Ampere dan tegangan arus yang tertinggi di dapat sebesar 35,8 Volt.
3. Dalam penggunaan solar cell dengan kapasitas 410WP dan baterai 150Ah perlunya MPPT (solar charge controller) mencegah pengisian yang berlebihan pada baterai, sehingga baterai tetap aman dan awet.
4. Dari data grafik hubungan terhadap waktu data yg didapat pada tegangan yang tertinggi adalah 36,1 Volt, pada data arus tertinggi adalah 9,25 Ampere, dan pada data daya tertinggi adalah 333,925 watt.
5. Dan arus yang terpakai selama pendinginan lemari es yaitu total 64 Ampere.
6. Dan dalam pengujian ini kulkas dijalankan dengan baterai berkapasitas 150Ah yang sebelumnya diisi dayanya dengan panel surya 410WP

## 5.2. Saran

Pada penelitian yang dilakukan terdapat beberapa saran, antara lain :

1. Sebaiknya pengecasan baterai dilakukan pada hari yang cerah agar dapat menyerap energi surya lebih banyak sehingga penggunaan kompresor dan lemari es dapat lebih tahan lama digunakan.
2. Lemari es dengan menggunakan tenaga panel surya perlu dikembangkan lagi dengan antarmuka pengaturan parameter tampilan perlu ditingkatkan lagi agar indikator yang di tampilkan lebih akurat, misalnya menggunakan *indikator digital*.
3. Demi penyempurnaan alat dan riset, maka diperlukan penelitian-penelitian lanjutan untuk dikembangkan mengenai lemari es menggunakan tenaga surya dengan bentuk-bentuk yang bervariasi lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Purnomo, B. G. (2013) *Cara Kerja Sitem Pendingin*. Blogspot, Batam : Program Studi Teknik Mesin, Universitas Batam.
- Dzulfikar Dafi, Wisnu Broto. (2016) *Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga*. E-Journal SNF2016, Jakarta: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Pancasila Jakarta.
- Hamid, A dan Erwahyudi, (2017) *Perancangan Alat Simulasi Air Conditioner Split Wall ½ Pk Terhadap Beban Panas Di Dalam Ruangan*. Batam : Program Studi Teknik Mesin, Universitas Batam
- Handoyo, A dan Lukito, A. (2002) *Analisis Pengaruh Pipa Kapiler Yang Dililitkan Pada Line Suction Terhadap Performasi Mesin Pendingin*. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra.
- Irawan Aldi T, (2019) “*Analisa Numerik Perpindahan Panas Pada ACWH Dengan Pipa Kapiler Sebagai Penghantar Panas*” Laporan Tugas Akhir. Medan : Program Studi Teknik Mesin, UMSU.
- Kuswary, R. (2019) *Simulasi Numerik Kerugian Energi Pada Belokan Pipa*. Laporan Tugas Akhir. Medan : Program Studi Teknik Mesin, UMSU.
- Ramadani R. (2019) “*Studi Experimental Potensi Penyerapan Energi Matahari Sistem Fotovoltaik Di Wilayah Pegunungan Sibolangit*”. Laporan Tugas Akhir. Medan : Program Studi Teknik Mesin, UMSU.
- Rusman. (2015) *Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 WP*. Jurnal, Lampung: Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Metro.
- Siregar, C. A. dan Lubis, S. (2018) “*Pengaruh Jarak Kaca Terhadap Efisiensi Alat Destilasi Air Laut Yang Memanfaatkan Energi Matahari Di Kota Medan*”. Jurnal, Medan : Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Mitrakusuma, W.H. (2019) “*Pengaruh Frekuensi Buka Tutup Pintu Terhadap Kinerja Kulkas*” Jurnal, Bandung : Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung.

- Kurniawan, H. (2014) “Pengaruh Variasi Panjang Kondensor Terhadap Cop (Coefficient Of Performance) Mesin Refrigerasi Dengan Fluida Lpg (Liquified Petroleum Gas)” Laporan Tugas Akhir, Jember : Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember.
- Purwoto, B. H. (2018) “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif” Jurnal, Surakarta : Fakultas Teknik, Universitas Surakarta.
- Isyanto, H. (2017) “Pendingin Untuk Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya” Jurnal, Jakarta : Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah jakarta.
- Barita. (2018) “Pengaruh Kinerja Kompresor Pada Mesin Pendingin Dengan Penggunaan Variasi Bahan Refrigran” Jurnal, Medan : Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Medan.
- Saputra, D. P. (2019) “Perencanaan Sistem Instrumentasi Pada Rancang Bangun Trainer Perpindahan Panas Pada Kulkas” Jurnal, Surabaya : Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya.
- Pradona, Y. (2019) “Variasi Kemiringan Sudut Terhadap Efektivitas Kinerja Panel Surya” Tugas Akhir, Medan : Jurusan Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

## LAMPIRAN











## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Yogi Dira Nugraha  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 27 April 1998  
Alamat : Jl. Marelan V Pasar 2 Barat No:63  
Agama : Islam  
E-mail : nyogi4666@gmail.com  
No.Hp : 081366330702

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDN 066040 Rengas Pulau Tahun 2004-2010
2. SMP Swasta Melati Tahun 2010-2013
3. SMA Swata Sinar Husni Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016-2021