

TUGAS AKHIR

PENGARUH JENIS WATER COOLANTS PADA PANEL SURYA TERHADAP KINERJA PANEL SURYA

***Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Islam Riau***



Disusun Oleh :

PARLINDUNGAN SIMATUPANG

173310154

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

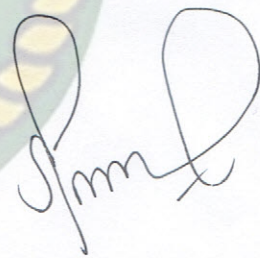
**PENGARUH JENIS WATER COOLANTS PADA PANEL SURYA
TERHADAP KINERJA PANEL SURYA**

Disusun Oleh :

PARLINDUNGAN SIMATUPANG

17.331.0154

Disetujui Oleh :



SEHAT ABDI SARAGIH, S.T., M.T
Dosen Pembimbing

Tanggal : 1 Agustus 22

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH JENIS WATER COOLANTS PADA PANEL SURYA TERHADAP KINERJA PANEL SURYA

Disusun Oleh :

PARLINDUNGAN SIMATUPANG

NPM : 17.331.0154

Disetujui :

PEMBIMBING

SEHAT ABDI SARAGIH, S.T., M.T

NIDN. 1012107502

PENGUJI I

PENGUJI II

EDDY ELFIANO, S.T., M.Eng
NIDN : 1025057501

RAFIL ARIZONA, S.T., M.Eng
NIDN : 1028108902

Disahkan Oleh :

KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., PhD
NIDN. 1009038504

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Parlindungan Simatupang

NPM : 173310154

Fakultas/Prodi : Teknik/Program Studi Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : PENGARUH JENIS WATER COOLANTS PADA
PANEL SURYA TERHADAP KINERJA PANEL SURYA

Menyatakan dengan sebenar-benarnya, bahwa penulisan Tugas Akhir ini adalah hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari karya tulis saya sendiri, baik dari naskah laporan maupun data-data yang tercantum sebagai bagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya tulis milik orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas di daftar pustaka.

Surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan berlaku di Universitas Islam Riau.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam sadar dan kondisi sehat serta tanpa paksaan dari pihak manapun.

Pekanbaru, 10 Agustus 2022



Parlindungan Simatupang
NPM 173310154

BIODATA DIRI



Nama lengkap Parlindungan Simatupang, lahir di Beringin Lestari, 24 September 1998, merupakan anak kedua dari bapak Basaruddin Simatupang dan ibu Siti Rodiah Sitompul. Penulis merupakan berkebangsaan Indonesia dan beragama Islam. Penulis menyelesaikan pendidikan pertama di Taman Kanak-Kanak Kartini Ramah Bakti tahun 2003-2005, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 008 Beringin Lestari tahun 2005-2011, lalu melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Kota Bangun 2011-2014, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Kejuruan Swasta Sultan Syarif Qasim Kandis Jurusan Teknik Kendaraan Ringan tahun 2014-2017. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan Perguruan Tinggi Swasta di Universitas Islam Riau Pekanbaru Program Studi Teknik Mesin (S1) tahun 2017-2022. Penulis telah melaksanakan program Kerja Praktek atau magang di PT. Sekar Bumi Alam Lestari di Kota Garo, Riau selama 3 bulan pada tahun 2016 dan PT. Pangkalan Baru Indah di Desa Pangkalan Baru, Pekanbaru, Riau selama 1 bulan pada tahun 2020.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan yang maha esa atas segala limpahan nikmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya”.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan akademis dalam rangka meraih gelar Sarjana di jurusan teknik mesin fakultas teknik universitas islam riau. Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan petunjuk dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung.

Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Ayah Basaruddin Simatupang dan Ibu Siti Rodiah Sitompul yang telah menjadi orang tua terhebat dalam hidup penulis, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik secara moril maupun finansial. Serta Masriani, Nurjannah . Serta seluruh keluarga terima kasih atas doa, dukungan dan motivasi yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Jhonni Rahman. B.Eng., M.Eng., PhD Selaku ketua program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Dr. Eng. Muslim, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Bapak Sehat Abdi Saragih, ST, MT. Selaku dosen pembimbing tugas akhir Teknik Mesin ,Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
5. Bapak Rafil Arizona, ST, M.Eng selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
6. Dosen-dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, atas ilmu dan dorongannya dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

7. Teman-teman Seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 17, yang telah memberikan bantuan dan dukungannya untuk menyelesaikan tugas akhir.
8. Vrendi Ashari Situmeang S.T yang telah membantu penulis pada saat penelitian.
9. Sahabat penulis squad *pondok cemara* yang bersedia menjadi tempat untuk bertukar pikiran dan memberikan motivasi serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga kebaikan yang telah mereka berikan kepada penulis menjadi amal kebaikan dan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Selanjutnya, Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan sangat penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat kepada pihak yang memerlukannya.

Pekanbaru, April 2022

Parlindungan Simatupang

PENGARUH JENIS WATER COOLANTS PADA PANEL SURYA TERHADAP KINERJA PANEL SURYA

Parlindungan Simatupang, Sehat Abdi Saragih, ST. MT

Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Jl. Kaharuddin nasution, Km. 11, No. 133, Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Email : parlindungan224@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan perkembangan industri. Salah satu cara untuk memanfaatkan energi radiasi dari sinar matahari adalah dengan mengkonversi menjadi energi listrik melalui sel surya (solar cell) atau photovoltaic. Solar cell (sel surya) adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Pekanbaru adalah salah satu kota di Indonesia yang memiliki suhu lingkungan tinggi yaitu berkisar antara 23° sampai dengan 35° temperatur tersebut terbilang cukup tinggi maka perlu dilakukan upaya pendinginan pada panel surya agar daya output yang dihasilkan optimal. Karena adanya permasalahan tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya. Dalam penelitian ini dilakukan pendinginan pada panel surya dengan 5 jenis water coolants yaitu Air, LONG, KX, Super 1, Prestise. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa water coolants memiliki pengaruh pada kinerja panel surya. Hal ini terjadi karena titik didih air lebih rendah daripada water coolants, sehingga water coolants lebih baik menyerap panas pada panel surya. Dari hasil penelitian 5 jenis water coolants jenis water coolants KX memiliki pengaruh kinerja yang paling baik.

Kata kunci : Panel surya, Kinerja, water coolants

THE EFFECT OF TYPES OF WATER COOLANTS ON SOLAR PANELS ON THE PERFORMANCE OF SOLAR PANELS

Parlindungan Simatupang, Sehat Abdi Saragih, ST. MT

Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Jl. Kaharuddin nasution, Km. 11, No. 133, Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Email : parlindungan224@student.uir.ac.id

ABSTRACT

The need for electrical energy is increasing along with the development of the industry. One way to utilize radiant energy from sunlight is to convert it into electrical energy through solar cells or photovoltaic. Solar cell (solar cell) is a tool that can be used to convert sunlight into electrical energy. Pekanbaru is one of the cities in Indonesia that has a high ambient temperature, which ranges from 23° to 35°, the temperature is quite high, so it is necessary to make efforts to cool the solar panels so that the output power produced is optimal. Because of these problems, it is necessary to do research on the effect of water coolants on solar panels on the performance of solar panels. This study aims to determine the effect of water coolants on solar panels on the performance of solar panels. In this study, solar panels were cooled with 5 types of water coolants, namely Air, LONG, KX, Super 1, Prestige. From the results of the study, it can be seen that water coolants have an influence on the performance of solar panels. This happens because the boiling point of water is lower than that of water coolants, so water coolants absorb heat better from solar panels. From the results of the study, 5 types of water coolants, KX water coolants have the best performance effect.

Keywords: Solar panels, performance, water coolants

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAPTR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Panel Surya	4
2.2 Jenis – jenis Panel Surya.....	5
2.2.1 Monokristal(Mono-crystalline).....	5
2.2.2 Polikristal(Poly-crystalline)	6
2.2.3 Amorphous.....	6
2.3 Karakteristik Panel Surya.....	7
2.4 Prinsip Kerja Panel Surya	8
2.5 Komponen Panel Surya	9
2.5.1 Modul Panel Surya.....	9
2.5.2 Solar Charger Controller	9
2.5.3 Baterai	10
2.5.4 Inverter	11
2.6 Panel Surya Menggunakan Sistem Pendingin	11
2.7 Pengaruh Pendingin Terhadap Kinerja Panel Surya	11
2.8 Perpindahan Panas.....	12
2.8.1 Konduksi.....	14

2.8.2 Konveksi.....	15
2.8.3 Radiasi	17
2.9 Definisi Coolant.....	18
2.9.1 Jenis- jenis Coolant	18
2.9.2 Jenis Coolant yang Sering digunakan	19
2.9.3 Aplikasi Coolant	20
2.10 Kinerja Panel Surya.....	21
2.10.1 Rangkaian tegangan terbuka (Voc).....	21
2.10.2 Arus short circuit (Isc)	21
2.10.3 Daya masuk (Pin).....	22
2.10.4 Daya maksimum (Pmax).....	22
2.10.5 Daya keluaran (Pout)	22
2.10.6 Fill Factor (FF).....	23
2.10.7 Efisiensi sel surya	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	25
3.2 Diagram Alir Penelitian	26
3.3 Alat Dan Bahan.....	27
3.3.1 Alat Pengujian.....	27
3.3.2 Bahan	33
3.4 Persiapan Pengujian.....	35
3.5 Prosedur Pengujian	35
3.6 Hasil Dan Pembahasan.....	35
3.7 Kesimpulan	35
3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Pengaruh jenis water coolants terhadap Voc	37
4.2 Pengaruh jenis water coolants terhadap Isc	41
4.3 Pengaruh jenis water coolants terhadap Pmax.....	45
4.4 Pengaruh jenis water coolants terhadap Pout	49
4.5 Pengaruh jenis water coolants terhadap FF	53

4.6 Pengaruh jenis water coolants terhadap efesiensi(η)	57
--	----

BAB V PENUTUP	61
----------------------------	----

5.1 Kesimpulan	61
----------------------	----

5.2 Saran	61
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA	62
-----------------------------	----

LAMPIRAN	
-----------------	--



DAFTAR GAMBAR

Gmabar 2.1 Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya	4
Gambar 2.2 Surya Panel Monokristal	5
Gambar 2.3 Panle Surya Polikristal	6
Gambar 2.4 Panel Surya Amorphous.....	7
Gambar 2.5 Grafik Arus Terhadap Tegangan Dan Daya Terhadap Tegangan Sebagai Karakteristik Sel Surya	8
Gambar 2.6 Prinsip Kerja Panel Surya	8
Gambar 2.7 Solar Charge.....	10
Gambar 2.8 Baterai	11
Gambar 2.9 Inverter	11
Gambar 2.10 Forced Air Cooling	12
Gambar 2.11 Pengaruh Dari Temperatur Panel Surya Parameter Keluaran	13
Gambar 2.12 Perpindahan Panas Pada Benda Padat.....	14
Gambar 2.13 Perpindahan Panas Secara Konveksi	16
Gambar 2.14 Perpindahan Panas Radiasi Permukaan	17
Gambar 2.15 Water Coolants.....	19

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	36
Tabel 4.1 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap Rangkaian Tegangan Terbuka (Voc)	37
Tabel 4.2 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap (Isc)	42
Tabel 4.3 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap Daya Maksimum (Pmax)...	45
Tabel 4.4 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap Daya Keluar (Pout)	49
Tabel 4.5 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap Fill Factor (FF)	53
Tabel 4.6 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap Efisiensi (η)	57

DAFTAR NOTASI

P_{in}	Daya Input Akibat Radiasi Matahari	W
P_{out}	Daya Maksimum Keluran	Watt
I_r	Intensitas Radiasi Matahari	W/m^2
A	Luas Permukaan Panel Surya	m^2
V_{mp}	Maximum Power Point Voltage	Volt
I_{mp}	Maximum Power Point Current	Ampere
V_{oc}	Tegangan Rangkaian Terbuka Pada Panel Surya	Volt
I_{sc}	Arus Hubungan Singkat Panel Surya	Ampere
(η)	Efesiensi Panel surya	
FF	Faktor Pengisian	
P_{max}	Daya Maksimum	Watt
I_{max}	Arus Maksimum	Volt
V_{max}	Tegangan Maksimum	Ampere
K	Kostanta Boltzman	$1,30 \times 10^{-16} \text{erg}$
Q	Konstanta Muatan Elektron	$1.062 \times 10^{-19} \text{C}$
T	Temperatur	K
I_s	Arus Satu Rasi	A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Salah satu cara untuk memanfaatkan energi radiasi dari sinar matahari adalah dengan mengkonversinya menjadi energi listrik melalui sel surya (solar cell) atau photovoltaic. Sel surya beroperasi dengan baik di hampir seluruh bagian bumi yang terkena sinar matahari. Teknologi terbarukan ini sangat ramah untuk lingkungan, yang dimana polusi yang dihasilkan sangatlah minim (Lasinta Ari Nendra Wibawa, 2019).

Solar cell (sel surya) adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Dan photovoltaic ialah teknologi yang mengkonversi radiasi dari matahari menjadi energi listrik secara langsung. Tahapan solar cell mengubah sinar matahari yaitu dengan cara saat cahaya mengenai sel silikon dan cahaya akan diserap oleh sel silikon, energi cahaya yang diserap akan ditransfer ke bahan semi konduktor yang berupa silikon. Energi yang tersimpan dalam semi konduktor akan mengakibatkan elektron lepas dan mengalir dalam semikonduktor. Semua sel photovoltaic ini juga memiliki medan elektrik yang memaksa elektron yang lepas karena penyerapan cahaya tersebut untuk mengalir dalam suatu arah tertentu (Supranto, 2015).

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan perkembangan industri. Panel surya bisa menjadi alternatif untuk menghasilkan energi listrik karena ketersediaannya yang sangat melimpah dan juga sangat ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi untuk lingkungan. Panel surya juga dapat dimanfaatkan di daerah yang belum di masukin arus listrik PLN, pemanfaatan panel surya juga dapat menghemat penggunaan arus PLN.

Pekanbaru adalah salah satu kota di Indonesia yang memiliki suhu lingkungan tinggi yaitu berkisar antara 23° sampai dengan 35° temperatur tersebut terbilang cukup tinggi maka perlu dilakukan upaya pendinginan pada panel surya agar daya output yang dihasilkan optimal.

Karena adanya permasalahan tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya. Tegangan keluaran dari solar cell selama ini kurang optimal. Oleh karena itu diperlukan solusi yang dapat mengoptimalkan output tegangan dari solar cell. Penggunaan sistem pendinginan dan water coolants diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan tegangan keluaran dari solar cell.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diatas dapat dirumuskan masalahnya adalah sebagai berikut .

1. Bagaimana pengaruh jenis water coolants terhadap kinerja panel surya.
2. Jenis water coolants yang mana yang memiliki kinerja panel surya yang paling baik.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui apakah ada pengaruh jenis water coolants terhadap kinerja panel surya.
2. Untuk mendapatkan jenis water coolants yang memiliki kinerja panel surya yang paling baik.

1.4 Batasan Masalah

Untuk meringkas dan memperjelas suatu penelitian agar dapat dibahas dengan baik dan tidak meluas, maka perlu direncanakan batasan masalah yang terdiri dari:

1. Panel surya yang digunakan berkapasitas 180 Wp dengan jenis solar mono crystallin
2. Ukuran panel surya dengan panjang 1.580 mm, dan lebar 808 mm, tebal 40 mm

3. Menggunakan pompa air 220 volt 8 Watt
4. Menggunakan 5 jenis water coolants
5. Pengujian di lakukan di *rooftop* gedung C Universitas Islam Riau

1.5 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adlaha sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori dasar, prinsip kerja panel surya,dasar teori yang berhubungan water coolants.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi analisis yaitu persiapan, metode yang digunakan, pengujian, pengumpulan data dan diagram alir penelitian.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pengolahan data, hasil penelitian dan analisa.

BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya

Panel surya atau Solar Cell adalah suatu komponen pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik dengan proses efek fotovoltaiic. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6 V tanpa beban (open circuit) atau 0,45 V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. 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. Ilustrasi cara kerja sel surya dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya

Sumber : surya utama putra 2016

WP adalah singkatan dari Watt-Peak yaitu istilah yang biasa digunakan dalam dunia solar energi. WP menggambarkan besarnya nominal Watt tertinggi yang dapat dihasilkan dari sebuah solar sistem, karena energi dari sinar matahari yang bisa berubah-ubah dalam satu hari. Dalam sebuah grafik dari hasil laboratorium tentang ukuran kekuatan daya listriknya per satuan waktu, akan tampak seperti gelombang, ada puncak (Peak) dan ada lembahnya. Contohnya

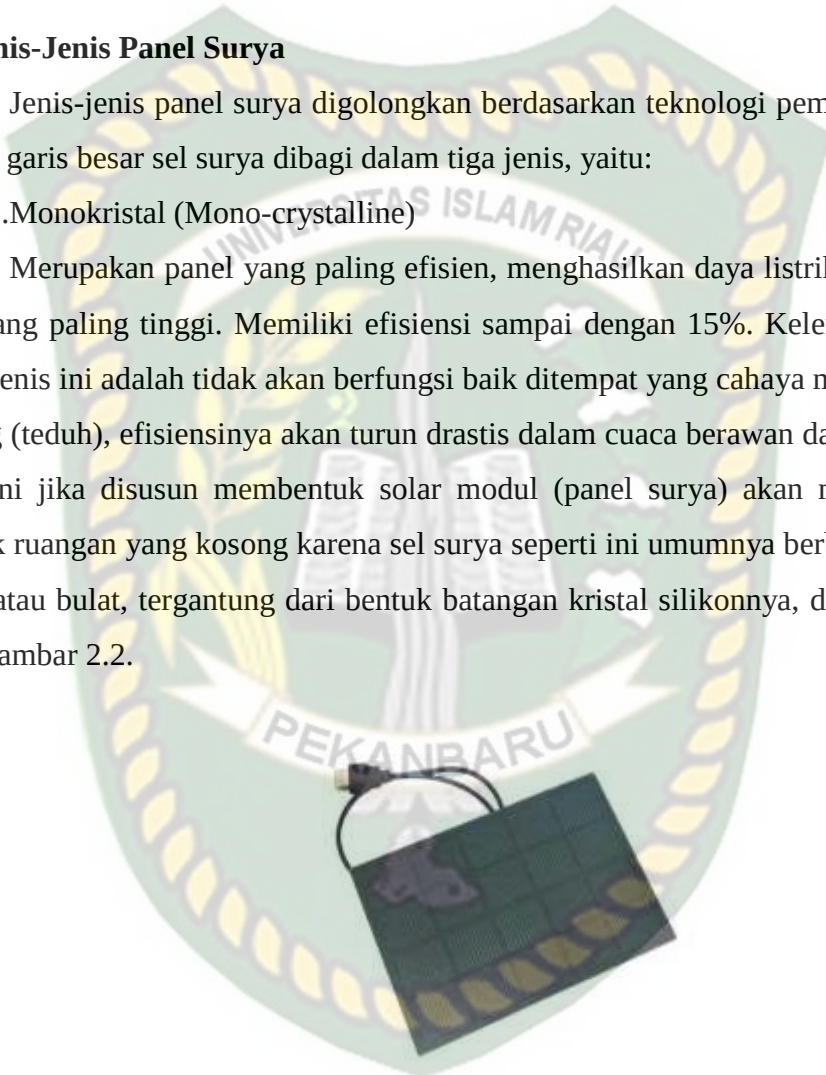
solar cell yang memiliki daya 10 WP, artinya seberapa kuatnya sinar matahari pada saat itu, maksimal daya yang dapat diserap atau output energi yang dihasilkan oleh perangkat tersebut hanya 10 Watt.

2.2 Jenis-Jenis Panel Surya

Jenis-jenis panel surya digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:

2.2.1. Monokristal (Mono-crystalline)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan dan sel surya jenis ini jika disusun membentuk solar modul (panel surya) akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya, dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Surya Panel Monokristal

Sumber : Fitri madani 2018

Keterangan gambar 2.2 yaitu :

1. Batangan kristal silikon murni
2. Irisan kristal silikon yang sangat tipis
3. Sebuah sel surya monocrystalline yang sudah jadi
4. Sebuah panel surya monocrystalline yang berisi susunan sel surya

monocrystalline. Nampak area kosong yang tidak tertutup karena bentuk sel surya jenis ini.

2.2.2 Polikristal (Poly-crystalline)

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur atau dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak sempurna pada sel surya monocrystalline, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16%.

Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya monocrystalline di atas. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding monocrystalline, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini. Panel surya monocrystalline dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Panel surya polikristal

Sumber : Fitri madani 2018

2.2.3. Amorphous

Jenis sel surya yang berbentuk flim tipis. Efisiensi sekitar 4-6%. Panel surya jenis ini banyak digunakan pada mainan anak-anak, jam dan kalkulator.



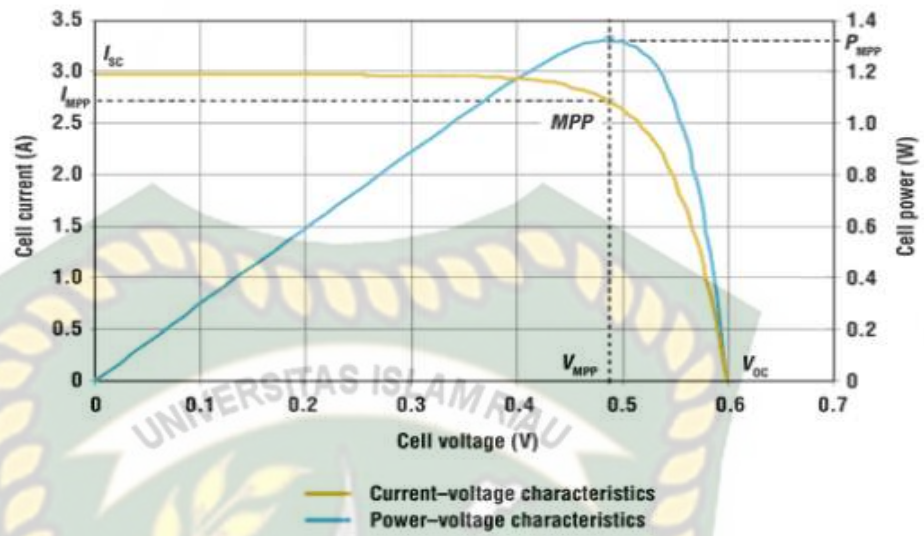
Gambar 2.4 Panel surya amorphous

Sumber : Fitri madani 2018

2.3. Karakteristik Panel Surya (Solar Cell)

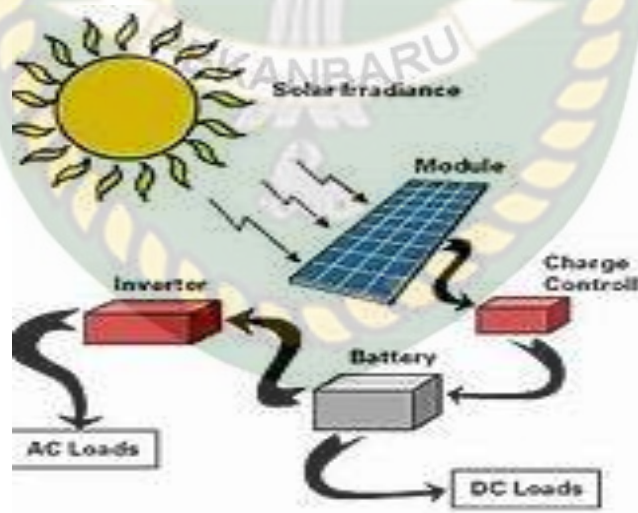
Sel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangansel surya. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau digambarkan sebagai “sel suryahubung pendek”, “arus rangkaian pendek” atau ISC (short circuit current), yangsebanding dengan irradiansi terhadap sel surya dapat diukur. Nilai ISC naik denganmeningkatnya temperatur, meskipun temperatur standar yang tercatat untuk arusrangkaiian pendek adalah 25°C. Jika arus sel surya sama dengan nol, sel suryatersebut digambarkan sebagai “rangkaiian terbuka”. Tegangan sel surya kemudianmenjadi “tegangan rangkaian terbuka”, Voc (open circuit voltage). KetergantunganVoc terhadap iradiansi bersifat logaritmis, dan penurunan yang lebih cepat disertaipeningkatan temperatur melebihi kecepatan kenaikan Isc. Oleh karena itu, dayamaksimum sel surya dan efisiensi sel surya menurun dengan peningkatan temperaturPada kebanyakan sel surya, peningkatan temperatur dari 25°C mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%.

Sel surya menghasilkan daya maksimumnya pada tegangan tertentu. Gambar 2.6 menunjukkan tegangan arus dan karakteristik tegangan-daya. Gambar ini juga menunjukkan dengan jelas bahwa kurva daya memiliki titik daya maksimum yang disebut MPP (Maximum Power Point).



Gambar 2.5 Grafik arus terhadap tegangan dan daya terhadap tegangan sebagai karakteristik sel surya (Quashcning, 2004)

2.4. Prinsip Kerja Panel Surya



Gambr 2.6 prinsip kerja panel surya

Sumber : Fauzi 2017

Menurut (Mudhofiroh & Noor, 2014) “ Prinsip dari Panel surya ialah mengubah intensitas cahaya matahari menjadi energi listrik yang dapat

digunakan untuk menjalankan peralatan elektronik”. Panel surya yaitu suatu panel lengkap yang terdiri dari beberapa sel yang disusun secara horizontal serta dilapisi dengan kaca sehingga mampu dipasang dibawah sinar matahari. Beberapa sel tersebut terbuat dari kristal silikon yang dikembangkan dalam bentuk batang tuangan .

2.5 Komponen Panel Surya

2.5.1. Modul panel surya

Modul panel surya atau panel surya adalah komponen utama pada pembangkit listrik tenaga surya. Panel surya berfungsi untuk merubah tenaga matahari menjadi listrik. Tanpa komponen ini energi listrik tidak dapat dihasilkan. Modul surya saling dihubungkan secara seri, paralel atau kombinasi keduanya untuk memperoleh suatu nilai tegangan, arus, dan daya tertentu. Jumlah modul yang dihubungkan paralel ditentukan oleh nilai tegangan yang dibutuhkan, sedangkan untuk menentukan nilai arus dilakukan pemasangan seri.

2.5.2. Solar Charge Controller

SCC atau kepanjangannya Solar Charge Controller merupakan rangkaian baterai yang mengatur proses isi baterai. Tegangan yang telah dihasilkan sel surya biasanya di atas 12 V. SCC ini digunakan untuk mengatur tegangan aki supaya tidak melebihi toleransi daya yang didapat (Hidayat R., Dkk, 2017).

Kegunaan SCC :

1. Mengubah arus DC bertegangan tinggi dari panel surya menjadi arus bertegangan rendah menyesuaikan dengan kapasitas baterai, seperti menjadi tegangan 48 VDC.
2. Mengurangi arus pengisian ke baterai saat status baterai sudah penuh, cara kerja ini dimaksudkan untuk melindungi baterai dari pengisian berlebih. Baterai yang dicas terus menerus walaupun sudah penuh bisa mengakibatkan munculnya gas dan bahkan ledakan.
3. Mengoptimalkan transfer daya dari panel surya ke baterai dengan algoritma Maximum Power Point Tracker (MPPT)

4. Mencegah arus balik dari baterai yang menuju ke panel surya saat malam atau ketika intensitas sinar matahari kurang mencukup



Gambar 2.7 Solar Charge

Sumber : Fitri madani 2018

2.5.3. Baterai

Baterai adalah sebuah komponen yang dapat menyimpan energi berupa energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia. Jadi, baterai sebenarnya merupakan sebuah sel elektrokimia. Sel elektro kimia dapat dibagi menjadi dua, yaitu: sel galvanis dan sel elektrolisa. Sel galvanis, yang juga disebut sel volta, merubah energi kimia menjadi kerja listrik sedangkan sel elektrolisa merubah kerja listrik untuk menggerakkan reaksi kimia tak spontan.



Gambar 2.8 Baterai

Sumber : Fitri madani 2018

2.5.4. Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC). Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya atau solar cell menjadi AC. Perubahan tersebut dilakukan dengan mengubah kecepatan motor AC dengan cara mengubah frekuensi outputnya. Jadi bisa dibilang inverter ini multifungsi, dapat mengubah arus AC ke DC, lalu mengembalikannya lagi ke AC.



Gambar 2.9 Inverter

Sumber : Fitri madani 2018

2.6 Panel Surya Menggunakan Sistem Pendingin

Metode pendinginan pada panel surya terdiri atas dua macam yaitu pendinginan secara aktif dan pasif. Pendinginan secara aktif memerlukan tenaga eksternal untuk menggerakkan pompa atau kipas yang bekerja sedangkan pada pendinginan pasif tidak memerlukan tenaga eksternal. Mazon-Hernandez (2013) melakukan penelitian pendinginan dengan konveksi paksa udara, menggunakan kipas untuk mendinginkan bagian belakang dari modul panel surya seperti pada gambar 2.11. Dari penelitian tersebut bahwa kenaikan efisiensi adalah 2% dan penurunan maksimum pada temperature sel adalah 15oC, dimana jarak antara modul dan atap, aliran masaa udara, dan temperature ambient sangat berpengaruh pada kinerja sistem panel surya.

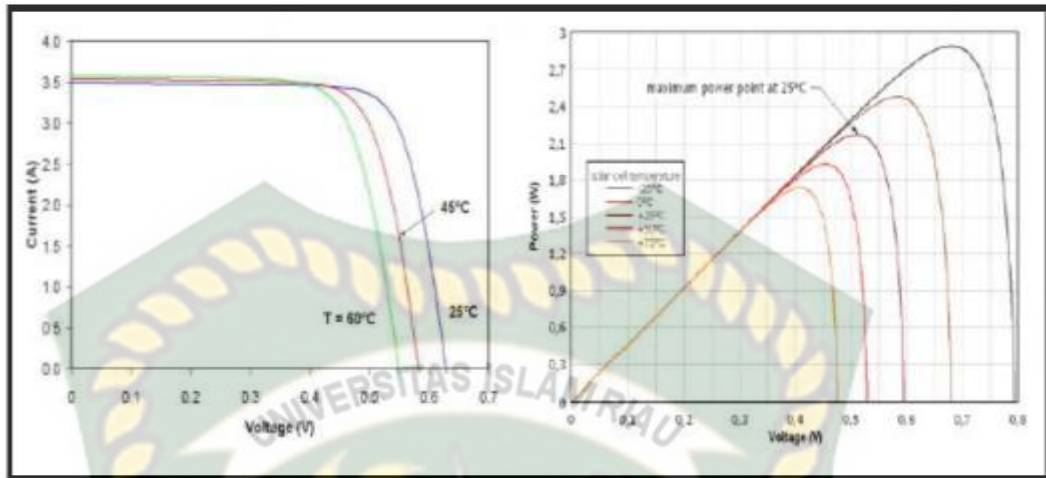


Gambar 2.10 *Forced air cooling* (Mazón-Hernández, 2013)

2.7 Pengaruh Pendinginan Terhadap Kinerja Panel Surya

Photovoltaics secara langsung mengubah radiasi matahari menjadi listrik. Setiap sel terdiri atas material semikonduktor, p-type dan n-type. Ketika cahaya matahari menyentuh permukaan panel akan menghasilkan tegangan dan arus. Sel-sel bisa berupa polikristalin, yang terdiri dari banyak kristal silikon, atau kristal tunggal, yang berasal dari kristal besar. Sel monokristalin memiliki efisiensi dan biaya konversi yang lebih tinggi. Hal ini menimbulkan masalah karena teknologi fotovoltaik saat ini memiliki efisiensi konversi yang relatif rendah yaitu 6-20%. Pada saat yang sama, 80-94% dari insiden radiasi matahari lainnya diubah menjadi panas, yang sangat meningkatkan suhu sel PV dan mengurangi efisiensi.

Daya dari sel fotovoltaik tergantung pada perubahan temperatur dan tingkatan radiasi matahari. Dalam beberapa studi menyatakan bahwa produksi daya maksimum hampir linier dengan temperature operasi. Hal tersebut bisa dilihat pada gambar 2.14, ditandai bahwa nilai tegangan yang dihasilkan oleh PV cell mempunyai peningkatan.



singnifikan ketika temperatur pada sel dalam keadaan sangat baik, tetapi arus mengalami penurunan yang sangat, menyebabkan daya yang dihasilkan menurun.

Gambar 2.11 Pengaruh dari temperature panel pada parameter keluaran

Sumber : Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin 2019

Kinerja sel surya akan lebih baik saat berada pada iklim dingin dari pada iklim panas. Cara efektif untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi laju penurunan panas pada modul PV adalah dengan mengurangi temperatur pada permukaan panel. Sehingga diperlukan pendinginan pada panel untuk meningkatkan efisiensi panel surya.

Dalam bebrapa tahun belakangan telah terdapat beebbrapa metode yang efektif untuk mendinginkan modul PV. Penelitian sebelumnya membagi 2 kategori dalam metode mendinginkan yaitu metode pendiginan aktif yang membutuhkan daya dan pendinginan pasif yang tidak memerlukan daya. Pada metode pendinginan aktif membutuhkan pompa dan kipas untuk membantu melakukan koveksi secara paksa pada modul panel surya. sedangkan pada pendinginan pasif tidak membutuhkan daya konsumsi seperti menggunakan heat sink, thermal photovoltaic system (PV/T), kombinasi antara Panel surya dan solar termal. H.G Teo dkk (2012) melakukan penelitian dengan pendinginan pada panel surya dengan sistem pendinginan aktif pada modul panel surya. Untuk mendinginkan pada sel PV disusun sebuah kotak dengan inlet dan outlet yang di desain untuk

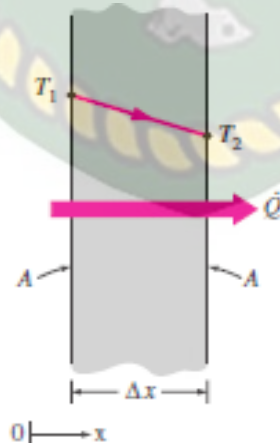
distribusi aliran udara yang tidak seragam yang dipasang dibelakang model PV. Eksperimen pada penelitian tersebut melakukandengan menggunakan dan tanpa pendinginan aktif. Tanpa pendinginan aktif, temperature pada modul tinggi dan sel surya mencapai efisiensi 8-9%. Untuk modul yang beroperasi dibawah kondisi sistem pendingin, temperature pada modul menurun secara signifikan dan sel surya mencapai efisinsi 12-14%.

2.8 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah proses laju energi dari satu sistem ke sistem lain karena perbedaan temperature. Panas bisa dipindahkan dalam 3 jenis perpindahan, yaitu:

2.81. Konduksi

Konduksi adalah transfer energi dari partikel yang memiliki panas yang tinggi ke partikel dngan panas yang rendah sebagai hasil dari interaksi anatar partikel. Konduksi terjadi pada media benda padat, cair maupun gas. Laju perpindahan panas pada konduksi melalui media tergantung pada bentuk dari media tersebut, ketebalan, dan material benda tersebut



Gambar 2.12 Perpindahan panas pada benda padat (Yunus A. Cengel, 2013)

Laju panas konduksi melalui lapisan bidang sebanding dengan perbedaan suhu diseluruh lapisan dan luas perpindahan panas, tetapi berbanding terbalik

dengan ketebalan lapisan. Jadi semakin tebal lapisan pada bidang makan semakin sulit untuk laju aliran panas konduksi mengalir.

Konsep dari perpindahan panas konduksi dilakukan pada kasus dua objek yang saling kontak dimana konduksi terjadi akibat pergerakan panas dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. *Heat losses* konduktif terjadi pada panel surya karena gradient termal antara panel surya dan temperatur *ambient*. Dalam satu dimensi dalam koordinat persegi panjang, persamaa berikut dapat dihitung dengan:

$$Q = kA \frac{T_h}{\Delta X} = -kA \frac{T_c - T_h}{\Delta X} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X} \dots \dots \dots \text{Pers (2.1)}$$

Ketereangan:

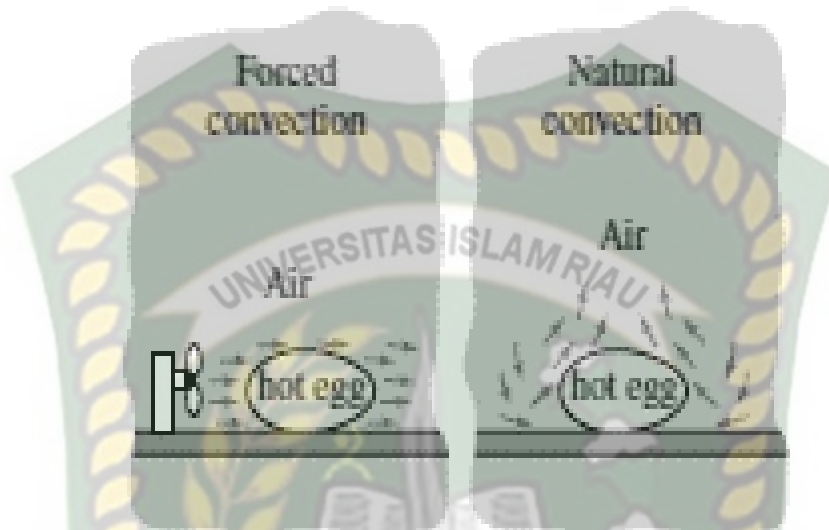
- Q = Laju perpindahan panas (Watt)
- K = Konduktivitas termal (W/m.K)
- Th = Temperatur *hot surface* (K)
- Tc = Temperatur cold surface (K)
- ΔX = Tebal panel surya (m)

2.8.1 Konveksi

Konveksi adalah jenis perpindahan energi antara permukaan yang padat dan gas yang bergerak, dan itu termasuk akibat kombinasi dari konduksi dan pergerakan fluida. Semakin laju pergerakan fluida, sebagai bagus perpindahan panas konveksinya.

Pada perpindahan panas konveksi terdiri atas dua jenis, yaitu konveksi paksa dan konveksi alami. Konveksi paksa adalah konveksi yang terjadi jika fluida dipaksa untuk mengalir pada permukaan dengan bantuan seperti kipas, pompa atau angin. Sedangkan konveksi natural adalah Konveksi disebut konveksi paksa jika fluida dipaksa mengalir di atas permukaan dengan cara eksternal seperti kipas angin, pompa, atau angin. Sebaliknya, konveksi disebut konveksi alami (atau

bebas) jika gerakan fluida disebabkan oleh gaya apung yang diinduksi oleh perbedaan densitas akibat variasi suhu dalam fluida. (Gambar 2.13)



Gambar 2.13 Perpindahan panas secara konveksi (Yunus A. Cengel, 2013)

Konveksi paksa digerakkan oleh fluida yang dihasilkan oleh sumber eksternal. Dengan *Newton's law of cooling*, nilai laju perpindahan panas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = h A (T_s - T_{\infty}) \dots \dots \dots \text{Pers (2.2)}$$

Keterangan:

Q = Laju perpindahan panas (Watt)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)

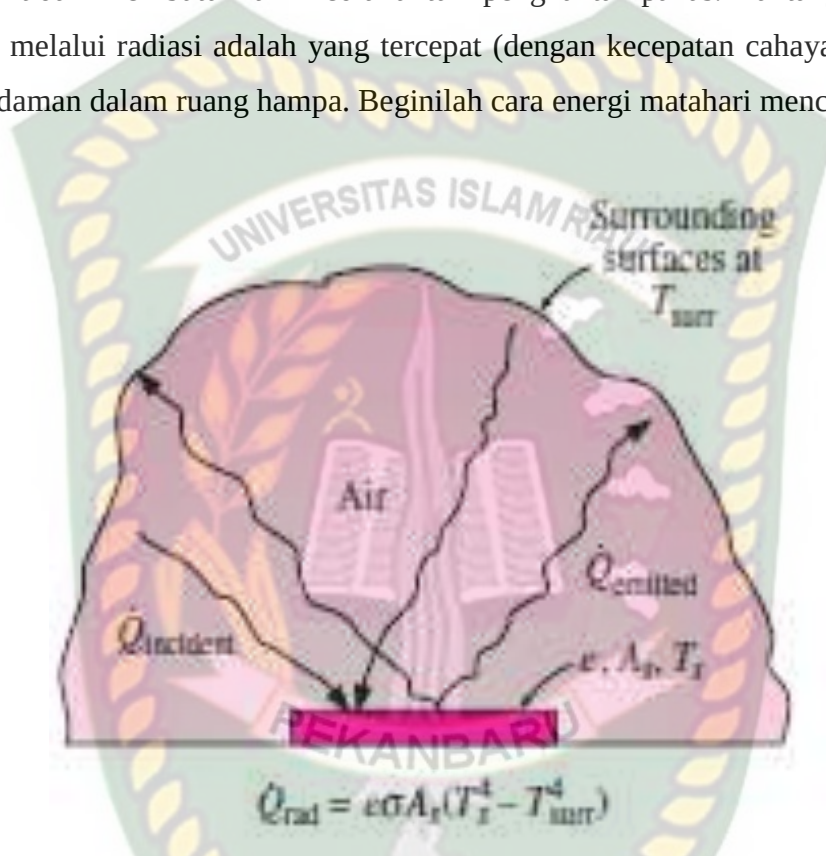
A = Luas Permukaan (m^2)

T_s = Temperatur dinding (K)

T_{∞} = Temperatur udara (K)

2.8.2. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas akibat gerakan dari gelombang elektromagnetik, tidak seperti konduksi dan konveksi, perpindahan panas secara radiasi tidak membutuhkan media untuk penghantar panas. Faktanya, transfer energi melalui radiasi adalah yang tercepat (dengan kecepatan cahaya) dan tidak ada redaman dalam ruang hampa. Beginilah cara energi matahari mencapai bumi.



Gambar 2.14 Perpindahan panas radiasi antara permukaan (Yunus A. Cengel, 2013)

Ketika panas mencapai permukaan dari benda, panas mungkin akan diserap, dipantulkan atau ditularkan. Energi yang dipancarkan oleh *blackbody* dirumuskan oleh hukum Stefan-Boltzmann sebagai berikut:

$$(T) = \sigma \times T^4 \dots \dots \dots \text{Pers (2.3)}$$

Keterangan:

(T) = Energi radiasi yang diserap (W//m²)

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann (5,67 x 10⁻⁸ W/m.K⁴)

T = Temperatur absolut permukaan (K)

2.9 Definisi Coolant

Collant merupakan cairan hasil campuran ethylene atau propylene glycol dan air. Biasanya rasio perbandingan zat mineral itu berkisar 50/50. Secara umum coolant adalah media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan suatu mesin.

2.9.1. Jenis-Jenis Coolant

A. Jenis coolant kimia

Agar cairan media pendingin bisa berfungsi optimal, maka adakalanya harus ditambahkan beberapa unsur kimia. Untuk itu, berikut ini akan dijelaskan unsur-unsur apa saja yang sering ditambahkan kedalam cairan coolant, termasuk kegunaannya. Zat kimia yang ditambahkan pada coolant:

- a. Amina dan Nitrit: bertujuan untuk mencegah karat.
- b. Nitrat: dimaksudkan untuk menstabilkan Nitrit.
- c. Fospat dan Borak: untuk melunakkan air.
- d. Soda dan air: untuk melumasi dan mengurangi tegangan permukaan.
- e. Fosfor, Chlorin dan Belerang: untuk pelumasan secara kimiawi.
- f. Chlorin: untuk pelumasan.
- g. Glikol: sebagai bahan pengaduk dan pembasah.
- h. Germisida: untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri.

B. Jenis coolant mineral

1. *Straight Oils* (Minyak murni)

Minyak murni (*Straight Oils*) adalah minyak yang tidak dapat diemulsikan dan digunakan pada proses pemesinan dalam bentuk sudah diencerkan. Minyak ini terdiri dari bahan minyak mineral dasar atau minyak bumi, dan kadang mengandung pelumas yang lain seperti lemak, minyak tumbuhan, dan ester. Selain itu bisa juga ditambahkan aditif tekanan tinggi seperti *Chlorine*, *Sulphur* dan *Phosporus*. Minyak murni menghasilkan pelumasan terbaik, akan tetapi sifat pendinginannya paling jelek diantara cairan pendingin yang lain.

2. *Soluble Oils*

Soluble Oil akan membentuk emulsi ketika dicampur dengan air. Konsentrat mengandung minyak mineral dasar dan pengemulsi untuk menstabilkan emulsi. Minyak ini digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya konsentrasinya = 3 sampai 10%) dan unjuk kerja pelumasan dan penghantaran panasnya bagus. Minyak ini digunakan luas oleh industri pemesinan dan harganya lebih murah diantara cairan pendingin yang lain.

2.9.2. Jenis coolant yang sering digunakan

1. Water coolant

Adalah salah satu jenis coolant yang biasanya digunakan dan dikhususkan untuk sebuah kendaraan. Misal: digunakan pada kendaraan sepeda motor.



Gambar 2.15 water coolants

2. Oil coolant

Berkebalikan dengan water coolant, Oil coolant biasanya digunakan untuk pengerjaan benda yang mengalami hard process. Misal: pengerjaan pada mesin pfauter.

3. Air spray coolant

Digunakan untuk pengerjaan benda-benda yang menghasilkan sisa pemotongan berupa serbuk, biasanya akan menyebabkan kerusakan jika menempel pada bagian mesin yang bergeser. Misal: pengerjaan material brass dan cash.

4. Water and oil coolant

Digunakan untuk pengerjaan material secara umum. Bisa digunakan untuk proses ringan maupun proses yang berat. Karena campuran antara oli dan air memiliki ketahanan panas yang baik dan ketahanan terhadap karat yang cukup baik. Misal: pengerjaan st.60 pada mesin VG45.

5. Ethanol coolant

Masih sangat jarang digunakan dalam proses permesinan, tetapi merupakan coolant yang ideal untuk high speed and micro machining karena viskositas ethanol yang lebih dari oli menjadikan ethanol lebih mudah “mengcover” bagian yang mengalami proses permesinan. Dikhususkan untuk material non-ferro. Misal: nilon.

6. Liquid ice coolant

Merupakan salah satu dari jenis coolant terbaru yang belum banyak digunakan. Sangat mudah larut dalam air, dan cocok digunakan untuk proses metalworking. Cocok untuk berbagai macam mesin mulai dari milling, turning dan juga grinding. Tidak beracun, tidak menyebabkan penyakit, dan tidak menimbulkan bau.

2.9.3. Aplikasi Coolant

Pemakaian cairan pendingin biasanya mengefektifkan, Aplikasi coolant untuk beberapa proses pemesinan yaitu:

1. Sistem pendingin pada radiator mobil.
2. Sistem pendingin pada radiator motor.
3. Dunia industri.

2.10 Kinerja Panel Surya

Sebelum mengetahui beberapa nilai daya sesaat yang dihasilkan harus diketahui daya yang diterima (Daya Input), dimana daya tersebut adalah : Perkalian antara Intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas modul PV dengan persamaan:

2.10.1 Rangkaian tegangan terbuka / (V_{oc})

yaitu tegangan maksimum yang terjadi pada sel surya terjadi karena arus bernilai 0 ($I_{sc} = 0$), Untuk menghitung arus hubungan singkat maka bisa menggunakan persamaan 2.1 dibawah ini.

$$V_{oc} = \frac{KT}{q} \ln \left(\frac{I_{sc}}{I_s} + 1 \right) \dots\dots\dots \text{Pers (2.4)}$$

Dimana :

K = Konstanta Boltzman ($1.30 \times 10^{-16} \text{erg}$)

Q = Konstanta muatan electron ($1.602 \times 10^{-19} \text{C}$)

T = Temperatur dalam kelvin (K)

I_s = Arus saturasi (A)

2.10.2 Arus Short Circuit (I_{sc})

I_{sc} merupakan arus maksimal yang dapat dihasilkan oleh modul sel surya, Cara untuk mendapatkan nilai I_{sc} yaitu dengan cara meng-short-kan kutub positif dengan kutub negative pada PV Module, Kemudian nilai I_{sc} dibaca pada multitester sebagai pembaca arus sehingga didapatkan nilai pengukuran arus maksimum pada sel surya.

$$I_{sc} = qG (L_n + L_p) \dots\dots\dots \text{Pers (2.5)}$$

Dimana :

G = Tingkat generasi

L_n = Panjang difusi electron

L_p = Panjang difusi hole

q = konstanta muatan electron ($1.602 \times 10^{-19} \text{C}$)

2.10.3 Daya masuk (P_{in})

Daya masuk (P_{in}), merupakan besarnya daya diterima sel surya selama sel surya terpapar radiasi matahari, daya masuk dapat di peroleh dengan mengalikan intensitas cahaya matahari yang diterima dengan luas area pada sel surya. Daya masuk dapat di cari dengan persamaan 2.6 dibawah ini.

$$P_{in} = I_r A \dots \dots \dots \text{Pers}(2.6)$$

Dimana:

P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari (W)

I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas area permukaan sel surya (m^2).

2.10.4 Daya Maksimum (P_{max})

Didapatkan dari perkalian anantara arus dan tegangan yang berada pada titik maksimum, pada kurva karakteristik sel surya yaitu kurva I-V terlihat bahwa titik puncak daya maksimum berada pada titik A yang memiliki luasan terbesar.

$$P_{max} = V_{max} \times I_{max} \dots \dots \dots \text{Pers}(2.7)$$

Dimana :

P_{max} = Daya maksimum (Watt)

V_{max} = Tegangan maksimum (Volt)

I_{max} = Arus maksimum (Ampere)

2.10.5 Daya keluaran (P_{out})

Daya keluaran (P_{out}) pada sel surya yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dengan arus hubung singkat (I_{sc}) dan faktor pengisi (FF) yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihitung dengan Persamaan:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots \dots \dots \text{Pers}(2.8)$$

Dimana:

P_{out} = Daya keluaran (W)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat (Ampere)

FF = Fill Faktor (factor pengisian) dapat di hitung dengan rumus

2.10.6 Fill Factor (FF)

Merupakan ukuran yang menunjukkan kualitas sebuah sel surya, factor pengisi dapat di temukan dengan cara membandingkan antara daya maksimum teoritis yang di dapatkan dengan daya keluaran yang dihasilkan oleh arus hubungan singkat dan tegangan rangkaian terbuka, ($I_{sc} \times V_{oc}$) dan nilai keluaran dari daya maksimum yaitu perkalian antara ($V_{max} \times I_{max}$) yang solar sell hasilkan. Faktor pengisi dapat di cari dengan persamaan 2.6 dibawah ini.

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \text{ atau } FF = \frac{V_{oc} - \ln(V_{oc} - 0,72)}{V_{oc} + 1} \dots \dots \dots \text{Pers(2.9)}$$

Dimana:

V_{mp} = maximum power point voltage

I_{mp} = maximum power point current

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada panel surya (Volt)

I_{sc} = Arus hubungan singkat pada panel surya (Ampere)

2.10.7 Efisiensi sel surya

Efisiensi sel surya (η) adalah perbandingan daya keluaran dengan daya intensitas matahari dapat dihitung dengan Persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\% \dots \dots \dots \text{Pers(2.10)}$$

Dimana:

η : Efisiensi sel surya (%)

P_{in} : daya itensitas matahari (Watt)

P_{out} : Daya maksimum keluaran (Watt)

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi peningkatan kinerja pada photovoltaic adalah banyaknya jumlah intensitas cahaya yang mengenai permukaan panel. Hal inilah yang mendasari penulis melakukan penelitian dengan menambahkan sistem pendingin pada panel surya dengan variasi jenis water coolant.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

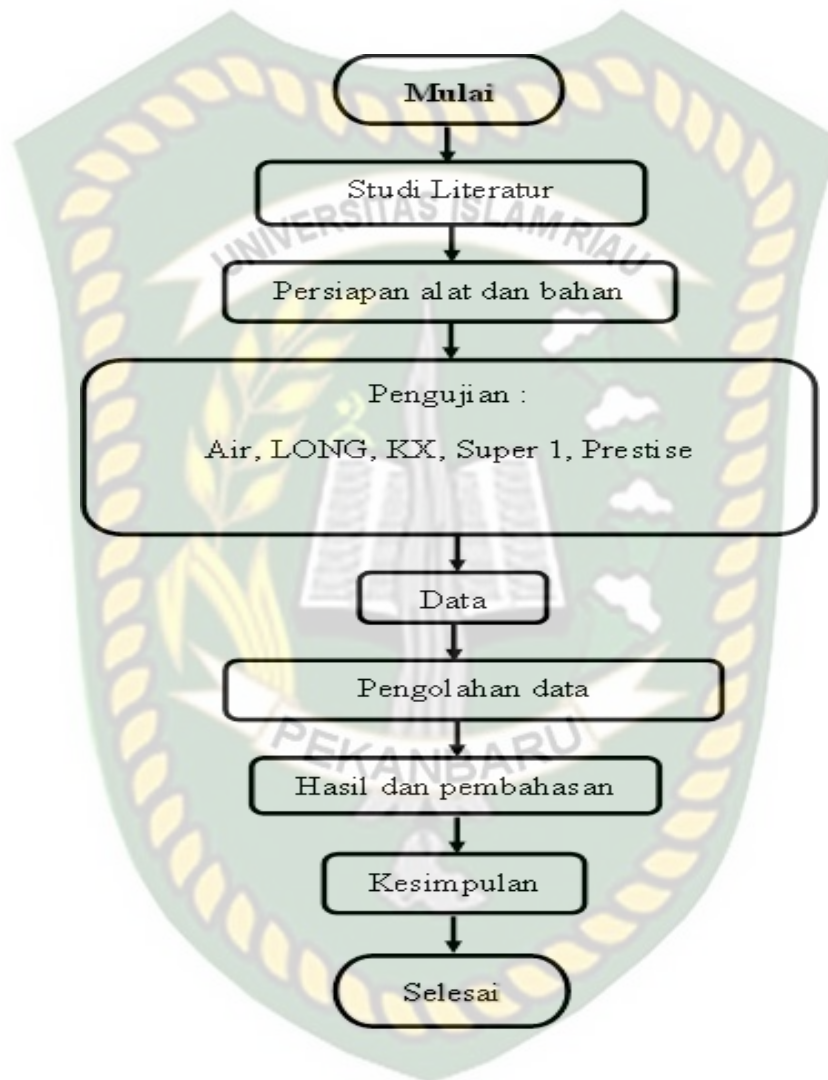
Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 05 april 2022 sampai dengan tanggal 12 April 2022 dan dilakukan di *rooftop* gedung C , Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau (UIR) yang beralamat di Jl.Kaharuddin Nasution No.133, Marpoyan, Pekanbaru.



Gambar 3.2 *rooftop* gedung C

3.2 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian berdasarkan diagram alir dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

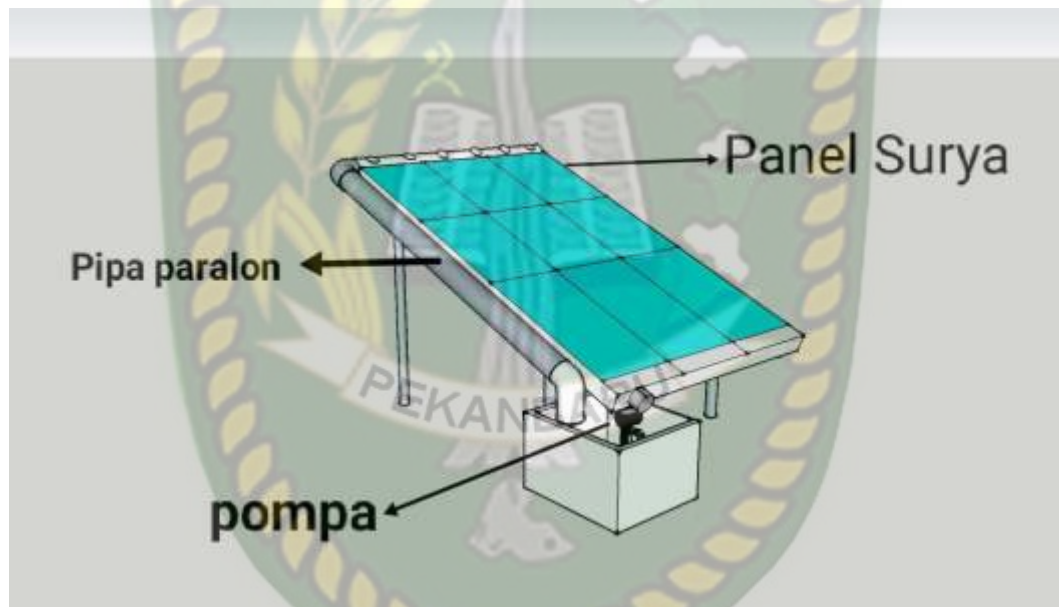
3.3 Alat Dan Bahan

Sebelum melakukan pengujian harus menyediakan alat dan bahan agar penelitian berjalan dengan lancar dan mendapatkan hasil yang bagus.

3.3.1 Alat Pengujian

1. Panel Surya Tipe 180 WP

Alat ini digunakan untuk mengkonversi gelombang cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan sisten *p-n junction*. Spesifikasi dari modul panel surya ini adalah dimensi 1580 x 808 x 40 (mm) dan memiliki 72 sel serta beratnya 17 kg.



Gambar 3.3 Sketsa panel surya

Spesifikasi:

- ❖ Sel Panel : Monokristalin 125 mm x 125 mm
- ❖ Berat : 17 kg
- ❖ Dimensi : 1580 x 808 x 40 (mm)

Karakteristik panel

- ❖ *Power* : 180 Wp
- ❖ *Open Circuit voltage* : 44,5 V
- ❖ *Maximum power voltage* : 36,7 V

- ❖ *Short circuit current* : 5,77 A
- ❖ *Maximum power current* : 5,34 A
- ❖ *Encapsulated solar cell efficiency* : 18,5 %
- ❖ *Insulation* : $\geq 100 \text{ M}\Omega$
- ❖ *Maximum system voltage* : 1000 V
- ❖ *Voltage standoff* : AC 2000 DC 3000 V
- ❖ *Series fuse rating* : 10 A

Karakteristik fisik

- ❖ *Operating temperature* : -40° to $+90^{\circ}\text{C}$
- ❖ *Storage tempertur* : -40° to $+90^{\circ}\text{C}$
- ❖ *Type of output terminal* : Lead wire with connector
- ❖ *Pressure Bearing* : $\geq 2400 \text{ Pa}$
- ❖ *Wind bearing* : $\geq 5400 \text{ Pa}$
- ❖ *Hail Impact Test* : 225g steel ball drops from height of 1m

Koefisien Temperatur

- ❖ *NOCT* : $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- ❖ *Temperture coefficient of I_{sc}* : $+ 0,046 \% / ^{\circ}\text{C}$
- ❖ *Temperture coefficient of V_{oc}* : $- 0,036 \% / ^{\circ}\text{C}$
- ❖ *Temperture coefficient of P_m* : $- 0,46 \% / ^{\circ}\text{C}$
- ❖ *Power output Tolerance* : $\pm 3\%$

2. Solar Charge Controller

SCC atau kepanjangannya Solar Charge Controller merupakan rangkaian baterai yang mengatur proses isi baterai. Tegangan yang telah dihasilkan sel surya biasanya di atas 12 V. SCC ini digunakan untuk mengatur tegangan aki supaya tidak melebihi toleransi daya yang didapat (Hidayat R., Dkk, 2017).



Gambar 3.4 Solar Charger Controller

3. Baterai

Baterai adalah sebuah komponen yang dapat menyimpan energi berupa energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia.



Gambar 3.5 Baterai

4. Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC). Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya atau solar cell menjadi AC. Perubahan tersebut dilakukan dengan mengubah kecepatan motor AC dengan cara mengubah frekuensi outputnya.



Gambar 3.6 Inverter

5. Pompa Elektrik

Digunakan untuk memindahkan cairan atau (fluida) dari suatu tempat ke tempat lainya melalui saluran (pipa) dengan menggunakan tenaga listrik untuk mendorong air yang dipindahkan secara terus menerus.

Spesifikasi Pompa Listrik :

Voltage : 220-240 V

Frequency : 50/60 Hz

Power : 50 W

Total Head : 3.5 m

Output : 3500 L/H



Gambar 3.7 Pompa Elektrik

6. Termometer Suhu Udara

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu pada permukaan panel surya.



Gambar 3.8 Termometer Suhu Udara

7. Solar Power Meter

Di mana fungsinya dapat digunakan sebagai pengukuran radiasi matahari.



Gambar 3.9 Solar Power Meter

8. Multimeter Digital

Digunakan untuk mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan dari panel surya



Gambar 3.10 Multimeter Digital

9. Pyranometer

Pyranometer adalah salah satu jenis alat yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya matahari. Satuan intensitas cahaya matahari ialah W/m^2 .



Gambar 3.11 Pyranometer

Spesifikasi *Pyranometer* :

Merk = Delta OHM

Type = LP PYRA 02

Serial Number = 13031573

Sensitivity = $12,11 \mu V / (W/m^2)$

Resistance = $34,8 \Omega$

10. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu penelitian



Gambar 3.12 Stopwatch

3.3.2 Bahan Yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah water coolants dan campuran air biasa 70:30 sebagai media pendingin. Adapun jenis-jenis water coolants yang digunakan sebagai berikut:

1. Prestise Coolant



Gambar 3.12 Prestise Coolants

2. Super1 Coolant



Gambar 3.13 Super1 Coolants

3. Shey Long Coolant



Gambar 3.14 Shey Long Coolants

4. KX Radiator Coolant



Gambar 3.16 KX Radiator Coolants

5. Air



Gambar Air

3.4 Persiapan Pengujian

Sebelum melakukan pengujian perlu persiapan agar data yang didapatkan dari hasil pengujian benar-benar kongkrit.

Persiapan yang dilakukan adalah :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan serta peralatan pendukung dalam pengujian.
2. Memeriksa peralatan dalam kondisi berfungsi dengan baik, agar pada saat pengujian mendapatkan hasil yang bagus dan tanpa kendala.

3.5 Prosedur Pengujian

Proses pengujian Pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya.

Langkah-langkah dalam pengujian ini dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Merakit panel surya
2. Mengalirkan water colant
3. Melakukan pengujian jenis water coolants
4. Pengambilan data
5. Melakukan pencatatan hasil pengukuran daya masuk, arus, tegangan, daya keluar, dan efisiensi.

6. Melakukan pengolahan data yang diambil untuk kesimpulan.

3.6 Hasil Dan Pembahasan

Data-data yang lebih akan mendapatkan hasil, kemudian hasil tersebut menjadi pembahasan untuk kesimpulan dari Pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya.

3.7 Kesimpulan

Setelah didapatkan hasil dan dilakukan pembahasan, maka akan mendapatkan kesimpulan dari Pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya ini. Kesimpulan inilah yang kemudian akan dicocokkan dengan tujuan penelitian.

3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian

Agar penelitian tentang Pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya ini dapat berjalan sesuai dengan waktu yang ditentukan maka perlu dibuat jadwal penelitian seperti yang terlihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Jenis kegiatan	Bulan															
	November				Desember				Januari				Februari			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pembuatan Proposal																
Studi literatur																
Persiapan alat dan bahan																
Pengujian dan pengumpulan Data																

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh jenis water coolants terhadap tegangan terbuka (VOC)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh jenis water coolants terhadap Voc. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai Voc yang paling besar yang dihasilkan panel surya adalah jenis water coolants super 1 pada pengujian ke 4 dengan nilai Voc 42,1 V dan nilai Voc yang paling rendah Air sebesar 39 V pada pengujian ke 1. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Pengaruh jenis water coolants terhadap Voc.

Pengujian	Jenis water coolants	Iradiasi (W/m^2)	Voc (V)
1	Air	565,6	39
	LONG	565,6	39,2
2	LONG	788,5	39,4
	KX	788,5	41,6
3	Super 1	891,9	41,5
	KX	891,9	41,9
4	Prestise	970,8	42
	Super 1	970,8	42,1
5	Air	820,7	40
	Prestise	820,7	41

Dari Gambar 4.1 diatas, untuk parameter unjuk kerja panel surya yaitu Voc yang dihasilkan panel surya saat pengambilan data. Dari tabel diatas dapat dilihat panel surya mengalami perubahan yang meningkat dengan adanya penambahan sistem pendingin pada panel surya menggunakan jenis water coolants yang

berbeda. Penambahan sistem pendingin menggunakan jenis water coolants sangat berpengaruh pada kinerja Voc, peningkatan parameter Voc dapat dilihat dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.1.

Dari gambar 4.1 diatas dapat menunjukan nilai rangkaian tegangan terbuka (Voc) menunjukan bahwa nilai yang dihasilkan tiap-tiap yang dihasilkan pengaruh jenis water coolants sebagai media pendingin panel surya memiliki nilai berbeda, terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants pada panel surya menunjukan hasil tidak signifikan terhadap Voc. Seperti pada penngujian ke 1 pada panel surya menggunakan jenis Air dengan nilai Voc 39 V dan sebaliknya dengan jenis water coolants LONG menghasilkan nilai Voc 39,2 V, sehingga terlihat perbedaan dari perubahan tidak signifikan dari jenis water coolants tersebut yaitu dari 39 V hanya naik 39,2 V.

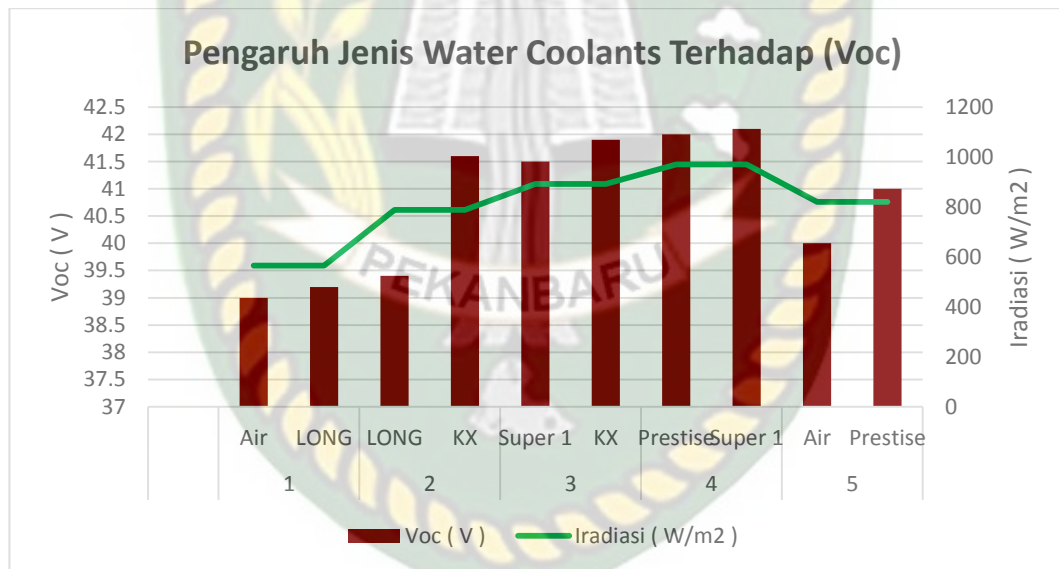
Pada pengujian ke 2 rata-rata nilai tegangan terbuka (Voc) mengalami kenaikan yang dihasilkan panel surya dengan menggunakan jenis water coolants LONG yang menghasilkan nilai Voc 39,4 V dimana sebelumnya 39,2 V sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai Voc sebesar 41,6 V, dari pengujian ke 2 terlihat nilai Voc mengalami kenaikan yang signifikan. Seperti pada pengujian ke 1 pada panel surya yang menghasilkan nilai Voc yang paling besar yaitu 39,2 V menggunakan jenis water coolants LONG disini terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants terhadap parameter kinerja Voc.

Pada pengujian ke 3 rata-rata nilai tegangan terbuka (Voc) mengalami kenaikan menggunakan jenis water coolants super 1 menghasilkan Voc sebesar 41,5 sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai Voc sebesar 41,9 V sebelumnya pada pengujian ke 2 nilai Voc yaitu 41,6 sedangkan dari pengujian ke 3 dapat dilihat ada pengaruh jenis water coolants terhadap Voc yang signifikan terhadap parameter kinerja panel surya terhadap Voc.

Pada pengujian ke 4 rata-rata nilai tegangan terbuka (Voc) mengalami kenaikan, pada pengujian sebelumnya yaitu pada pengujian ke 3 dengan jenis water coolants super 1 mendapatkan nilai Voc sebesar 41,5 V naik menjadi 42,1

V di pengujian ke 4, kemudian pada jenis water coolants jenis prestise mendapatkan nilai Voc sebesar 42 V dengan hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa ada pengaruh jenis water terhadap parameter kinerja panel surya yang signifikan terhadap kinerja Voc.

Pada pengujian ke 5 pengujian terakhir rata-rata nilai tegangan terbuka (Voc) mengalami penurunan pada jenis water coolants prestise mendapatkan nilai Voc sebesar 40,7 V sebelumnya pada pengujian ke 4 mendapatkan nilai Voc 42 V, sedangkan jenis Air naik menghasilkan nilai 40 V pada pengujian ke 5, sebelumnya pada pengujian ke 1 jenis Air menghasilkan nilai Voc sebesar 39 V, disini terlihat ada pengaruh jenis water coolants yang signifikan dari jenis water coolants prestise dan Air.



Gambar 4.1 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap Voc

Dari gambar 4.1 diatas dapat dilihat bahwa water coolants LONG memiliki tegangan terbuka (Voc) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi kerana titik didih Air lebih rendah daripada water coolants LONG, sehingga water coolants LONG lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu LONG lebih baik dalam proses pendinginan panel surya sehingga nilai tegangan terbuka (Voc) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang signifikan pada tegangan terbuka (Voc) yang lebih besar dibandingkan water coolants LONG. Hal tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants LONG, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai tegangan terbuka (Voc) lebih besar. Semakin baik proses pendinginan semakin tinggi nilai tegangan terbuka (Voc) yang dihasilkan panel surya.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada tegangan terbuka (Voc) yang lebih besar dibandingkan water coolants super 1. Hal ini tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants super 1, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai tegangan terbuka (Voc) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants super 1 terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada tegangan terbuka (Voc) yang lebih besar dibandingkan water coolants prestise. Hal ini tersebut terjadi karena super 1 lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants prestise, sehingga water coolants super 1 menghasilkan nilai tegangan terbuka (Voc) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants prestise dapat dilihat memiliki tegangan terbuka (Voc) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi karena titik didih Air lebih rendah daripada water coolants prestise, sehingga water coolants prestise lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu prestise lebih baik dalam proses pendinginan pada panel surya sehingga nilai tegangan terbuka (Voc) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan Air.

4.2 Pengaruh jenis water coolants terhadap *short-circuit current (Isc)*

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh jenis water coolants terhadap Isc. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai Isc yang paling besar yang dihasilkan panel surya adalah jenis water coolants super 1 pada pengujian ke 4 dengan nilai Isc 5,8 A dan nilai Voc yang paling rendah Air sebesar 3,6 A pada pengujian ke 1. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Pengaruh jenis water coolants terhadap Isc.

Pengujian	Jenis water coolants	Iradiasi (W/m^2)	ISC
1	Air	565,6	3,6
	LONG	565,6	3,8
2	LONG	788,5	4,0
	KX	788,5	4,2
3	Super 1	891,9	4,5
	KX	891,9	4,7
4	Prestise	970,8	5,6
	Super 1	970,8	5,8
5	Air	820,7	4,1
	Prestise	820,7	4,3

Dari Gambar 4.1 diatas, untuk parameter unjuk kerja panel surya yaitu Isc yang dihasilkan panel surya saat pengambilan data. Dari tabel diatas dapat dilihat panel surya mengalami perubahan yang meningkat dengan adanya penambahan sistem pendingin pada panel surya menggunakan jenis water coolants yang berbeda. Penambahan sistem pendingin menggunakan jenis water coolants sangat berpengaruh pada kinerja Isc, peningkatan parameter Isc dapat dilihat dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.2.

Dari gambar 4.2 diatas dapat menunjukan nilai short-circuit current (Isc) menunjukan bahwa nilai yang dihasilkan tiap-tiap yang dihasilkan pengaruh jenis water coolants sebagai media pendingin panel surya memiliki nilai berbeda, terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants pada panel surya menunjukan hasil tidak signifikan terhadap Isc. Seperti pada penngujian ke 1 pada panel surya menggunakan jenis Air dengan nilai Isc 3,6 A dan sebaliknya dengan jenis water coolants LONG menghasilkan nilai Isc 3,8 A, sehingga terlihat perbedaan dari perubahan tidak signifikan dari jenis water coolants tersebut yaitu dari 3,6 A hanya naik 3,8 A.

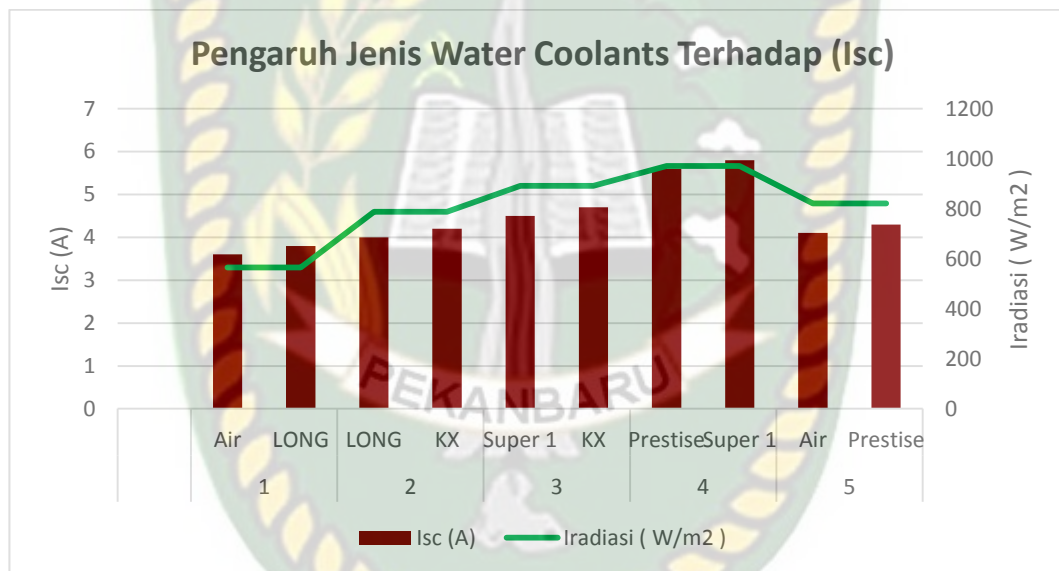
Pada pengujian ke 2 rata-rata nilai short-circuit current (Isc) mengalami kenaikan yang dihasilkan panel surya dengan menggunakan jenis water coolants LONG yang menghasilkan nilai Isc 4,0 A dimana sebelumnya 3,8 A sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai Isc sebesar 4,2 A, dari pengujian ke 2 terlihat nilai Isc mengalami kenaikan yang signifikan. Seperti pada pengujian ke 1 pada panel surya yang menghasilkan nilai Isc yang paling besar yaitu 3,8 A menggunakan jenis water coolants LONG disini terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants terhadap parameter kinerja Isc.

Pada pengujian ke 3 rata-rata nilai short-circuit current (Isc) mengalami kenaikan menggunakan jenis water coolants super 1 menghasilkan Isc sebesar 4,5 A sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai Isc sebesar 4,7 A sebelumnya pada pengujian ke 2 nilai Isc yaitu 4,2 A sedangkan dari pengujian ke 3 dapat dilihat ada pengaruh jenis water coolants terhadap Isc yang signifikan terhadap parameter kinerja panel surya terhadap Isc.

Pada pengujian ke 4 rata-rata nilai short-circuit current (Isc) mengalami kenaikan, pada pengujian sebelumnya yaitu pada pengujian ke 3 dengan jenis water coolants super 1 mendapatkan nilai Isc sebesar 4,5 A naik menjadi 5,8 A di pengujian ke 4, kemudian pada jenis water coolants jenis prestise mendapatkan nilai Isc sebesar 5,6 A dengan hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa ada

pengaruh jenis water terhadap parameter kinerja panel surya yang signifikan terhadap kinerja Isc.

Pada pengujian ke 5 pengujian terakhir rata-rata nilai short-circuit current (Isc) mengalami penurunan pada jenis water coolants prestise mendapatkan nilai Iscc sebesar 4,3 A sebelumnya pada pengujian ke 4 mendapatkan nilai Isc 5,6 A, sedangkan jenis Air naik menghasilkan nilai 4,1 A pada pengujian ke 5 , sebelumnya pada pengujian ke 1 jenis Air menghasilkan nilai Isc sebesar 3,6 A disini terlihat ada pengaruh jenis water coolants yang signifikan dari jenis water coolants prestise dan Air.



Gambar 4.2 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap Isc

Dari gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa water coolants LONG memiliki short-circuit current (Isc) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi karena titik didih Air lebih rendah daripada water coolants LONG, sehingga water coolants LONG lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu LONG lebih baik dalam proses pendinginan panel surya sehingga nilai short-circuit current (Isc) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang signifikan pada short-circuit current (Isc) yang lebih besar dibandingkan water coolants LONG. Hal tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants LONG, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai short-circuit current (Isc) lebih besar. Semakin baik proses pendinginan semakin tinggi nilai short-circuit current (Isc) yang dihasilkan panel surya.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada short-circuit current (Isc) yang lebih besar dibandingkan water coolants super 1. Hal ini tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants super 1, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai short-circuit current (Isc) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants super 1 terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada short-circuit current (Isc) yang lebih besar dibandingkan water coolants prestise. Hal ini tersebut terjadi karena super 1 lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants prestise, sehingga water coolants super 1 menghasilkan nilai short-circuit current (Isc) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants prestise dapat dilihat memiliki short-circuit current (Isc) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi karena titik didih Air lebih rendah daripada water coolants prestise, sehingga water coolants prestise lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu prestise lebih baik dalam proses pendinginan pada panel surya sehingga nilai short-circuit current (Isc) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

4.3 Pengaruh jenis water coolants terhadap daya maksimum (P_{max})

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh jenis water coolants terhadap daya maksimum (P_{max}). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai I_{sc} yang paling besar yang dihasilkan panel surya adalah jenis water coolants super 1 pada pengujian ke 4 dengan nilai I_{sc} 38,31 W dan nilai V_{oc} yang paling rendah Air sebesar 31,98 W pada pengujian ke 1. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Pengaruh jenis water coolants terhadap daya maksimum (P_{max}).

Pengujian	Jenis water coolants	Iradiasi (W/m^2)	P_{max}
1	Air	565,6	31,98
	LONG	565,6	32,93
2	LONG	788,5	33,32
	KX	788,5	36,61
3	Super 1	891,9	36,94
	KX	891,9	37,71
4	Prestise	970,8	37,80
	Super 1	970,8	38,31
5	Air	820,7	34,40
	Prestise	820,7	36,08

Dari Gambar 4.3 diatas, untuk parameter unjuk kerja panel surya yaitu daya maksimum (P_{max}) yang dihasilkan panel surya saat pengambilan data. Dari tabel diatas dapat dilihat panel surya mengalami perubahan yang meningkat dengan adanya penambahan sistem pendingin pada panel surya menggunakan jenis water coolants yang berbeda. Penambahan sistem pendingin menggunakan jenis water coolants sangat berpengaruh pada kinerja daya maksimum (P_{max}), peningkatan

parameter daya maksimum (P_{max}) dapat dilihat dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.3.

Dari gambar 4.3 diatas dapat menunjukan nilai daya maksimum (P_{max}) menunjukan bahwa nilai yang dihasilkan tiap-tiap yang dihasilkan pengaruh jenis water coolants sebagai media pendingin panel surya memiliki nilai berbeda, terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants pada panel surya menunjukan hasil tidak signifikan terhadap P_{max} . Seperti pada penngujian ke 1 pada panel surya menggunakan jenis Air dengan nilai P_{max} 31,98 W dan sebaliknya dengan jenis water coolants LONG menghasilkan nilai P_{max} 32,93 W, sehingga terlihat perbedaan dari perubahan tidak signifikan dari jenis water coolants tersebut yaitu dari 31,98 W hanya naik 32,93 W.

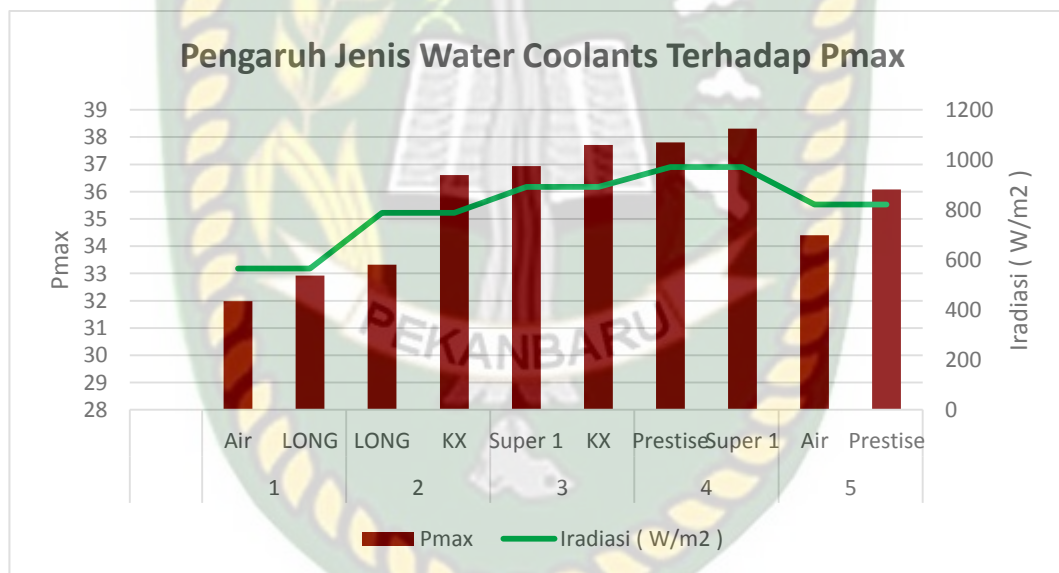
Pada pengujian ke 2 rata-rata nilai daya maksimum (P_{max}) mengalami kenaikan yang dihasilkan panel surya dengan menggunakan jenis water coolants LONG yang menghasilkan nilai P_{max} 33,32 W dimana sebelumnya 32,93 W sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai P_{max} sebesar 36,61 W dari pengujian ke 2 terlihat nilai P_{max} mengalami kenaikan yang signifikan. Seperti pada pengujian ke 1 pada panel surya yang menghasilkan nilai P_{max} yang paling besar yaitu 32,93 W menggunakan jenis water coolants LONG disini terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants terhadap parameter kinerja P_{max} .

Pada pengujian ke 3 rata-rata nilai daya maksimum (P_{max}) mengalami kenaikan menggunakan jenis water coolants super 1 menghasilkan P_{max} sebesar 36,94 W sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai P_{max} sebesar 0,89 A sebelumnya pada pengujian ke 2 nilai P_{max} yaitu 37,71 W sedangkan dari pengujian ke 3 dapat dilihat ada pengaruh jenis water coolants terhadap P_{max} yang signifikan terhadap parameter kinerja panel surya terhadap P_{max} .

Pada pengujian ke 4 rata-rata nilai daya maksimum (P_{max}) mengalami kenaikan, pada pengujian sebelumnya yaitu pada pengujian ke 3 dengan jenis water coolants super 1 mendapatkan nilai P_{max} sebesar 36,94 W naik menjadi 38,31 W di pengujian ke 4, kemudian pada jenis water coolants jenis prestise

mendapatkan nilai P_{max} sebesar 37,80 W dengan hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa ada pengaruh jenis water terhadap parameter kinerja panel surya yang signifikan terhadap kinerja P_{max} .

Pada pengujian ke 5 pengujian terakhir rata-rata nilai daya maksimum (P_{max}) mengalami penurunan pada jenis water coolants prestise mendapatkan nilai P_{max} sebesar 36,08 W sebelumnya pada pengujian ke 4 mendapatkan nilai P_{max} 37,80 W, sedangkan jenis Air naik menghasilkan nilai 36,08 W pada pengujian ke 5, sebelumnya pada pengujian ke 1 jenis Air menghasilkan nilai P_{max} sebesar 31,98 W disini terlihat ada pengaruh jenis water coolants yang signifikan dari jenis water coolants prestise dan Air.



Gambar 4.3 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap P_{max}

Dari gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa water coolants LONG memiliki daya maksimum (P_{max}) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi karena titik didih Air lebih rendah daripada water coolants LONG, sehingga water coolants LONG lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu LONG lebih baik dalam proses pendinginan panel surya sehingga nilai daya maksimum (P_{max}) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang signifikan pada daya maksimum (P_{max}) yang lebih besar dibandingkan water coolants LONG. Hal tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants LONG, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai daya maksimum (P_{max}) lebih besar. Semakin baik proses pendinginan semakin tinggi nilai daya maksimum (P_{max}) yang dihasilkan panel surya.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada daya maksimum (P_{max}) yang lebih besar dibandingkan water coolants super 1. Hal ini tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants super 1, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai daya maksimum (P_{max}) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants super 1 terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada daya maksimum (P_{max}) yang lebih besar dibandingkan water coolants prestise. Hal ini tersebut terjadi karena super 1 lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants prestise, sehingga water coolants super 1 menghasilkan nilai daya maksimum (P_{max}) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants prestise dapat dilihat memiliki daya maksimum (P_{max}) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi karena titik didih Air lebih rendah daripada water coolants prestise, sehingga water coolants prestise lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu prestise lebih baik dalam proses pendinginan pada panel surya sehingga nilai daya maksimum (P_{max}) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

4.4 Pengaruh jenis water coolants terhadap daya keluar (*P_{out}*)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh jenis water coolants terhadap daya keluar (*P_{out}*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *P_{out}* yang paling besar yang dihasilkan panel surya adalah jenis water coolants super 1 pada pengujian ke 4 dengan nilai *P_{out}* 217,42 W dan nilai *P_{out}* yang paling rendah Air sebesar 124,10 W pada pengujian ke 1. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Pengaruh jenis water coolants terhadap daya keluar (*P_{out}*).

Pengujian	Jenis water coolants	Iradiasi (W/m^2)	Daya Keluaran (<i>P_{out}</i>)
1	Air	565,6	124,10
	LONG	565,6	131,73
2	LONG	788,5	139,44
	KX	788,5	155,40
3	Super 1	891,9	166,06
	KX	891,9	175,27
4	Prestise	970,8	209,38
	Super 1	970,8	217,42
5	Air	820,7	145,32
	Prestise	820,7	156,59

Dari Gambar 4.4 diatas, untuk parameter unjuk kerja panel surya yaitu daya keluar (*P_{out}*) yang dihasilkan panel surya saat pengambilan data. Dari tabel diatas dapat dilihat panel surya mengalami perubahan yang meningkat dengan adanya penambahan sistem pendingin pada panel surya menggunakan jenis water coolants yang berbeda. Penambahan sistem pendingin menggunakan jenis water coolants sangat berpengaruh pada kinerja daya keluar (*P_{out}*), peningkatan

parameter nilai daya keluar (P_{out}) dapat dilihat dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.4.

Dari gambar 4.4 diatas dapat menunjukan nilai daya keluar (P_{out}) menunjukan bahwa nilai yang dihasilkan tiap-tiap yang dihasilkan pengaruh jenis water coolants sebagai media pendingin panel surya memiliki nilai berbeda, terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants pada panel surya menunjukan hasil tidak signifikan terhadap P_{out} . Seperti pada pengujian ke 1 pada panel surya menggunakan jenis Air dengan nilai P_{out} 124,10 W dan sebaliknya dengan jenis water coolants LONG menghasilkan nilai P_{out} 131,73 W, sehingga terlihat perbedaan dari perubahan tidak signifikan dari jenis water coolants tersebut yaitu dari 124,10 W hanya naik 131,73 W.

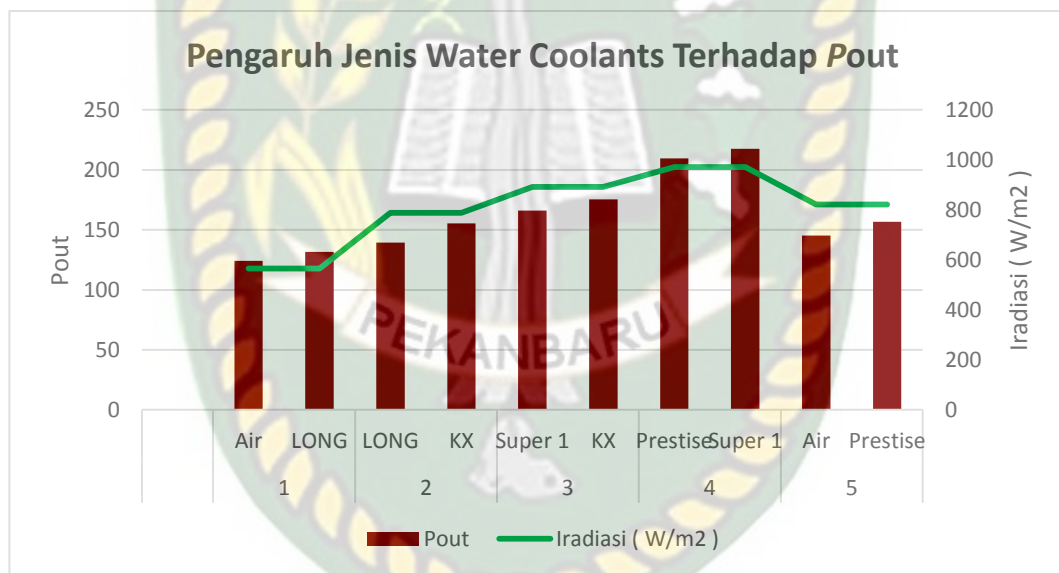
Pada pengujian ke 2 rata-rata nilai daya keluar (P_{out}) mengalami kenaikan yang dihasilkan panel surya dengan menggunakan jenis water coolants LONG yang menghasilkan nilai P_{out} 139,44 W dimana sebelumnya 131,73 W sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai P_{out} sebesar 155,40 W, dari pengujian ke 2 terlihat nilai P_{out} mengalami kenaikan yang signifikan. Seperti pada pengujian ke 1 pada panel surya yang menghasilkan nilai P_{out} yang paling besar yaitu 131,73 W menggunakan jenis water coolants LONG disini terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants terhadap parameter kinerja P_{out} .

Pada pengujian ke 3 rata-rata nilai daya keluar (P_{out}) mengalami kenaikan menggunakan jenis water coolants super 1 menghasilkan P_{out} sebesar 166,06 W sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai P_{out} sebesar 175,27 W sebelumnya pada pengujian ke 2 nilai P_{out} yaitu 155,40 W sedangkan dari pengujian ke 3 dapat dilihat ada pengaruh jenis water coolants terhadap P_{out} yang signifikan terhadap parameter kinerja panel surya terhadap P_{out} .

Pada pengujian ke 4 rata-rata nilai daya keluar (P_{out}) mengalami kenaikan, pada pengujian sebelumnya yaitu pada pengujian ke 3 dengan jenis water coolants super 1 mendapatkan nilai P_{out} sebesar 166,06 W naik menjadi 217,42 W di pengujian ke 4, kemudian pada jenis water coolants jenis prestise mendapatkan

nilai *Pout* sebesar 209,38 W dengan hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa ada pengaruh jenis water terhadap parameter kinerja panel surya yang signifikan terhadap kinerja *Pout*.

Pada pengujian ke 5 pengujian terakhir rata-rata nilai daya keluar (*Pout*) mengalami penurunan pada jenis water coolants prestise mendapatkan nilai *Pout* sebesar 209,38 W sebelumnya pada pengujian ke 4 mendapatkan nilai *Pout* 156,59 W, sedangkan jenis Air naik menghasilkan nilai 145,32 W pada pengujian ke 5, sebelumnya pada pengujian ke 1 jenis Air menghasilkan nilai *Pout* sebesar 124,10 W disini terlihat ada pengaruh jenis water coolants yang signifikan dari jenis water coolants prestise dan Air.



Gambar 4.4 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap *Pout*

Dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa water coolants LONG memiliki daya keluar (*Pout*) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi karena titik didih Air lebih rendah daripada water coolants LONG, sehingga water coolants LONG lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu LONG lebih baik dalam proses pendinginan panel surya sehingga nilai daya keluar (*Pout*) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang signifikan pada daya keluar (*Pout*) yang lebih besar dibandingkan water coolants LONG. Hal tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants LONG, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai daya keluar (*Pout*) lebih besar. Semakin baik proses pendinginan semakin tinggi nilai daya keluar (*Pout*) yang dihasilkan panel surya.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada daya keluar (*Pout*) yang lebih besar dibandingkan water coolants super 1. Hal ini tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants super 1, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai daya keluar (*Pout*) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants super 1 terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada daya keluar (*Pout*) yang lebih besar dibandingkan water coolants prestise. Hal ini tersebut terjadi karena super 1 lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants prestise, sehingga water coolants super 1 menghasilkan nilai daya keluar (*Pout*) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants prestise dapat dilihat memiliki daya keluar (*Pout*) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi karena titik didih Air lebih rendah daripada water coolants prestise, sehingga water coolants prestise lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu prestise lebih baik dalam proses pendinginan pada panel surya sehingga nilai daya keluar (*Pout*) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

4.5 Pengaruh jenis water coolants terhadap fill factor (FF)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh jenis water coolants terhadap fill factor (FF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai FF yang paling besar yang dihasilkan panel surya adalah jenis water coolants super 1 pada pengujian ke 4 dengan nilai FF 0,890 dan nilai FF yang paling rendah Air sebesar 0,883 pada pengujian ke 1. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Pengaruh jenis water coolants terhadap fill factor (FF)

Pengujian	Jenis water coolants	Iradiasi (W/m^2)	Fill factor (FF)
1	Air	565,6	0,883
	LONG	565,6	0,884
2	LONG	788,5	0,885
	KX	788,5	0,889
3	Super 1	891,9	0,889
	KX	891,9	0,889
4	Prestise	970,8	0,890
	Super 1	970,8	0,890
5	Air	820,7	0,886
	Prestise	820,7	0,888

Dari Gambar 4.5 diatas, untuk parameter unjuk kerja panel surya yaitu fill factor (FF) yang dihasilkan panel surya saat pengambilan data. Dari tabel diatas dapat dilihat panel surya mengalami perubahan yang meningkat dengan adanya penambahan sistem pendingin pada panel surya menggunakan jenis water coolants yang berbeda. Penambahan sistem pendingin menggunakan jenis water coolants sangat berpengaruh pada kinerja fill factor (FF), peningkatan parameter

fill factor (FF) dapat dilihat dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.5.

Dari gambar 4.5 diatas dapat menunjukkan nilai fill factor (FF) menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan tiap-tiap yang dihasilkan pengaruh jenis water coolants sebagai media pendingin panel surya memiliki nilai berbeda, terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants pada panel surya menunjukkan hasil tidak signifikan terhadap FF. Seperti pada penngujian ke 1 pada panel surya menggunakan jenis Air dengan nilai FF 0,883 dan sebaliknya dengan jenis water coolants LONG menghasilkan nilai FF 0,884, sehingga terlihat perbedaan dari perubahan tidak signifikan dari jenis water coolants tersebut yaitu dari 0,883 hanya naik 0,884.

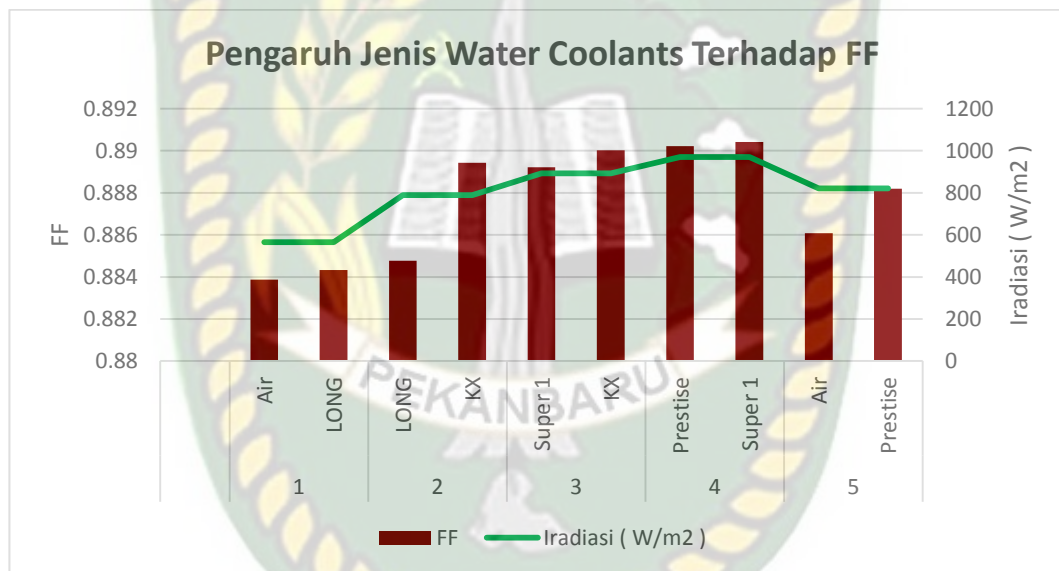
Pada pengujian ke 2 rata-rata nilai fill factor (FF) mengalami kenaikan yang dihasilkan panel surya dengan menggunakan jenis water coolants LONG yang menghasilkan nilai FF 0,885 dimana sebelumnya 0,884 sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai FF sebesar 0,889, dari pengujian ke 2 terlihat nilai FF mengalami kenaikan yang signifikan. Seperti pada pengujian ke 1 pada panel surya yang menghasilkan nilai FF yang paling besar yaitu 0,884 menggunakan jenis water coolants LONG disini terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants terhadap parameter kinerja FF.

Pada pengujian ke 3 rata-rata nilai fill factor (FF) mengalami kenaikan menggunakan jenis water coolants super 1 menghasilkan FF sebesar 0,899 sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai FF sebesar 0,890 sebelumnya pada pengujian ke 2 nilai FF yaitu 0,889 sedangkan dari pengujian ke 3 dapat dilihat ada pengaruh jenis water coolants terhadap FF yang signifikan terhadap parameter kinerja panel surya terhadap FF.

Pada pengujian ke 4 rata-rata nilai fill factor (FF) mengalami kenaikan, pada pengujian sebelumnya yaitu pada pengujian ke 3 dengan jenis water coolants super 1 mendapatkan nilai FF sebesar 0,889 naik menjadi 0,890 di pengujian ke 4, kemudian pada jenis water coolants jenis prestise mendapatkan nilai FF sebesar

0,890 dengan hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa ada pengaruh jenis water terhadap parameter kinerja panel surya yang signifikan terhadap kinerja FF.

Pada pengujian ke 5 pengujian terakhir rata-rata nilai fill factor (FF) mengalami penurunan pada jenis water coolants prestise mendapatkan nilai FF sebesar 0,888 sebelumnya pada pengujian ke 4 mendapatkan nilai FF 0,890, sedangkan jenis Air naik menghasilkan nilai 0,888 pada pengujian ke 5 , sebelumnya pada pengujian ke 1 jenis Air menghasilkan nilai FF sebesar 0,883 disini terlihat ada pengaruh jenis water coolants yang signifikan dari jenis water coolants prestise dan Air.



Gambar 4.5 Pengaruh Jenis Water Coolants Terhadap Pmax

Dari gambar 4.5 diatas dapat dilihat bahwa water coolants LONG memiliki fill factor (FF) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi kerana titik didih Air lebih rendah daripada water coolants LONG, sehingga water coolants LONG lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu LONG lebih baik dalam proses pendinginan panel surya sehingga nilai fill factor (FF) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang signifikan pada fill factor (FF) yang lebih besar dibandingkan water coolants LONG. Hal tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants LONG, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai daya lebih fill factor (FF) besar. Semakin baik proses pendinginan semakin tinggi nilai fill factor (FF) yang dihasilkan panel surya.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada fill factor (FF) yang lebih besar dibandingkan water coolants super 1. Hal ini tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants super 1, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai fill factor (FF) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants super 1 terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada fill factor (FF) yang lebih besar dibandingkan water coolants prestise. Hal ini tersebut terjadi karena super 1 lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants prestise, sehingga water coolants super 1 menghasilkan nilai fill factor (FF) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants prestise dapat dilihat memiliki fill factor (FF) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi karena titik didih Air lebih rendah daripada water coolants prestise, sehingga water coolants prestise lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu prestise lebih baik dalam proses pendinginan pada panel surya sehingga nilai fill factor (FF) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

4.6 Pengaruh jenis water coolants terhadap efesiensi panel surya (η)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh jenis water coolants terhadap efesiensi (η). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai efesiensi yang paling besar yang dihasilkan panel surya adalah jenis water coolants LONG pada pengujian ke 1 dengan nilai efesiensi 18,3% dan nilai efesiensi yang paling rendah Air sebesar 13,9 % pada pengujian ke 1. Hasil penelithan dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Pengaruh jenis water coolants terhadap efesiensi panel surya (η)

Pengujian	Jenis water coolants	Iradiasi (W/m^2)	Efesiensi(η)
1	Air	565,6	17,3 %
	LONG	565,6	18,3 %
2	LONG	788,5	13,9 %
	KX	788,5	15,5 %
3	Super 1	891,9	14,7 %
	KX	891,9	15,5 %
4	Prestise	970,8	17,0 %
	Super 1	970,8	17,6 %
5	Air	820,7	13,9 %
	Prestise	820,7	15,0 %

Dari Gambar 4.6 diatas, untuk parameter unjuk kerja panel surya yaitu efesiensi panel surya (η) yang dihasilkan panel surya saat pengambilan data. Dari tabel diatas dapat dilihat panel surya mengalami perubahan yang meningkat dengan adanya penambahan sistem pendingin pada panel surya menggunakan jenis water coolants yang berbeda. Penambahan sistem pendingin menggunakan jenis water coolants sangat berpengaruh pada kinerja efesiensi panel surya (η),

peningkatan parameter nilai efisiensi panel surya (η) dapat dilihat dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.6.

Dari gambar 4.6 diatas dapat menunjukan nilai efisiensi panel surya (η) menunjukan bahwa nilai yang dihasilkan tiap-tiap yang dihasilkan pengaruh jenis water coolants sebagai media pendingin panel surya memiliki nilai berbeda, terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants pada panel surya menunjukan hasil tidak signifikan terhadap efisiensi. Seperti pada pengujian ke 1 pada panel surya menggunakan jenis Air dengan nilai efisiensi 17,3% dan sebaliknya dengan jenis water coolants LONG menghasilkan nilai efisiensi 18,3%, sehingga terlihat perbedaan dari perubahan tidak signifikan dari jenis water coolants tersebut yaitu dari 17,3% hanya naik 18,3%.

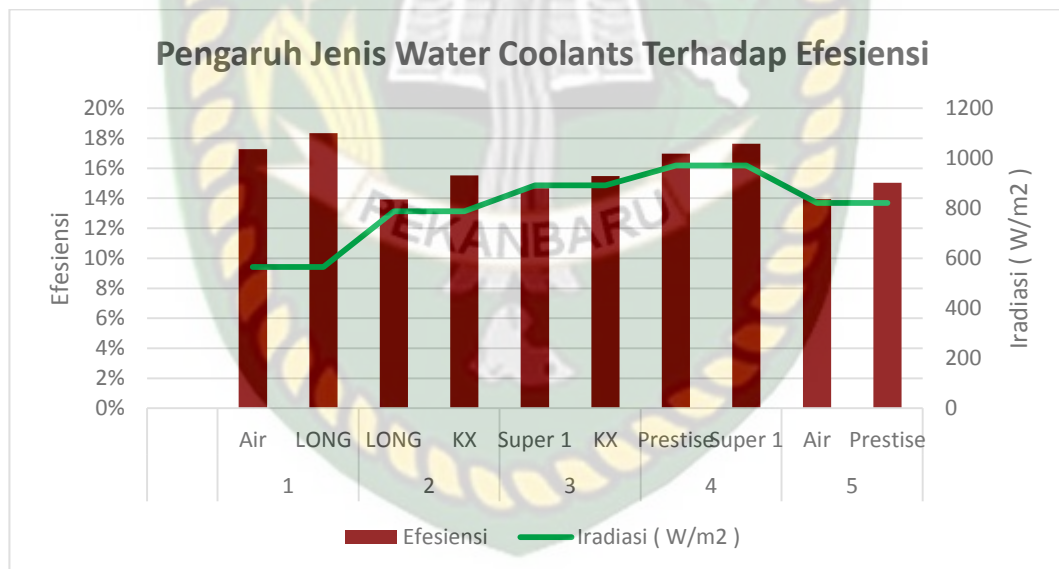
Pada pengujian ke 2 rata-rata nilai efisiensi panel surya (η) mengalami penurunan yang dihasilkan panel surya dengan menggunakan jenis water coolants LONG yang menghasilkan nilai efisiensi 13,9% dimana sebelumnya 18,3% sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai efisiensi sebesar 15,5%, dari pengujian ke 2 terlihat nilai efisiensi mengalami kenaikan yang signifikan. Seperti pada pengujian ke 1 pada panel surya yang menghasilkan nilai efisiensi yang paling besar yaitu 18,3% menggunakan jenis water coolants LONG disini terlihat bahwa ada pengaruh jenis water coolants terhadap parameter kinerja efisiensi.

Pada pengujian ke 3 rata-rata nilai efisiensi panel surya (η) mengalami penurunan menggunakan jenis water coolants super 1 menghasilkan efisiensi sebesar 14,7% sedangkan jenis water coolants KX menghasilkan nilai efisiensi sebesar 15,5% sebelumnya pada pengujian ke 2 nilai efisiensi tetap yaitu 15,5% sedangkan dari pengujian ke 3 dapat dilihat ada pengaruh jenis water coolants terhadap efisiensi yang signifikan terhadap parameter kinerja panel surya terhadap efisiensi.

Pada pengujian ke 4 rata-rata nilai efisiensi panel surya (η) mengalami kenaikan, pada pengujian sebelumnya yaitu pada pengujian ke 3 dengan jenis

water coolants super 1 mendapatkan nilai efesiensi sebesar 14,7% naik menjadi 17,6% di pengujian ke 4, kemudian pada jenis water coolants jenis prestise mendapatkan nilai efesiensi sebesar 17,0% dengan hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa ada pengaruh jenis water terhadap parameter kinerja panel surya yang signifikan terhadap kinerja efesiensi.

Pada pengujian ke 5 pengujian terakhir rata-rata nilai efesiensi panel surya (η) mengalami penurunan pada jenis water coolants prestise mendapatkan nilai efesiensi sebesar 15,0% sebelumnya pada pengujian ke 4 mendapatkan nilai efesiensi 17,0%, sedangkan jenis Air menghasilkan nilai 15,0% pada pengujian ke 5, sebelumnya pada pengujian ke 1 jenis Air menghasilkan nilai efesiensi sebesar 17,3% disini terlihat ada pengaruh jenis water coolants yang signifikan dari jenis water coolants prestise dan Air.



Gambar 4.6 Pengaruh Jenis Water Coolants efesiensi panel surya (η)

Dari gambar 4.6 diatas dapat dilihat bahwa water coolants LONG memiliki efesiensi panel surya (η) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi kerana titik didih Air lebih rendah daripada water coolants LONG, sehingga water coolants LONG lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu LONG lebih baik dalam proses pendinginan panel surya sehingga nilai efesiensi panel

surya (η) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis water coolants Air.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang signifikan pada efisiensi panel surya (η) yang lebih besar dibandingkan water coolants LONG. Hal tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants LONG, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai daya lebih efisiensi panel surya (η) besar. Semakin baik proses pendinginan semakin tinggi nilai efisiensi panel surya (η) yang dihasilkan panel surya.

Pada pengujian water coolants KX terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada efisiensi panel surya (η) yang lebih besar dibandingkan water coolants super 1. Hal ini tersebut terjadi karena KX lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants super 1, sehingga water coolants KX menghasilkan nilai efisiensi panel surya (η) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants super 1 terlihat perubahan yang lumayan signifikan pada efisiensi panel surya (η) yang lebih besar dibandingkan water coolants prestise. Hal ini tersebut terjadi karena super 1 lebih baik dalam mendinginkan panel surya dibandingkan water coolants prestise, sehingga water coolants super 1 menghasilkan nilai efisiensi panel surya (η) lumayan signifikan dibandingkan jenis water coolants super 1.

Pada pengujian water coolants prestise dapat dilihat memiliki efisiensi panel surya (η) yang lebih besar dibandingkan Air. Hal tersebut terjadi karena titik didih Air lebih rendah daripada water coolants prestise, sehingga water coolants prestise lebih baik menyerap panas panel surya. Maka dari itu prestise lebih baik dalam proses pendinginan pada panel surya sehingga nilai efisiensi panel surya (η) yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan jenis Air.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian, perhitungan dan analisa pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Jenis water coolants berpengaruh terhadap kinerja panel surya. Dimana water coolants KX memiliki kinerja yang paling baik dibandingkan Super 1, Super 1 memiliki kinerja yang paling baik dibandingkan Prestise, Prestise memiliki kinerja yang paling baik dibandingkan Air, KX memiliki kinerja yang paling baik dibandingkan LONG, LONG memiliki kinerja paling baik dibandingkan Air, namun kenaikan yang dihasilkan tidak terlalu signifikan.
2. Nilai kinerja panel surya yang paling baik pada pengujian ke-4 dengan jenis water coolants KX pada panel surya, dimana pengujian jenis water coolants KX memiliki tegangan arus terbuka (Voc) sebesar 41,9 V, short-circuit current (Isc) sebesar 4,7 A, daya maksimum (P_{max}) sebesar 37,71 W, daya keluaran (P_{out}) 175,27 W, Fill factor (FF) sebesar 0,889, dan efesiensi (η) sebesar 15,5 % pada iradiasi matahari sebesar 891,9 (W/m^2) .

5.2 Saran

Pengaruh jenis water coolants pada panel surya terhadap kinerja panel surya ini dikembangkan lagi.

1. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan water coolants murni untuk mengetahui kinerja panel surya.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan sistem pendingin otomatis saat suhu panel surya mencapai suhu tertentu/suhu panas yang ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amani Darma Tarigan, Hamdani 2020 PENGGUNAAN SISTEM PENDINGIN TEMPERATUR SEBAGAI PENINGKATAN KINERJA PANEL SURYA Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
- Anggara Bayu. (2019) Analisis Pemanfaatan Panel Surya Dalam Penghematan Daya Listrik Di Gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Laporan Tugas Akhir, Medan: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Ant. Ardath Kristi, Abdullah Alhaddad 2020 Perancangan Sistem Pendingin Photovoltaic dengan Memanfaatkan Kontroler Water Spray ELKHA , **Vol. 12, No.2, Oktober 2020, pp. 47 – 53** Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jember, Indonesia.
- Cengel, Yunus A. 2000. *Heat Transfer A Practical Approach Second Edition*.
- D. Almanda and D. Bhaskara, “Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler , Air Mineral dan Air Laut,” Resist. (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), vol. 1, no. 2, 2018.)
- Deni Almanda, Budiman Putra Piliang 2019 Perbandingan Sistem Pendingin pada Konsentrasi Water Coolant, Air Mineral, dan Air Laut Menggunakan Panel Surya Fleksibel Monocrystalline 20 wp RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer) Vol. 2 No. 2e-ISSN : 2621-9700, p-ISSN : 2654-2684
- Fauzi 2017 membangun-pembangkit-listrik-tenaga.html
- Fitri Madani, Lisa Rasali 2018 pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada ruangan jurusan teknik elektro universitas Muhammadiyah Makassar
- Gaguk Marausna 2021 Pengujian sistem pendingin panel surya berbentuk tubular cooler dengan solar simulator untuk menguji daya keluaran panel surya Teknika STTKD : Jurnal Teknik, Elektronik, Engine Vol 7, No. 1, Juli 2021 | 14.
- H. Isyanto, Budiyanto, Fadliandi, and P. G. Chamdareno, “Pendingin untuk peningkatan daya keluaran panel surya,” Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2017, no. November, pp. 1–2, 2017.

- Huang, B. J., Lin, T. H., Hung, W. C., & Sun, F. S. (2001). *Performance evaluation of solar photovoltaic/thermal systems*. *Solar energy*, 70(5), 443-448.
- Ida Bagus Gde Widianthara, Nyoman Sugiarta 2019 Pengaruh Penggunaan Pendingin Air Terhadap Output Panel Surya Pada Sistem Tertutup, JURNAL MATRIX, VOL. 9, NO. 3, NOVEMBER 2019. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali.
- Martawati, M. (2018). Analisis simulasi pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap daya dari panel surya. JURNAL ELTEK, 16(1), 125-136.
- Maruto Swatara Loegimin, Bamabang Sumantri 2020 SISTEM PENDINGINAN AIR UNTUK PANEL SURYA DENGAN METODE FUZZY LOGIC Jurnal Integrasi Vol. 12 No. 1, April 2020, 21-30. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- P. H. Rizal, T. A., Amin, M., & Saputra, "Kaji Eksperimental Pendinginan Panel Surya Menggunakan Media Udara," *Jurutera*, vol. 1, no. 1, pp. 027–030, 2014.
- Pradona Yoga. (2019) Variasi Kemiringan Sudut Terhadap Efektivitas Kinerja Panel Surya. Laporan Tugas Akhir, Medan: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Rifaldo Pido, Syukri Himran dan Mahmuddin 2018 Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi. Mahasiswa Program Magister Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia.
- S. Mahdy, M. Reza, and C. Ekaputri, "Mempengaruhi Kinerja Photovoltaic Jenis Polycrystalline Berukuran 6Cm X 11Cm X 0.25Cm Analyze of Characteristic and External Factors Which Influencing of Polycrystalline Photovoltaic Works With the Size 6Cm X 11Cm X 0.25Cm," vol. 5, no. 3, pp. 3816–3822, 2018.
- Tarigan A.D Dan Hamdani.(2020) Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Sebagai Peningkatan Kinerja Panel Surya. Jurnal, Medan : Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Panca Budi Medan.
- Wiwin Andi, DKK. (2018) Studi Potensi Radiasi Matahari Untuk Pemanfaatan Energi Surya Di Kota Kendari. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin, Kendari : Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo Yulianda S, Surya G Dan Retno RA. (2015) Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya.Jurnal, Surabaya : Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.