



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR – ME184834**

**ANALISA KEBUTUHAN DAYA SISTEM *REVERSE OSMOSIS*  
DENGAN PEMANFAATAN *SOLAR COLLECTOR* DAN  
*PHOTOVOLTAIC CELL***

Yudhi Satrio Santoso  
NRP 04211640000046

Dosen Pembimbing  
Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng. Ph.D.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



**TUGAS AKHIR – ME 184834**

**ANALISA KEBUTUHAN DAYA SISTEM *REVERSE OSMOSIS* DENGAN  
PEMANFAATAN *SOLAR COLLECTOR* DAN *PHOTOVOLTAIC CELL***

Yudhi Satrio Santoso  
NRP 0421164000046

Dosen Pembimbing  
Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**BACHELOR THESIS – ME 184834**

**POWER REQUIRED ANALYSIS OF REVERSE OSMOSIS SYSTEM  
USING SOLAR COLLECTOR AND PHOTOVOLTAIC CELL**

Yudhi Satrio Santoso  
NRP 0421164000046

Supervisor  
Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **ANALISA KEBUTUHAN DAYA SISTEM *REVERSE OSMOSIS* DENGAN PEMANFAATAN *SOLAR COLLECTOR* DAN *PHOTOVOLTAIC CELL***

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh:

**Yudhi Satrio Santoso**

NRP. 04211640000046

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.

(  )

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA KEBUTUHAN DAYA SISTEM REVERSE OSMOSIS DENGAN PEMANFAATAN SOLAR COLLECTOR DAN PHOTOVOLTAIC CELL

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi *Marine Machinery Fluid and System (MMS)*  
Program S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Yudhi Satrio Santoso**  
**NRP 0421164000046**

Disetujui Oleh,  
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Beny Cahyono, ST, MT, Ph.D.  
NIP 197903192008011008

**SURABAYA**  
**AGUSTUS 2020**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir saya dengan judul “Analisa Kebutuhan Daya Sistem *Reverse Osmosis* Dengan Pemanfaatan *Solar Collector* Dan *Photovoltaic Cell*”. Tugas akhir tersebut merupakan salah satu syarat kelulusan program studi Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini dan keberhasilan menempuh masa studi sarjana. tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Atas terselesaikannya laporan tugas akhir ini, maka saya ingin ucapkan terima kasih kepada :

- Allah SWT yang telah memerikan rahmat, kemudahan, keselamatan, dan Kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- Bapak Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., P.hD selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahan dan masukan, serta bimbingan sehingga dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- Kedua orang tua serta keluarga besar yang telah memberikan dukungan baik secara moril maupun materil.
- Bangun Djiwandono dan Brilliyon Dimas Pandu Baskoro yang telah membantu dan menjadi rekan kelompok tugas akhir saya
- Sahabat-sahabat Kontrakan yang selalu memberikan saya dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- Keluarga Rummyud yang selalu yang telah memberikan semangat, doa, dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan di Teknik Sistem Perkapalan.
- Seluruh member MMS terutama Ardi, Abdul, Rheza, Satrio, Dekko, Icon, Dinda, Cholis, dan semuanya yang telah menjadi rekan yang selalu memberikan semangat dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- Keluarga UKM Sepakbola ITS yang telah memberikan banyak pengalaman selama penulis menjalani studi di ITS dan selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- Teman-teman Departemen Teknik Sistem Perkapalan, VOYAGE 16, yang sudah kebersamai saya selama menjalani masa perkuliahan penulis. Sukses untuk kalian semua.
- Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala dukungan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis sadar dalam laporan ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca laporan ini.

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **ANALISA KEBUTUHAN DAYA SISTEM *REVERSE OSMOSIS* DENGAN PEMANFAATAN *SOLAR COLLECTOR* DAN *PHOTOVOLTAIC CELL***

**Nama mahasiswa** : Yudhi Satrio Santoso  
**NRP** : 0421164000046  
**Pembimbing** : 1. Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D

## **ABSTRAK**

Salah satu kebutuhan dasar manusia adalah air bersih. Pendistribusian air untuk masyarakat sendiri belum merata ke seluruh lokasi yang membutuhkan sehingga dibutuhkan suatu teknologi pengolahan air untuk mengatasi masalah tersebut. Teknologi yang dapat digunakan adalah *reverse osmosis*. Penerapan teknologi desalinasi dengan sistem *reverse osmosis* tentunya harus bisa mengoptimalkan efisiensi proses dengan cara mengkombinasikan proses desalinasi konvensional dengan sistem lain yang ada. Dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai *reverse osmosis* menjelaskan bahwa terdapat pengaruh perbedaan temperatur air baku terhadap kinerja dari sistem *reverse osmosis*. Dalam penelitian kali ini, pemanfaatan *solar collector* nantinya akan digunakan sebagai media untuk memanaskan air. Menurut penelitian sebelumnya kenaikan temperatur dari air baku akan mengurangi tekanan kerja dari pompa *reverse osmosis* sehingga akan mengurangi konsumsi daya dari pompa dan produksi air lebih banyak. Selain dikombinasikan dengan *solar collector*, sistem *reverse osmosis* juga menggunakan *photovoltaic cell* sebagai sumber daya listrik. Percobaan yang dilakukan pada sistem *reverse osmosis* terdapat 3 variasi temperatur untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap kinerja dari sistem *reverse osmosis* tersebut. Percobaan dilakukan pada variasi temperatur 31<sup>0</sup>C, 35<sup>0</sup>C, dan 40<sup>0</sup>C. Dari hasil percobaan yang dilakukan, kenaikan temperatur mengakibatkan penurunan *pressure* pompa dan konsumsi daya listrik yang dibutuhkan. Pada temperatur 40<sup>0</sup>C didapatkan hasil terkecil untuk *pressure* pompa yaitu 40 Psi dan konsumsi daya listrik terkecil dengan rata-rata 1.68 Watt. Sedangkan pada kualitas produk, jumlah air, dan kemampuan membran untuk merejeksi garam terjadi penurunan jika temperatur air baku dinaikkan. Dari variasi ketiga temperatur, hasil yang lebih baik didapatkan pada temperatur 31<sup>0</sup>C dengan kualitas produk air sebesar 105 ppm, jumlah air yang dihasilkan sebesar 36.5 Liter, dan kemampuan rejeksi garam sebesar 95.9 %. Kebutuhan daya listrik dari keseluruhan sistem selama 1 hari sebesar 914.63 *Watt Hours*. Untuk memenuhi kebutuhan daya tersebut dibutuhkan *Photovoltaic Cell* dengan kapasitas 155 *WattPeak* sebanyak 6 unit dengan luas area yang dibutuhkan 7.8 m<sup>2</sup>.

*Kata Kunci : Reverse Osmosis, Solar Collector, Photovoltaic Cell*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# ***POWER REQUIRED ANALYSIS OF REVERSE OSMOSIS SYSTEM USING SOLAR COLLECTOR AND PHOTOVOLTAIC CELL***

**Name of Student** : Yudhi Satrio Santoso  
**NRP** : 0421164000046  
**Supervisor** : 1. Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D

## **ABSTRACT**

One of the basic human needs is clean water. The distribution of water to the community itself is not evenly distributed. So, a water treatment technology is needed to overcome this problem. One of a water treatment technology that can be used is reverse osmosis. The application of desalination technology with a reverse osmosis system have to optimize the efficiency of the process by combining conventional desalination process with other existing system. From several studies about reverse osmosis that have been conducted, it shows that there is an effect of differences in raw feed water temperature on the performance of the reverse osmosis system. In this study, the solar collector will later be used as a medium for heating water. According to previous studies, the rise in temperature from feed water will reduce the working pressure of the reverse osmosis pump so that it will reduce the power consumption of the pump and produce more water. In addition to being combined with the solar collector, the reverse osmosis system also uses photovoltaic cell as electrical power. There are three various temperature that being used in this experiment, those are 31<sup>o</sup>C, 35<sup>o</sup>C, and 40<sup>o</sup>C. From the result of experiments it shows that the increasing amount of temperature will result in a decrease amount of pump pressure and the consumption of electrical power. The smallest result of pump pressure which is 40 psi and the smallest electrical power consumption which is 1.68 Watt are obtained when the temperature is at 40. Whereas the quality of the product, the amount of water, and the ability of the membrane to recover salt is decreasing when the temperature of the feed water is raised. From the temperature variations that being conducted, the best result were obtained at 31<sup>o</sup>C with a water product quality of 105 ppm, the amount of water produced was 36.5, and a salt rejection ability is 95.9%. The electrical power that needed to supply the whole system for 1 day is 914.63 Watt Hours. And to fulfill that electrical power requirement, six units of photovoltaic cell with a capacity of 155 WattPeak is needed with a required area of 7.8 m<sup>2</sup>.

*Keywords : Reverse Osmosis, Solar Collector, Photovoltaic Cell*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Penelitian.....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Manfaat.....	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Desalinasi.....	3
2.2. <i>Reverse Osmosis</i> .....	3
2.2.1. Prinsip Dasar <i>Reverse Osmosis</i> .....	3
2.2.2. Membran <i>Reverse Osmosis</i> .....	5
2.2.3. Proses Desalinasi dengan <i>Reverse Osmosis</i> .....	6
2.2.4. Komponen <i>Reverse Osmosis</i> .....	7
2.3. <i>Effect Temperatur terhadap Performa Reverse Osmosis</i> .....	9
2.4. Energi Surya.....	10
2.5. <i>Solar Collector</i> .....	11
2.5.1. <i>Solar Collector Pelat Datar</i> .....	12
2.5.2. Persamaan <i>Solar Collector Pelat Datar</i> .....	14
2.5.3. Prinsip Kerja <i>Solar Collector</i> .....	16
2.6. Sel Surya.....	16



2.6.1. Struktur Dasar Sel Surya .....	17
2.7. Software <i>RETScreen Expert</i> .....	17
<b>BAB III</b> .....	19
<b>METODE PENELITIAN</b> .....	19
3.1. Diagram Alir .....	19
3.2 Studi Literatur .....	20
3.3. Perancangan Desain <i>Solar Collector</i> .....	20
3.4. Bahan - Bahan <i>Solar Collector</i> .....	22
3.4.1. Pembuatan Kerangka <i>Solar Collector</i> .....	23
3.4.2. Pembuatan Pipa <i>Solar Collector</i> .....	23
3.4.3. Pengecatan Pelat Alumunium .....	24
3.4.4. Penyusunan Komponen <i>Solar Collector</i> .....	25
3.4.5. Pemasangan Insulasi Pada Tangki Air .....	26
3.5. Parameter Percobaan .....	26
3.6. Peralatan yang Digunakan .....	27
3.7. Pengujian Alat .....	28
3.7. Analisa Data .....	29
<b>BAB IV</b> .....	30
<b>ANALISA DAN PEMBAHASAN</b> .....	30
4.1. Data Hasil Pengamatam .....	30
4.2. Analisa <i>Solar Collector</i> .....	32
4.2.1. Perhitungan Koefisien Kehilangan Panas Kolektor .....	34
4.2.2. Perhitungan Efisiensi Faktor <i>Solar Collector</i> .....	35
4.2.3. Perhitungan Faktor Panas Yang Terbuang Pada <i>Solar Collector</i> .....	36
4.2.4. Perhitungan Kesetimbangan Energi Pada <i>Solar Collector</i> .....	36
4.2.5. Perhitungan Temperatur Rata-Rata Fluida .....	36
4.3. Analisa Kinerja Sistem <i>Reverse Osmosis</i> .....	37
4.3.1. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap TDS Air Produk .....	37
4.3.2. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Pressure Pompa .....	39
4.3.3. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Daya Pompa .....	42

4.3.4. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap <i>Salt Rejection</i> .....	46
4.3.5. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Jumlah Air Produk.....	48
4.3.5. Hasil Uji Laboratorium Air Produk.....	49
4.4. Analisa <i>Photovoltaic Cell</i> menggunakan <i>Software RETScreen</i> .....	51
4.4.1. Penentuan Lokasi pada software <i>RETScreen</i> .....	52
4.4.2. Pemilihan <i>Photovoltaic Cell</i> .....	53
<b>BAB V</b> .....	55
<b>KESIMPULAN</b> .....	55
5.1. Kesimpulan .....	55
5.2. Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN</b> .....	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Fenomena Osmosis dan Reverse Osmosis.....	4
Gambar 2. 2 Skema Proses Reverse Osmosis .....	5
Gambar 2. 3 Skematik Pemisahan Membran Berbasis Tekanan.....	5
Gambar 2. 4 Grafik Hubungan Viskositas dengan Kenaikan Temperatur .....	9
Gambar 2. 5 Grafik Hubungan Koefisien Difusi dengan Kenaikan Temperatur .....	10
Gambar 2. 6 Grafik Hubungan Tahanan pada Membran dengan Kenaikan Temperatur .....	10
Gambar 2. 7 Hubungan dan Jarak Matahari dengan Bumi .....	11
Gambar 2. 8 Skema Solar Collector Pelat Data .....	12
Gambar 2. 9 Solar Kolektor Pipa Seri .....	13
Gambar 2. 10 Solar Collector Pipa Seri .....	14
Gambar 2. 11 Perpindahan Panas dari Solar Collector Fluida .....	16
Gambar 2. 12 Struktur Sel Surya.....	17
Gambar 2. 13 RETScreen Expert .....	18
Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3 2 Tampak Depan dari Desain Solar Collector .....	20
Gambar 3 3 Tampak Samping dari Desain Solar Collector .....	21
Gambar 3 4 Tampak Atas dari Desain Solar Collector .....	21
Gambar 3 5 Kerangka Solar Collector .....	23
Gambar 3 6 Pipa Tembaga yang Telah Selesai Disambung.....	24
Gambar 3 7 Proses Pengecatan Pipa Alumunum .....	24
Gambar 3 8 Pemasangan Glass Woll pada Sisi Bawah Solar Collector .....	25
Gambar 3 9 Solar Collector yang Telah Selesai Dirakit .....	25
Gambar 3 10 Pengukuran kandungan TDS dan salinitas pada air baku.....	26
Gambar 4 1 Grafik Perbandingan Hasil TDS Air Produk pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 1) .....	38
Gambar 4 2 Grafik Perbandingan Hasil TDS Air Produk pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 2) .....	39
Gambar 4 3 Grafik Perbandingan Pressure Pompa pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 1).....	41
Gambar 4 4 Grafik Perbandingan Pressure Pompa pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 2).....	41
Gambar 4 5 Grafik Penurunan Prssure Pompa antara Percobaan 1 dan 2.....	42
Gambar 4 6 Grafik Perbandingan Daya Pompa pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 1).....	44

Gambar 4 7 Grafik Perbandingan Daya Pompa pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 2).....	45
Gambar 4 8 Grafik Penurunan Daya Pompa antara Percobaan 1 dan 2 .....	45
Gambar 4 9 Grafik Perbandingan Salt Rejection pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 1).....	47
Gambar 4 10 Grafik Perbandingan Salt Rejection pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 2).....	48
Gambar 4 11 Grafik Perbandingan Jumlah Air Prpduk yang Dihasilkan pada Setiap Percobaan .....	49
Gambar 4 12 Penentuan Lokasi yang DIgunakan Untuk Menentukan Photovoltic Cell .....	52
Gambar 4 13 Kondisi Iklim di Lokasi Percobaan .....	53
Gambar 4 14 Pemilihan Photovoltaic Cell yang Digunakan.....	53
Gambar 4 15 Spesifikasi dari Photovoltaic Cell.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Parameter Operasi Reverse Osmosis Air Laut dan Air Payau .....	9
Tabel 4 1 Data Hasil Perobaan 1 pada <i>Solar Collector</i> dengan Temperatur Akhir 35 °C .....	30
Tabel 4 2 Data Hasil Percobaan 2 pada <i>Solar Collector</i> dengan Temperatur Akhir 35 °C .....	30
Tabel 4 3 Data Hasil Percobaan 1 pada <i>Solar Collector</i> dengan Temperatur Akhir 40 °C .....	31
Tabel 4 4 Data Hasil Percobaan 2 pada <i>Solar Collector</i> dengan Temperatur Akhir 40 °C .....	31
Tabel 4 5 Data Kadar TSD Air Produk pada Setiap Variasi Temperatur.....	37
Tabel 4 6 Data Pressure Pompa Reverse Osmosis pada Setiap Variasi Temperatur.....	40
Tabel 4 7 Data Daya Pompa Reverse Osmosis pada Setiap Variasi Temperatur.....	43
Tabel 4 8 Data Salt Rejection dari Sistem Reverse Osmosis pada Setiap Variasi Temperatur .....	46
Tabel 4 9 Hasil Pengujian Air Sampel Sistem Reverse Osmosis.....	50
Tabel 4 10 Data Perhitungan Kebutuhan Daya Dari Setiap Percobaan .....	51

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

Salah satu kebutuhan dasar manusia adalah air bersih. Ketersediaan air bersih merupakan masalah yang cukup pelik dan selalu dihadapi oleh semua negara, termasuk negara-negara maju. Di Indonesia sendiri ketersediaan air bersih masih sangat kurang. Pendistribusian air sendiri tidak merata baik secara lokasi maupun waktu pemenuhan penduduk. Menurut *Indonesia Water Investment Roadmap 2011-2014*, disebutkan bahwa hanya 47.71 % dari total populasi di Indonesia yang mendapatkan akses sumber air bersih.

Desalinasi merupakan salah satu proses pengolahan air laut atau air payau menjadi air tawar. Permintaan air yang terus meningkat akibat laju pertumbuhan penduduk dan semakin terbatasnya sumberdaya air bersih di alam, maka teknologi pengolahan harus ditingkatkan efisiensinya. Terdapat beberapa sistem desalinasi salah satunya adalah *reverse osmosis*. Penerapan teknologi desalinasi dengan sistem *reverse osmosis* tentunya harus bisa mengoptimalkan efisiensi proses dengan cara menggabungkan atau mengkombinasikan proses desalinasi konvensional dengan sistem lain yang ada.

Indonesia adalah salah satu negara yang terletak di garis khatulistiwa serta memiliki iklim tropis, sehingga matahari bersinar sepanjang tahun. Energi yang dihasilkan oleh matahari berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif.

Sinar radiasi matahari di Indonesia memiliki nilai sekitar 4.8 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Sehingga energi surya ini sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai PLTS dengan menggunakan panel surya. Panel surya akan mengubah sinar radiasi matahari menjadi energi listrik, semakin besarsinar radiasi matahari yang diserap maka energi listrik yang dihasilkan semakin besar (Kementrian ESDM,2016).

Salah satu bentuk pemanfaatan energi matahari selain panel surya adalah *solar collector* sebagai alat untuk memanaskan air. *Solar collector* akan menyerap energi matahari berupa panas dan air yang mengalir pada pipa akan membawa panas tersebut sehingga dapat dihasilkan air panas.

Saat ini, sistem *reverse osmosis* secara konvensional menggunakan air baku tanpa *treatment* pada temperatur air baku tersebut. Pemanfaatan *solar collector* nantinya akan digunakan untuk pemanas air. Air tersebut nantinya akan disalurkan langsung ke membran *reverse osmosis* untuk didesalinasi. Peningkatan temperatur air berdampak positif pada performa dari sistem *reverse osmosis*. Kenaikan temperatur dari air baku akan mengurangi tekanan air baku dan produksi air lebih banyak. Dengan menurunnya tekanan air baku, kinerja komponen semakin berkurang sehingga konsumsi energi lebih sedikit. Kombinasi *solar collector* dengan sistem *reverse osmosis* akan menghasilkan dampak positif dengan bertambahnya produksi dan berkurangnya konsumsi energi.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain sistem *reverse osmosis* dengan menggunakan *solar collector* dan *photovoltaic cell*?
2. Bagaimana kinerja sistem *reverse osmosis* dengan menggunakan *solar collector*?
3. Bagaimana kualitas produksi air tawar hasil *reverse osmosis* dengan menggunakan *solar collector*?

## 1.3. Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Simulasi *photovoltaic cell* dilakukan dengan *software RETScreen*
2. Air baku menggunakan air dengan kadar TDS 2200 ppm
3. Uji eksperimen menggunakan mesin *reverse osmosis* kapasitas 75 GPD
4. Pembuatan prototipe hanya *solar collector*
5. Pengujian dilakukan pada skala laboratorium

## 1.4. Tujuan

Berdasarkan permasalahan diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan desain sistem *reverse osmosis* dengan menggunakan *solar collector* dan *photovoltaic cell*
2. Mengetahui kinerja sistem *reverse osmosis* dengan menggunakan *solar collector* dan penghematan energi yang dihasilkan
3. Mengetahui kualitas produk air tawar hasil rancangan sistem *reverse osmosis* dengan menggunakan *solar collector*

## 1.5. Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang telah disampaikan di atas, adapun manfaat dari penulisa tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan mengenai desain sistem *reverse osmosis* dengan menggunakan *solar collector* dan *photovoltaic cell*
2. Mengembangkan suatu sistem *reverse osmosis* yang lebih efisien
3. Mengoptimalkan potensi energi matahari untuk meningkat kinerja dari sistem *reverse osmosis*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Desalinasi**

Desalinasi merupakan pemisahan air tawar dari air laut atau air payau. Desalinasi dapat dilakukan dengan dua metode yaitu distilasi dan membran. Secara umum proses desalinasi melibatkan tiga aliran cairan, yaitu umpan berupa air laut atau air payau, produk bersalinitas rendah, dan konsentrat bersalinitas tinggi. Air yang dapat didesalinasi dapat berupa air laut, air payau, air limbah maupun air di daerah-daerah dengan kadar garam tinggi (Sayigh,2012).

Sedangkan, apabila ditinjau dari sumber energi yang digunakan, proses desalinasi dapat dibedakan menjadi dua yaitu proses dengan energi listrik dan proses dengan menggunakan energi panas. Dua metode pemisahan zat cair yang paling banyak digunakan adalah *reverse osmosis* (47,2%) dan *multi stage flash distillation* (36.5%). Kedua proses tersebut memerlukan biaya yang sangat mahal untuk perawatan dan pembuatannya. Pengoperasian kedua alat tersebut memerlukan energi yang besar untuk *multi stage flash distillation* memerlukan energi listrik sebesar 3500-7000 kWh dan untuk alat *reverse osmosis* memerlukan energi listrik sebesar 5800-12000 kWh ([www.purewaterine.com](http://www.purewaterine.com)) Dalam pemilihan teknologi desalinasi didasarkan pada beberapa factor, antara lain :

1. Salinitas (kadar zat terlarut air masukan)
2. Kualitas air bersih yng diinginkan
3. Sumber energi yang akan digunakan untuk produksi air
4. Debit air yang diperlukan
5. Factor ekonomi, keandalan, kemudahan opreasi dan perawatannya.

#### **2.2. Reverse Osmosis**

*Reverse osmosis* adalah kebalikan dari fenomena osmosis. Osmosis merupakan fenomena pencapaian kesetimbangan antara dua larutan yang memiliki perbedaan konsentrasi zat terlarut, dimana kedua larutan ini berada pada satu bejana dan dipisahkan oleh lapisan semipermeabel. Kesetimbangan terjadi akibat perpindahan pelarut dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi. Saat kesetimbangan konsentrasi dicapai maka terdapat perbedaan tinggi larutan yang dapat didefinisikan sebagai tekanan osmosis

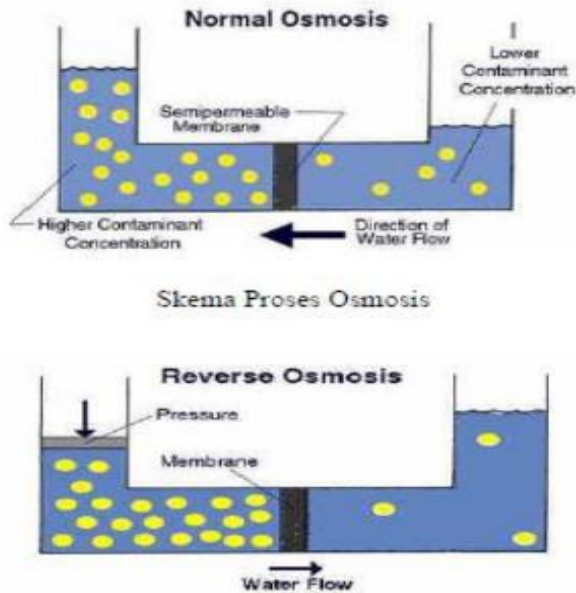
##### **2.2.1. Prinsip Dasar Reverse Osmosis**

Prinsip dasar *reverse osmosis* adalah memberi tekanan hidrostatik yang melebihi tekanan osmosis larutan sehingga pelarut dalam hal ini air dapat berpindah dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah. Prinsip *reverse osmosis* ini dapat memisahkan air dari komponen-komponen yang tidak



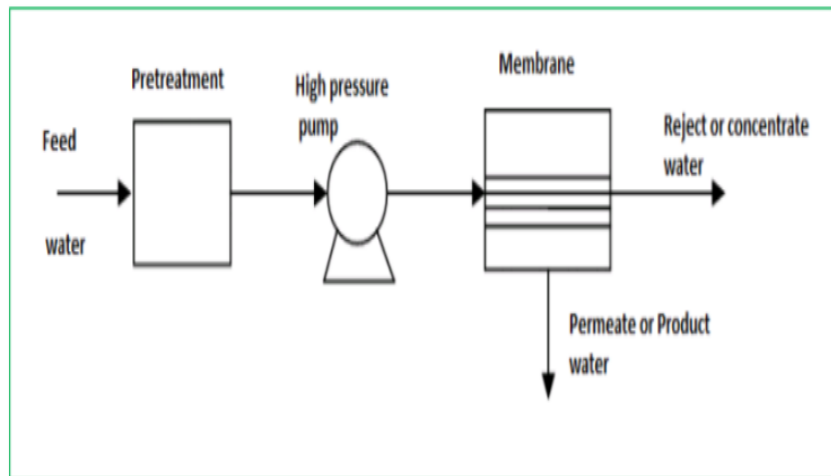
diinginkan dan dengan demikian akan didapatkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi (William, 2003).

Sistem RO terdiri beberapa komponen penting yaitu *pre treatment*, *high pressure pump*, *membrane assembly* dan *post treatment*. *Pre treatment* sangat penting pada proses RO, hal ini berguna untuk mencegah dan mengurangi penumpukan garam dan pertumbuhan biota laut pada membran. (Nugroho, 2004)



Gambar 2. 1 Skema Fenomena Osmosis dan Reverse Osmosis  
Sumber : (Amelia F, 2015)

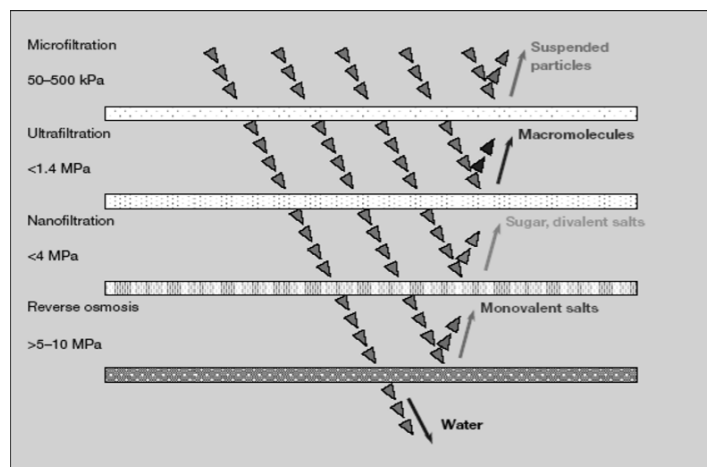
Bila air tawar dan air baku dipisahkan oleh suatu dinding semi permeable membran maka air tawar akan meresap menembus dinding pemisah itu ke bagian air baku. peristiwa ini disebut 'peristiwa osmosis. Air tawar akan terus menembus dinding pemisah itu ke bagian air baku walau tidak diberi tekanan. Kekuatan efektif pendorong penembusan itu dinamakan *osmotic pressure*. Penembusan akan berhenti dengan sendirinya pada kondisi perimbangannya (*equilibrium*) di *osmotic pressure* tertentu. Besar *osmotic pressure* tergantung, dari karakteristik membran, suhu dan kepekatan air laut/air baku. Pada sistem RO ini air laut atau air payau diberi tekanan agar terjadi hal kebalikannya, yaitu air tawar yang terkandung di dalam air laut atau air payau keluar menembus dinding pemisah (membran) maka peristiwa itu dinamakan peristiwa *reverse osmosis*.



Gambar 2. 2 Skema Proses *Reverse Osmosis*  
 Sumber : (Ahuchaogu, A,2018)

### 2.2.2. Membran *Reverse Osmosis*

Membran *reverse osmosis* adalah teknologi pemurnian air yang menggunakan membran semipermeabel. Membran semipermeabel adalah membran yang bisa dilewati oleh molekul air tetapi tidak bisa dilewati molekul garam. Fungsi membran semipermeabel diletakkan di antara kedua larutan tersebut untuk mencegah terjadinya pencampuran di antara kedua larutan yang berkadar garam tinggi (*concentrated solution*) dan kadar garam rendah (*dilute solution*). Prinsipnya air merupakan satu satunya material yang dapat melewati membran sehingga membran ini merejeksi partikel berberat molekul tinggi dan rendah (Utomo, 2014).



Gambar 2. 3 Skematik Pemisahan Membran Berbasis Tekanan  
 Sumber : (Pusparini W, 2010)

Dari strukturnya membran dapat dibedakan antara membran berpori dan non-berpori. Pemisahan berpori berdasarkan ukuran partikel yang akan dipisahkan. Sedangkan membran non-berpori dipisahkan karena perbedaan kelarutan dan kemampuan dari larutan berdifusi. Proses-proses membran yang telah umum digunakan dalam pengolahan air adalah mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), nanofiltrasi (NF) dan *reverse osmosis* (RO) yang bekerja berdasarkan gaya dorong tekan. (Wenten, 2005).

### 2.2.3. Proses Desalinasi dengan *Reverse Osmosis*

Air baku yang didesalinasi dengan sistem *reverse osmosis* tidak mungkin dapat memisahkan seluruh garam dari air lautnya, karena dibutuhkan tekanan yang sangat tinggi. Oleh sebab itu, air laut atau air asin dipompa dengan tekanan tinggi ke dalam suatu modul membran osmosis terbalik yang mempunyai dua buah outlet yaitu outlet untuk air tawar dan outlet untuk air garam yang telah dipekatkan (*reject water*). Persamaan yang digunakan untuk mengetahui salt rejection sebagai berikut :

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_{ave}}\right) \times 100 \quad (1)$$

Dimana,

R = Zat yang di tahan

$C_p$  = Konsentrasi Permeat

$C_f$  = Konsentrasi Umpan

$C_c$  = Konsentrasi Konsentrat

$C_{Ave}$  adalah rata – rata konsentrasi dari air umpan.

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai  $C_{Ave}$  adalah sebagai berikut :

$$C_{Ave} = \frac{C_f + C_c}{2} \quad (2)$$

Proses pengolahan air laut dengan sistem *reverse osmosis* terdiri dari 4 proses utama. Air laut akan melewati proses tersebut hingga menjadi air siap dikonsumsi. Berikut adalah proses desalinasi dengan sistem *reverse osmosis*:

- *Pretreatment* : Air umpan pada tahap pretreatment disesuaikan dengan membran dengan cara memisahkan padatan tersuspensi, menyesuaikan pH, dan menambahkan inhibitor untuk mengontrol scaling yang dapat disebabkan oleh senyawa tertentu, seperti kalsium sulfat.

- *Pressurization* : Pompa akan meningkatkan tekanan dari umpan yang sudah melalui proses *pretreatment* hingga tekanan operasi yang sesuai dengan membran dan salinitas air umpan.
- *Separation* : Membran permeable akan menghalangi aliran garam terlarut, sementara membran akan memperbolehkan air produk terdesalinasi melewatinya. Efek permeabilitas membran ini akan menyebabkan terdapatnya dua aliran, yaitu aliran produk air bersih, dan aliran brine terkonsentrasi. Karena tidak ada membran yang sempurna pada proses pemisahan ini, sedikit garam dapat mengalir melewati membran dan tersisa pada air produk. Membran RO memiliki berbagai jenis konfigurasi, antara lain *spiral wound* dan *hollow fine* fiber membran.
- *Stabilization* : Air produk hasil pemisahan dengan membran biasanya membutuhkan 5 penyesuaian pH sebelum dialirkan ke sistem distribusi untuk dapat digunakan sebagai air minum. Produk mengalir melalui kolom aerasi dimana pH akan ditingkatkan dari sekitar 5 hingga mendekati 7 (Danial/fadjar.P, 2010)

#### 2.2.4. Komponen *Reverse Osmosis*

Pada proses desalinasi air laut dan air payau dengan sistem *reverse osmosis* terdapat beberapa macam komponen yang dibutuhkan untuk memisah air laut menjadi air tawar. Beberapa komponen sistem *reverse osmosis* sebagai berikut :

1. Pompa clarifier  
Pompa clarifier berfungsi untuk memompa air baku ke dalam tangki air baku. Pada umumnya, pompa clarifier menggunakan pompa sentrifugal. Pompa tersebut nantinya akan disesuaikan dengan kebutuhan dari sistem *reverse osmosis*.
2. Tangki Air Baku  
Tangki air baku digunakan untuk menampung air laut atau air payau akan diolah oleh sistem *reverse osmosis*. Tangki ini didesain sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan dan lokasi tangki air baku akan ditempatkan.
3. Tangki reaktor  
Tangki ini berfungsi sebagai tempat untuk mencampurkan air baku dengan bahan kimia.
4. Tangki KMnO<sub>4</sub>  
Tangki ini digunakan untuk menampung cairan KMnO<sub>4</sub> yang berfungsi untuk menaikkan PH air baku ke netral. Tangki ini dilengkapi dengan pompa yang menginjeksikan cairan KMnO<sub>4</sub> ke tangki air baku.
5. Saringan Pasir Cepat (*Pressure Sand Filter*)  
Filter ini berfungsi menyangkai partikel kasar yang berasal dari air baku dan hasil oksidasi kalium permanganat atau klorin, termasuk

besi dan mangan. Air dari tangki reaktor masuk ke unit penyaringan pasir dengan tekanan maksimum sekitar 4 bar.

6. Filter Mangan Zeolit (*Manganese Greensand Filter*)

Filter ini berfungsi untuk menyerap zat besi atau mangan di dalam air yang belum sempat teroksidasi di dalam tangki reaktor dan saringan pasir. Unit ini berbentuk dan berdimensi sama dengan saringan pasir hanya media filternya yang berbeda.

7. Filter Karbon Aktif (*Activated Carbon Filter*)

Filter ini digunakan sebagai penghilang bau, warna, logam berat dan pengotor-pengotor organik lainnya. Ukuran dan bentuk unit ini sama dengan unit penyaring lainnya. Media penyaring yang digunakan adalah karbon aktif granular atau butiran dengan ukuran 1 - 2,5 mm atau resin sintetis, serta menggunakan juga media pendukung berupa pasir silika pada bagian dasar.

8. Filter *Catridge* untuk RO

Filter ini adalah penyaring pelengkap untuk menjamin bahwa air yang akan masuk ke proses penyaringan osmosa balik benar-benar memenuhi syarat air baku bagi sistem osmosa terbalik. Filter ini mempunyai media penyaring dari bahan sintesis selulosa.

9. Pompa Air Baku

Pompa ini berfungsi untuk memompa air baku ke membran osmosis. Pompa yang digunakan harus memiliki tekanan yang tinggi sehingga air baku dapat melewati dinding membran osmosis dan air tawar akan terpisah dengan air baku. Dalam pemilihan pompa tergantung dengan air baku yang digunakan. Apabila air baku menggunakan air laut maka tekanan yang dibutuhkan lebih besar karena TDS air laut lebih besar. Parameter pengoperasian reverse osmosis dengan air payau lebih rendah karena TDS nya yang tidak besar.

10. Unit *Reverse Osmosis*

Unit ini merupakan komponen yang sangat penting dari keseluruhan proses desalinasi. Unit ini terdiri dari selaput membran yang digulung secara spiral dengan pelindung kerangka luar (*vessel*) yang tahan terhadap tekanan tinggi. Spesifikasi dari unit ini bermacam-macam dan didesain sesuai kebutuhan yang diinginkan. Untuk parameter operasi *reverse osmosis* air laut dan air payau dapat dilihat pada tabel 2.1

11. Tangki Air Produk

Tangki ini berfungsi untuk menampung air olahan yang telah melewati proses desalinasi sebelum didistribusikan ke konsumen

12. Pompa Produk

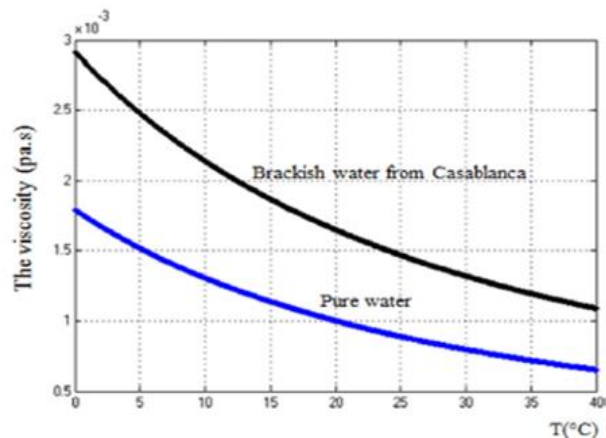
Pompa ini berfungsi untuk memompa air yang terdapat di tangki produk untuk dialirkan ke tempat-tempat yang ditunjukkan.

Tabel 2 1 Parameter Operasi *Reverse Osmosis* Air Laut dan Air Payau

Parameter	SWRO	BWRO
RO permeat flux (L/m <sup>2</sup> .h)	12-15 (open water intake) 15-17 (beach well)	12-45 (ground water)
Tekanan hidrostatik (bar)	55-80	6-30
Penggantian membran	20% per tahun Setiap 2-5 tahun	5% per tahun Setiap 5-7 tahun
Recovery (%)	30-45	75-90
pH	5,5-7	5,5-7
Persen rejeksi (%)	99,4-99,7	95-99

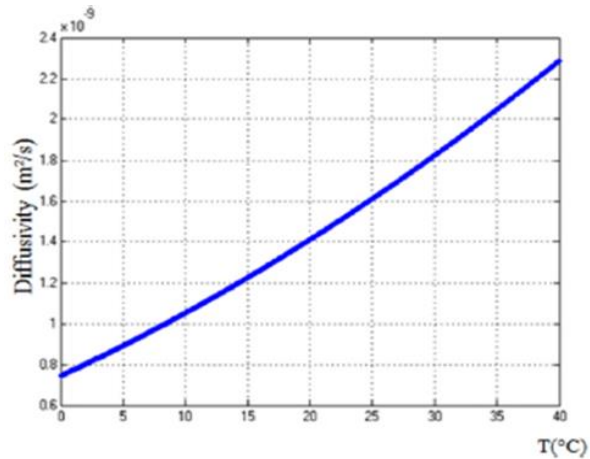
### 2.3. Effect Temperatur terhadap Performa *Reverse Osmosis*

Kenaikan temperatur pada air baku memberikan dampak positif bagi performa *reverse osmosis*. Laju aliran yang melalui membran semipermeable bertambah dengan meningkatnya temperatur air baku. Meningkatnya temperatur air baku mengakibatkan viskositas dari air baku menurun dan koefisien difusi yang melalui membran lebih tinggi. (Lilane dkk,2019)



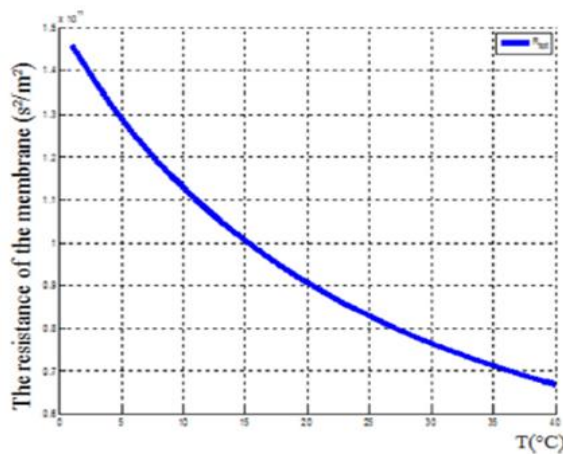
Gambar 2. 4 Grafik Hubungan Viskositas dengan Kenaikan Temperatur  
Sumber : (Lilane dkk,2019)

Selama pemisahan di membran, peningkatan temperatur pada air baku yang akan didesalinsi berdampak pada koefisien difusi. Pada kenyataannya koefisien difusi dari air baku meningkat secara paralel dengan bertambahnya temperatur pada air baku.



Gambar 2. 5 Grafk Hubungan Koefiisen Difusi dengan Kenaikan Temperatur  
 Sumber : (Lilane dkk,2019)

Kenaikan temperatur air baku yang didesalinasi juga mempunyai efek positif terhadap tahanan pada membran *reverse osmosis*. Ketika temperatur air baku ditingkatkan, membran *reverse osmosis* menjadi rendah tahanannya. Hal itu akan berpengaruh kepada jumlah produktifitas *reverse osmosis*. Pengurangan tahanan tersebut akan mengurangi konsumsi energi pada sistem desalinasi (Lilane dkk,2019)



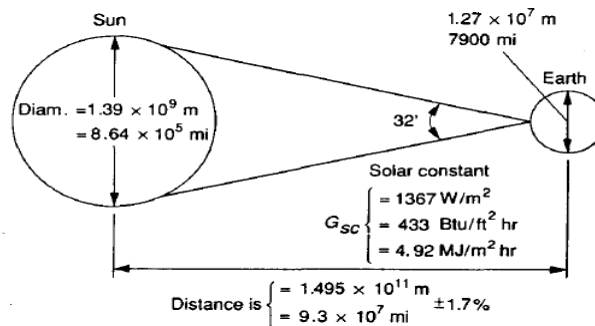
Gambar 2. 6 Grafik Hubungan Tahanan pada Membran dengan Kenaikan Temperatur  
 Sumber : (Lilane dkk,2019)

## 2.4. Energi Surya

Energi surya merupakan energi yang berbentuk gelombang elektromagnetik yang berasal dari radiasi thermal yang dipancarkan oleh permukaan matahari yang mempunyai temperatur sekitar 57600 K. Spektrum dari Panjang gelombang radiasi matahari berikisar antara 0.3  $\mu\text{m}$  sampai 4  $\mu\text{m}$ . Panjangnya jarak tempuh sinar radiasi

matahari ke bumi akan mempengaruhi intensitas energi radiasi matahari. (Soeparman, 2015).

Jarak matahari dengan bumi tidak konstan dikarenakan lintasan bumi yang berbentuk ellips. Jarak terdekat antara matahari dan bumi adalah  $1.47 \times 10^{11}$  m dan jarak terjauh adalah  $1.52 \times 10^{11}$  m. Energi surya di Indonesia yang berpotensi dimanfaatkan sangat besar sekitar 4.8 KWh/m<sup>2</sup> atau setara dengan 112.000 GW. (Heri J. 2012)



Gambar 2. 7 Hubungan dan Jarak Matahari dengan Bumi  
Sumber : (Vries dkk,2011)

Di Indonesia sendiri energi surya yang baru dimanfaatkan sekitar 10 MW. Dengan potensi energi yang sangat besar, energi surya layak dijadikan salah satu energi alternatif yang dapat digunakan di Indonesia. Mengingat di Indonesia sendiri masih banyak daerah terpencil yang belum dialiri listrik terutama di daerah pedesaan yang jauh dari pembangkit listrik. Saat ini sumber energi yang tersedia dalam jumlah besar dan kontinu adalah energi matahari. Sumber energi matahari sangat efektif karena tidak menimbulkan polusi dan terus tersedia. (Vries dkk,2011).

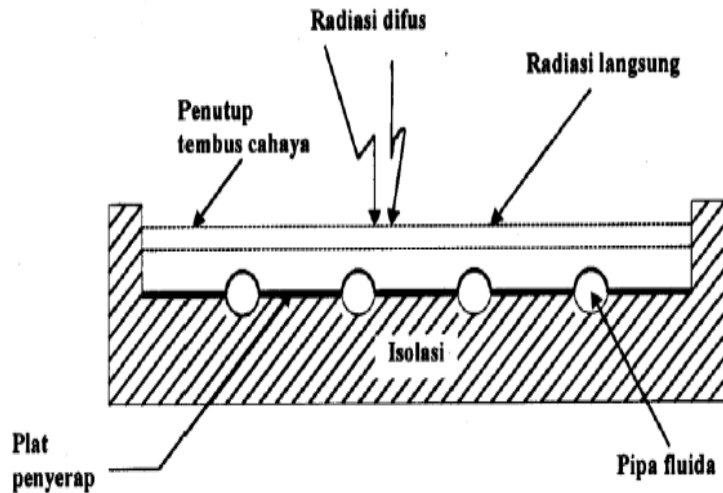
## 2.5. Solar Collector

*Solar collector* didefinisikan sebagai suatu sistem perpindahan panas yang memanfaatkan energi radiasi matahari sebagai sumber energi utamanya untuk menghasilkan energi panas. *Solar collector* memiliki komponen dasar yaitu berupa media penyerap (absorber) yang berfungsi sebagai penyerap energi radiasi matahari. inar matahari yang mengenai absorber tidak semuanya dapat diserap dan dikonversi menjadi energi panas, sebagian cahaya akan dipantulkan lagi ke lingkungan. Selain itu, *solar collector* dilengkapi dengan saluran fluida yang bersentuhan langsung dengan absorber. Panas yang terserap pada absorber akan dipindahkan melalui fluida penerima yang berada didalam saluran fluida. *solar collector* diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu *Flate Plate Collector* (*Solar collector* pelat datar), *Concentrating Collectors*, *Evacuated Tube Collectors*. Klasifikasi pelat kolektor berdasarkan dimensi dan geometri dari receiver yang dimiliki.



### 2.5.1. Solar Collector Pelat Datar

*Solar collector* pelat datar adalah sebuah alat yang menggunakan pelat datar sebagai media penyerap energi radiasi matahari menjadi energi dan mengkonversikan menjadi energi panas untuk memanaskan fluida yang mengalir. Fluida yang dipanaskan dapat berupa cairan ataupun udara. Kelebihan dari kolektor pelat datar yaitu memiliki temperatur keluran sampai dibawah  $95^{\circ}\text{C}$  tanpa menggunakan *solar tracking sistem* (Goswami,1999).



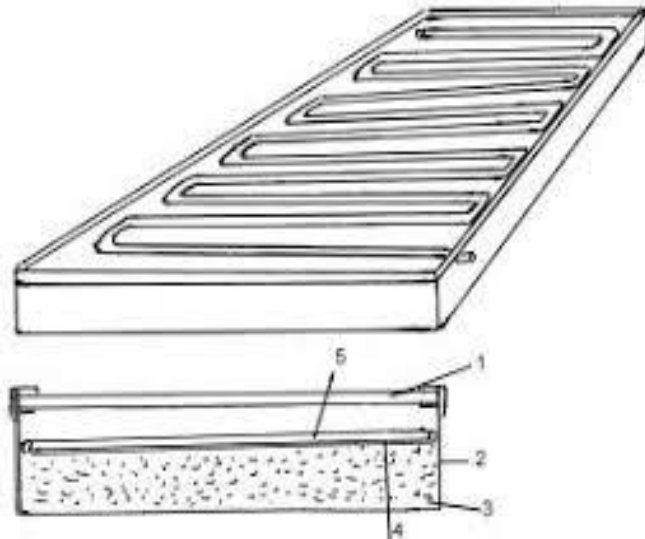
Gambar 2. 8 Skema Solar Collector Pelat Datar  
Sumber : (Suprianto,2018)

*Solar collector* pelat datar terdiri dari beberapa komponen, yaitu *absorber*, saluran pipa, insulasi, *frame*, dan *transparent cover*. *Absorber* yang digunakan sebagai pelat datar menggunakan material dengan konduktivitas termal yang tinggi dan dilapisi cat berwarna hitam. *Solar collector* pelat datar dapat memanfaatkan sinar radiasi dengan sorotan langsung dan sebaran panas melalui komponen sehingga tidak perlu menggunakan komponen pembantu seperti *solar tracking sistem*. Biaya pembuatan *solar collector* jenis ini lebih murah dan perawatan yang mudah dengan desain yang cukup sederhana. *Solar collector* jenis ini pada umumnya digunakan untuk pemanas air, pengkondisian udara, dan proses pemanas dalam industri. Efisiensi dari solar kolektor pelat datar dapat dihitung dengan membandingkan intensitas cahaya matahari yang diterima dengan besar kenaikan temperatur fluida yang mengalir dalam kolektor (Duffie, 1980).

Instalasi saluran pipa pada *solar collector* pelat datar terdapat beberapa jenis. Setiap jenis instalasi memiliki keuntungan masing-masing. Secara umum, instalasi pipa pada solar kolektor pelat datar dibagi menjadi instalasi pipa secara seri (*serpentine*) dan pipa secara parallel.

### 1. Instalasi Pipa Secara Seri (*Serpentine*)

Instalasi pipa secara seri merupakan instalasi pipa saluran fluida berbentuk seri berkelok yang hanya terdapat satu aliran fluida pada pipa panjang yang dibentuk berkelok. Laju aliran pada instalasi jenis ini tidak mengalami perbedaan karena hanya ada satu aliran



Gambar 2. 9 Solar Kolektor Pipa Seri

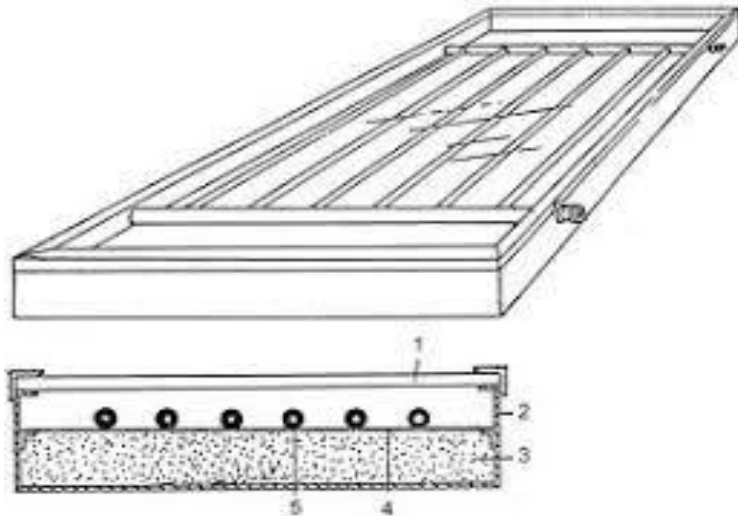
Sumber : <https://media.neliti.com/>

Dengan susunan pipa seperti gambar memungkinkan hilangnya masalah yang timbul akibat distribusi aliran yang tidak merata. Pada proses penekukan (*bending*) untuk membentuk siku harus diperhatikan agar tidak mengalami kerusakan. Alternatif lain dalam pembuatan susunan pipa tersebut adalah menggunakan sambungan pipa (*fitting*) yang disebut dengan *elbow*. *Elbow* berfungsi untuk menghubungkan dua pipa yang akan dibentuk pada sudut tertentu.

### 2. Instalasi Pipa Secara Paralel

Instalasi pipa secara paralel berbentuk seperti rangkaian paralel pada umumnya. Pada solar kolektor pelat datar, jenis pipa ini didesain untuk memindahkan fluida dari kolektor bagian bawah ke kolektor bagian atas. Saluran pipa dipasang secara vertikal paralel. Diameter pipa bagian bawah solar kolektor harus lebih besar dibandingkan dengan bagian pipa vertikal.

Perbedaan diameter pipa bagian bawah dan atas mengakibatkan tekanan fluida pada akan menyesuaikan, sehingga mengakibatkan distribusi aliran fluida pada setiap pipa vertikal mendekati keseragaman. Kerugian dari instalasi ini adalah laju aliran pada bagian tengah pipa vertikal lebih rendah sehingga energi panas yang terkonsentrasi tidak maksimal untuk ditransfer dengan baik (Duffie,1980)



Gambar 2. 10 *Solar Collector* Pipa Seri  
 Sumber : <https://media.neliti.com/>

### 2.5.2. Persamaan *Solar Collector* Pelat Datar

Absorber pada pelat datar mengkonversi energi radiasi matahari yang diserap menjadi energi panas. Panas berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur rendah, sehingga saluran pipa fluida yang terdapat dibawah absorber akan mentransfer panas ke fluida yang mengalir didalamnya.

#### a. Kestimbangan Energi Pada *Solar Collector*

$$Q_u = A_c [S - U_L (T_{pm} - T_a)] \quad (3)$$

Dimana,

- $A_c$  = Luas permukaan kolektor (m<sup>2</sup>)
- $T_a$  = Temperatur lingkungan (OK)
- $U_L$  = Koefisien kehilangan panas kolektor (Watt/m<sup>2</sup>.OC)
- $T_{pm}$  = Temperatur rata-rata permukaan pelat (OK)
- $S$  = Intesitas radiasi matahari (W/m<sup>2</sup>)

#### b. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh

Koefisien perpindahan panas menyeluruh merupakan jumlah dari kerugian kalor yang terjadi pada *absorber*. Kerugian kalor pada absorber diukur dari tiga sisi *absorber* yaitu dari bagian atas, bagian samping dan bagian bawah. Persamaan yang digunakan untuk mengitung koefisien perpindahan panas menyeluruh sebagai berikut :

$$U_L = U_t + U_b + U_e \quad (4)$$

Dimana:

- $U_L$  = koefisien kerugian kalor total
- $U_t$  = koefisien kerugian kalor bagian atas
- $U_b$  = koefisien kerugian kalor bagian bawah
- $U_e$  = koefisien kerugian kalor bagian samping

c. Kerugian Kalor Bagian Atas

Pada pelat bagian atas absorber dapat terjadi kehilangan energi panas. Kehilangan energi panas tersebut terjadi karena perpindahan panas secara konveksi alami dan radiasi dari bagian pelat kolektor ke permukaan kaca. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kerugian kalor bagian atas sebagai berikut :

$$U_t = \left( \frac{1}{h_c \cdot p - c} + \frac{1}{h_r \cdot p - c} + \frac{1}{h_w + h_r \cdot c - a} \right)^{-1} \quad (5)$$

Dimana:

- $U_t$  = kerugian kalor bagian atas
- $h_w$  = koefisien perpindahan panas konveksi
- $h_{r,c-a}$  = koefisien perpindahan panas radiasi antara kaca dengan lingkungan
- $h_{c,p-c}$  = koefisien perpindahan panas konveksi antara pelat dengan kaca
- $h_{r,p-c}$  = koefisien perpindahan panas radiasi antara pelat dan kaca.

d. Kerugian Kalor Bagian Bawah

Kerugian kalo terbesar pada bagian bawah pelat datar terjadi secara konduksi antara absorber dengan saluran pipa fluida. Kerugian secara konveksi dan radiasi relative kecil pada bagian bawah pelat. Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien kerugian panas bagian bawa sebagai berikut :

$$U_b = K/L \quad (6)$$

Dimana:

- $U_b$  = koefisien kerugian kalor bagian bawah
- $K$  = konduktifitas insulator bagian bawah
- $L$  = tebal insulator

e. Kerugian Kalor Bagian Samping

Koefisien kerugian kalor pada bagian samping dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

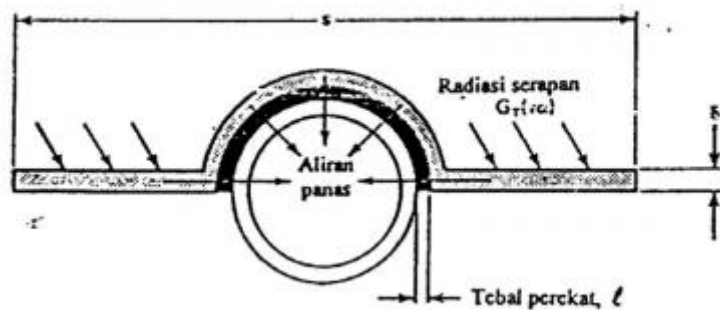
$$U_e = (UA)_{edge}/A_c \quad (7)$$

Dimana:

- $UA = k/L \times \text{volume kolektor}$
- $A_c = \text{luas permukaan kolektor (m}^2\text{)}$

### 2.5.3. Prinsip Kerja Solar Collector

Perencanaan *solar collector* pemanas air berdasarkan prinsip-prinsip radiasi, konveksi, dan konduksi. Material yang digunakan sebagai pelat penyerap memiliki konduktivitas termal yang tinggi. Matahari akan memancarkan energi radiasi, kemudian energi tersebut akan ditangkap oleh *solar collector*. Panas tersebut akan dialirkan ke seluruh pelat secara konduksi. Panas yang telah diserap kemudian akan disalurkan ke fluida yang mengalir didalam pipa yang berada dibawah pelat secara konveksi. Isolasi pada perancangan harus benar-benar baik karena untuk menghindari panas yang hilang (Prasetyana,2008)



Gambar 2. 11 Perpindahan Panas dari *Solar Collector* Fluida  
Sumber : Prasetyana,2008

### 2.6. Sel Surya

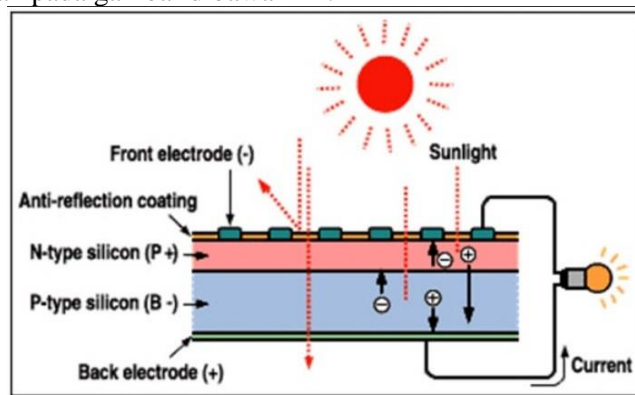
Sel surya merupakan suatu perangkat yang terdapat alat semikonduktor penghantar aliran listrik yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Material semikonduktor yang digunakan untuk membuat sel surya adalah silicon dengan ditambahkan bahan khusus. Sel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik menggunakan prinsip efek *photovoltaic*.

Sel surya pertama ditemukan oleh Becquerel pada tahun 1839. Becquerel mendapatkan sebuah fenomena munculnya tegangan listrik karena elektroda yang terdapat pada larutan elektrolit mendapatkan sinar matahari. Fenomena tersebut yang disebut efek *photovoltaic*. Banyaknya sel surya dalam suatu modul tergantung dengan kebutuhan listrik yang diinginkan. Intensitas sinar matahari yang diterima sangat mempengaruhi kinerja sel surya. Kondisi cuaca sekitar semisal berawan atau berkabut akan memberi efek signifikan terhadap jumlah energi yang diterima sel surya.

### 2.6.1. Struktur Dasar Sel Surya

Struktur sel surya terdiri dari satu atau lebih jenis material semikonduktor. Material tersebut terdapat di dua daerah yang berbeda yaitu daerah positif dan negatif. Kedua sisi yang berlainan tersebut berfungsi sebagai elektroda. Setiap daerah berbeda terdapat dopant dengan golongan periodik yang berbeda yang berfungsi untuk menghasilkan dua muatan yang berbeda. Dopant pada daerah negative berfungsi sebagai pendonor electron (*n-type*), sedangkan pada daerah positif berfungsi sebagai penerima electron (*p-type*).

Pada struktur sel surya terdapat substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan *n-type* (elektron) ke *p-type* (hole), dan juga terdapat lapisan antirefleksi. (Handini, 2008). Susunan sel surya dapat diilustrasikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 12 Struktur Sel Surya  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

### 2.7. Software *RETScreen Expert*

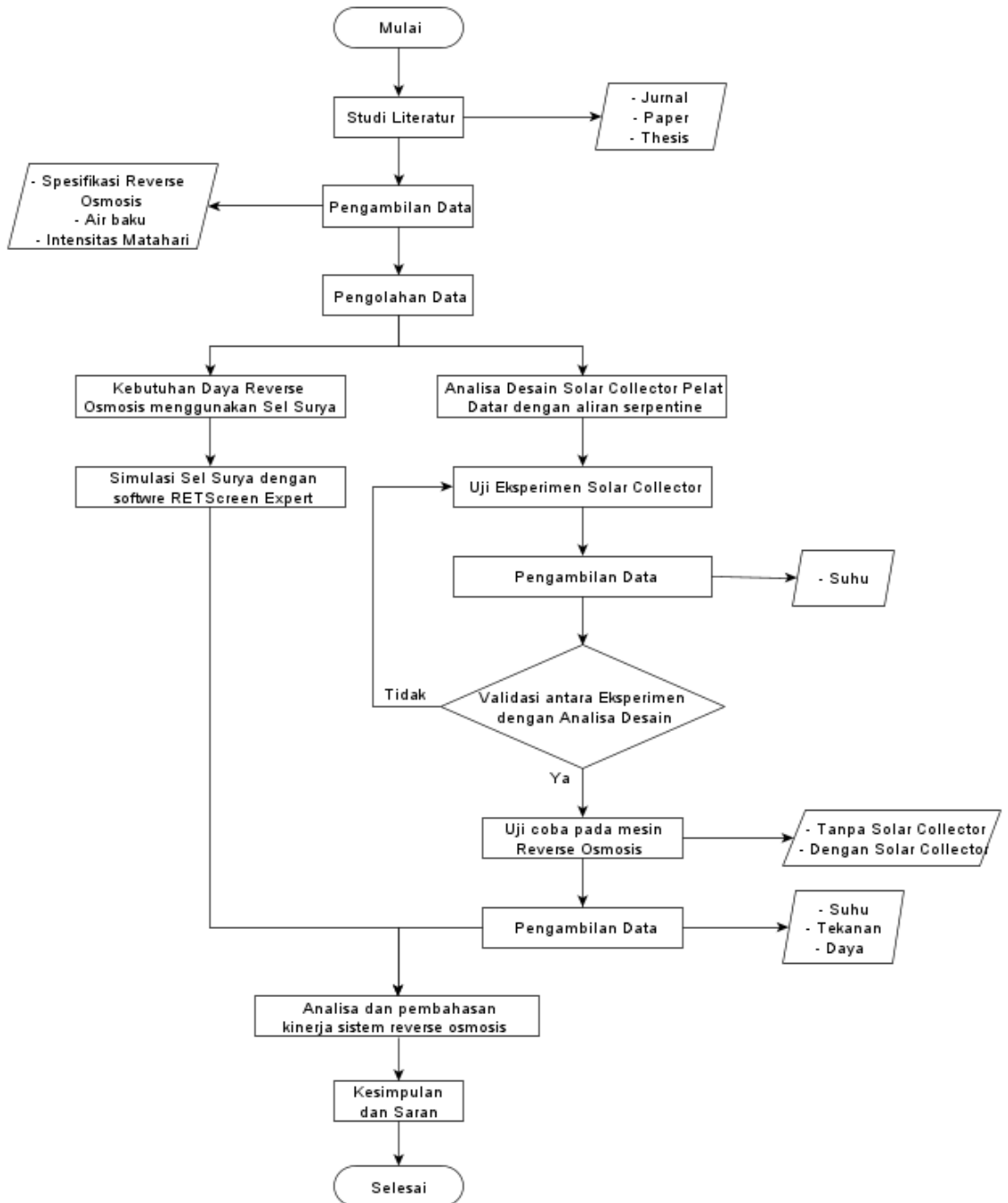
*Software RETScreen* adalah software yang berfungsi untuk mengevaluasi penggunaan dari berbagai jenis energi terbarukan. *RETScreen* dapat menganalisa energi yang dihasilkan, biaya siklus hidup dan pengurangan emisi gas rumah kaca dari energi terbarukan yang digunakan. *Software* tersebut dapat memberikan identifikasi yang komprehensif, penilaian dan pengoptimalan teknis, viabilitas finansial energi terbarukan yang potensial dan peluang penghematan/produksi energi. Identifikasi tersebut diukur dari beberapa aspek seperti lokasi dan fasilitas yang tersedia. *RETScreen* menggabungkan sejumlah basis data untuk membantu pengguna, termasuk basis data kondisi cuaca global yang ada, basis data tolok ukur; basis data biaya; basis data proyek; basis data hidrologi dan basis data produk



Gambar 2. 13 RETScreen Expert  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

# BAB III METODE PENELITIAN

## 3.1. Diagram Alir



Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian

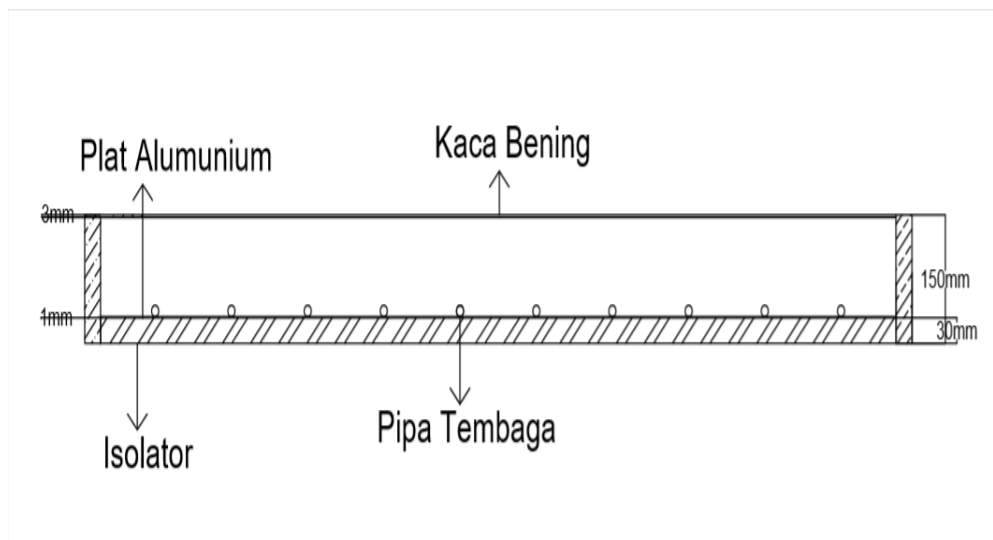


### 3.2 Studi Literatur

Tahap studi literatur merupakan langkah penulis dalam mencari referensi mengenai reverse osmosis dan *solar collector*. Pada tahap ini akan ditetapkan masalah yang akan diangkat pada skripsi ini dan juga mempelajari masalah tersebut sehingga mengetahui apa saja yang harus dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari jurnal atau paper yang berhubungan dengan masalah yang diangkat dan juga mencari data-data yang diperlukan dari sumber-sumber seperti paper, jurnal, buku, atau tugas akhir.

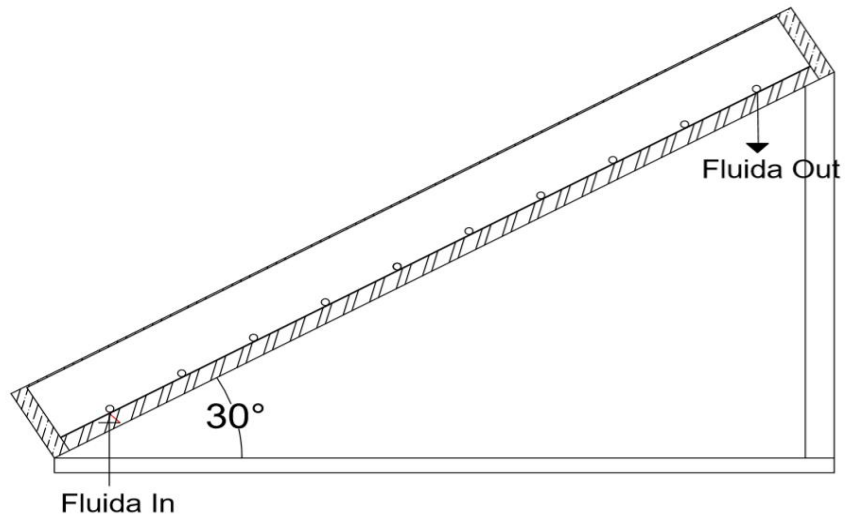
### 3.3. Perancangan Desain *Solar Collector*

Dalam perencanaan desain *solar collector* dilakukan studi literatur terlebih dahulu, sehingga didapatkan komponen apa saja yang dibutuhkan dan jenis dari *solar collector* yang digunakan. Perencanaan desain *solar collector* mempertimbangkan suhu yang ingin dicapai. Desain *solar collector* dibuat menggunakan AutoCAD dengan dimensi yang direncanakan. Berikut desain *solar collector* yang direncanakan :

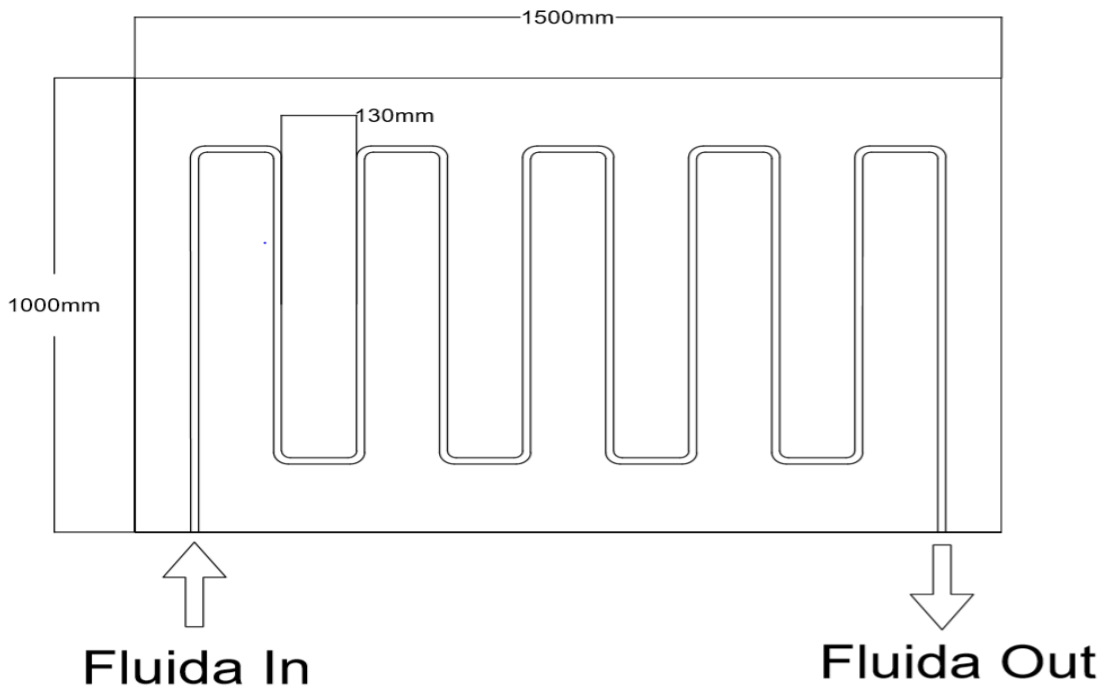


Gambar 3 2 Tampak Depan dari Desain *Solar Collector*

Sumber : (dokumentasi pribadi)



Gambar 3 3 Tampak Samping dari Desain *Solar Collector*  
 Sumber : (dokumentasi pribadi)



Gambar 3 4 Tampak Atas dari Desain *Solar Collector*  
 Sumber : (dokumentasi pribadi)

### 3.4. Bahan - Bahan *Solar Collector*

Pemilihan bahan *solar collector* harus disesuaikan fungsi dari *solar collector* tersebut. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan kinerja *solar collector* yang lebih baik. Secara prinsip, *solar collector* digunakan untuk mengumpulkan radiasi matahari dan merubahnya menjadi energi panas sehingga dibutuhkan bahan-bahan yang memiliki konduktivitas termal yang baik dan absorpsivitas yang tinggi. Berikut ini adalah bahan-bahan yang digunakan :

1. Plat alumunium, berfungsi sebagai media untuk menyerap panas matahari. Plat tersebut dicat dengan warna hitam pekat agar memiliki absorpsivitas lebih baik sehingga dapat menyerap panas lebih banyak. Spesifikasi pelat alumunium yang digunakan sebagai berikut :
  - a. Panjang Pelat Alumunium = 1500 mm
  - b. Lebar Pelat Alumunium = 1000 mm
  - c. Tebal Pelat Alumunium = 0.5 mm
  
2. Pipa tembaga, berfungsi sebagai media untuk mengalirkan air yang akan membawa panas dari pelat kolektor. Penggunaan pipa tembaga karena memiliki konduktivitas termal yang baik. Berikut spesifikasi dari pipa tembaga yang digunakan :
  - a. Diameter pipa tembaga = 12.7 mm
  - b. Diameter dalam pipa tembaga = 11.81 mm
  - c. Jarak antar pipa tembaga = 130 mm
  
3. Insulator, berfungsi sebagai media untuk mengisolasi panas matahari yang diserap oleh pelat alumunium. Bahan yang dipilih untuk insulasi adalah Glass Woll karena bahan jenis ini memiliki konduktivitas termal yang rendah. Berikut spesifikasi Glass Woll yang digunakan :
  - a. Panjang Glass Woll = 1500 mm
  - b. Lebar Glass Woll = 1000 mm
  - c. Tebal Glass Woll = 30 mm
  
4. Kaca bening, digunakan untuk menahan udara yang berada diantara kaca dan pelat alumunium agar tidak keluar, Berikut spesifikasi kaca yang digunakan :
  - a. Panjang kaca = 1500 mm
  - b. Lebar kaca = 1000 mm
  - c. Tebal kaca = 3 mm
  
5. Material Hollow, digunakan sebagai bahan dari kerangka *solar collector*. Pemilihan material ini karena memiliki struktur yang kuat dan ekonomis. Berikut spesifikasi dari material hollow yang digunakan :
  - a. Panjang = 1500 mm
  - b. Lebar = 1000 mm

c. Tinggi = 150 mm

6. Bak Penampung digunakan sebagai wadah air yang akan dipanaskan oleh *solar collector*. Selain itu, bak tersebut digunakan untuk wadah air baku sebelum masuk sistem *reverse osmosis*. Bak penampung tersebut berkapasitas 70 Liter dan akan diinsulasi dengan glass woll.
7. Pompa Sirkulasi, pompa ini digunakan untuk mensirkulasi air didalam *solar collector*. Pompa sirkulasi berkapasitas 2000 L/h dan besar laju aliran massa yang dihasilkan sebesar 0.0833 kg/s.

#### 3.4.1. Pembuatan Kerangka *Solar Collector*

Bahan untuk kerangka yang digunakan oleh penulis masih berdimensi sesuai dari cetakan pabrik. Ukuran awal dari bahan material hollow yaitu 6000 mm x 30 mm x 30 mm sehingga perlu dilakukan pemotongan bahan untuk menyesuaikan dengan dimensi yang diinginkan. Setelah bahan tersebut dipotong sesuai ukuran disetiap bagiannya, kemudian dilakukan pengelasan untuk menyambungkan beberapa bagian tersebut sehingga menjadi kerangka *solar collector*. Proses pemotongan dan perakitan dilakukan di bengkel Teknik Mesin Industri ITS.



Gambar 3 5 Kerangka *Solar Collector*  
Sumber : (dokumentasi pribadi)

#### 3.4.2. Pembuatan Pipa *Solar Collector*

Pipa tembaga yang didapatkan penulis masih berbentuk gulungan (*roll*) sehingga perlu diluruskan terlebih dahulu. Pelurusan pipa dilakukan secara

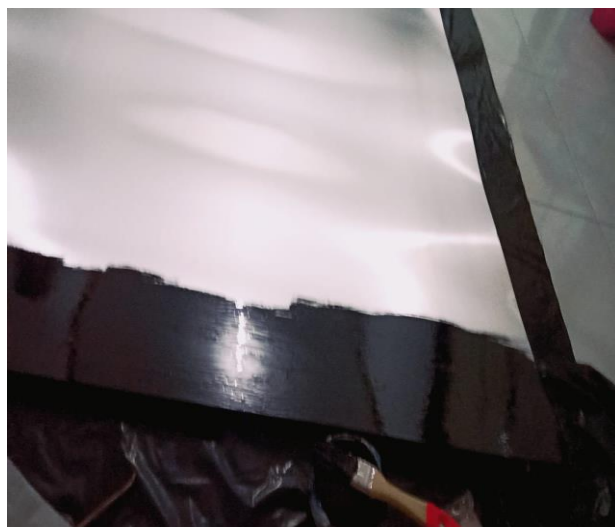
manual dan setelah itu dipotong sesuai dengan dimensi yang direncanakan. Potong pipa tersebut kemudian disambungkan dan disusun secara seri.



Gambar 3 6 Pipa Tembaga yang Telah Selesai Disambung  
Sumber : (dokumentasi pribadi)

### 3.4.3. Pengecatan Pelat Alumunium

Pelat alumunium dicat dengan warna hitam bertujuan agar cahaya radiasi yang diterima oleh pelat tidak dipantulkan kembali sehingga dapat meningkatkan absorpsivitas dari pelat tersebut. Pengecatan pelat menggunakan cat besi dan dicat ke seluruh bagian pelat.



Gambar 3 7 Proses Pengecatan Pipa Alumunium  
Sumber : (dokumentasi pribadi)

#### 3.4.4. Penyusunan Komponen *Solar Collector*

Setelah komponen penyusun *solar collector* telah dipersiapkan, komponen tersebut disatukan menjadi satu kesatuan alat. Glasswool diletakkan diposisi paling bawah untuk menginsulasi bagian bawah dari *solar collector*. Hal tersebut ditujukan untuk menahan panas agar tidak keluar dari sisi bawah bagian *solar collector*.



Gambar 3 8 Pemasangan Glass Woll pada Sisi Bawah *Solar Collector*  
Sumber : (dokumentasi pribadi)

Selanjutnya pelat alumunium diletakkan di atas glass woll. Instalasi pipa tembaga terdapat diatas pelat alumunium dan direkatkan menggunakan kawat tembaga. Kaca bening sebagai penutup *solar collector* yang berfungsi untuk menahan udara diantara kaca dengan pelat diletakkan di bagian paling atas *solar collector*.



Gambar 3 9 *Solar Collector* yang Telah Selesai Dirakit  
Sumber : (dokumentasi pribadi)

### 3.4.5. Pemasangan Insulasi Pada Tangki Air

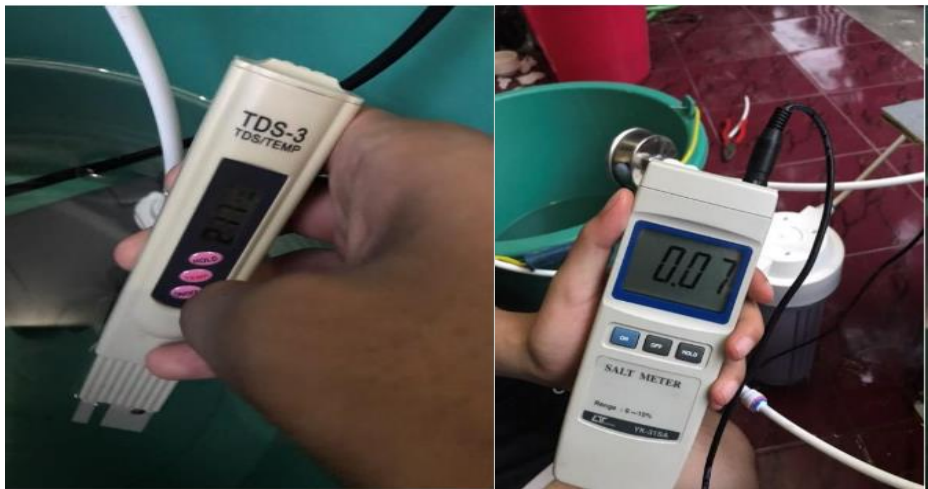
Insulasi pada tangki penamp[ung air menggunakan material glass woll. Glass woll memiliki tingkat konduktivitas termal yang rendah dan juga memiliki tekstur yang flexible sehingga sangat cocok digunakan sebagai insulator tangki penampung. Disisi luar glaswoll ditutup menggunakan alluminium foil dan direkatkan menggunakan duct tape di sisi luar dari glass woll.

### 3.5. Parameter Percobaan

Pada penelitan ini, terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam melakukan percobaan. Berikut adalah beberapa parameter dalam percobaan :

#### a. Air Baku

Pada percobaan kali ini, air baku yang digunakan dalam sistem reverse osmosis adalah air payau. Air payau yang digunakan adalah air payau sintetis. Air payau sintetis tersebut harus memenuhi parameter air payau yaitu dengan memiliki nilai TDS minimal 2000 ppm dan salinitas minimal 0.05%. air payau yang digunakan sebagai parameter penelitian memiliki nilai TDS sebesar 2200 ppm dengan kadar salinitas 0.07%.



Gambar 3 10 Pengukuran kandungan TDS dan salinitas pada air baku

#### b. Solar Collector

*Solar Collector* digunakan sebagai media untuk memanaskan air dari energi panas yang diterima oleh *collector* dan kemudian dipindahkan ke air baku yang yang mengalir di pipa-pipa *collector*. Penggunaan solar

collector diharapkan dapat menurunkan kerja dari pompa *reverse osmosis* dan mengurangi konsumsi listrik karena meningkatnya temperatur dari air baku. Temperatur yang ditetapkan sebagai variabel pengukuran dalam rangkaian sistem adalah sebagai berikut :

Tabel 3 1 Variabel temperatur pada percobaan

No.	Variabel Temperatur	Keterangan
1.	31 <sup>0</sup> C	Temperatur air baku dalam percobaan reverse osmosis
2.	35 <sup>0</sup> C	
3.	40 <sup>0</sup> C	

c. *Recirculating Concentrate Reverse Osmosis*

Pada percobaan ini, sistem *reverse osmosis* yang digunakan adalah *recirculating concentrate* dengan konfigurasi *two stage*. Rangkaian *reverse osmosis* menggunakan dua membran semipermeabel dengan tipe membran *spiral wound*. Tujuan menggunakan sistem *reverse osmosis* ini yaitu untuk meningkatkan jumlah produk dari air bersih yang dihasilkan. Sistem ini akan mengalirkan *brine water* yang dihasilkan membrane pertama ke inlet membran kedua. Sedangkan *brine water* yang dihasilkan membran kedua disirkulasikan kembali ke inlet dari pompa *reverse osmosis*.

d. Post Treatment System

Air yang baku yang telah didesalinasi dengan menggunakan reverse osmosis akan dilewatkan ke beberapa media filter. Filter tersebut tersusun dari beberapa bahan organik seperti karbon aktif, *Manganese Zeolite*, Pasir Silika, dan kerikil. Kemudian air yang tela melewati filter akan dialirkan melewati membrane keramik yang didalam pori-porinya dilapisi perak koloid. Membran keramik lubang pori-pori yang sangat kecil dan termasuk ultrafiltrasi dikarenakan memiliki pori sebesar 0.01-0.1µm. Sedangkan perak koloid yang terdapat di membran keramik berfungsi untuk mendeaktivasi bakteri, kuman, dan partikulat yang berbahaya.

### 3.6. Peralatan yang Digunakan

Berikut adalah peralatan yang digunakan dalam penelitian ini :

a. Solar Power Meter

Alat ini berfungsi untuk mengukur intensitas matahari yang diterima *solar collector*. Data dari pengukuran intensitas matahari akan disimpan di dalam microSD yang telah terpasang. Sebelumnya dilakukan pengukuran, alat terlebih dahulu di *setting* sesuai waktu pengukuran yang diminta.



b. Pressure Gauge

Alat ini berfungsi untuk mengukur tekanan kerja dari pompa *reverse osmosis* untuk melewati membran. Pressure gauge diletakkan diantara outlet pompa *reverse osmosis* dan membran.

c. Termometer

Termometer yang digunakan penulis adalah thermometer air yang dapat dicelupkan ke dalam air. Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur air pada *solar collector*. Pada penelitian ini digunakan 2 termometer yang diletakkan di inlet dan outlet pada tangka penampung. Termometer ini dapat mengukur suhu dari  $-50^{\circ}\text{C}$  hingga  $110^{\circ}\text{C}$ .

d. Termometer Laser

Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur kaca dan pelat aluminium pada *solar collector*. Termometer ini memiliki rentang pengukuran  $-50^{\circ}\text{C}$  hingga  $380^{\circ}\text{C}$ .

e. Tang meter

Alat ini digunakan untuk mengukur arus dan tegangan listrik yang dibutuhkan. Arus yang diukur adalah arus DC yang mensuplai ke pompa *reverse osmosis*. Alat ini mampu mengukur tegangan DC dari 1 – 600 V dan mengukur arus DC dari 0.01 A hingga 400 A.

f. Anemometer

Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang terdapat di sekitar *solar collector*. Selain itu, alat ini juga digunakan untuk mengukur temperatur lingkungan di sekitar *solar collector*. Alat ini dapat mengukur kecepatan angin 0.2-20 m/s.

g. TDS Meter

Alat ini digunakan untuk mengukur partikel yang terdapat pada suatu larutan. Pengukuran larutan dilakukan pada air baku, air produk dan air rejeksi dari *reverse osmosis*. Tds meter yang digunakan memiliki range pengukuran 0-9999 ppm.

### 3.7. Pengujian Alat

a. Persiapan Awal Pengambilan Data

1. Pengisian air ke dalam tangki penampung sebanyak 60 liter
2. Mempersiapkan garam laut kemudian dilarutkan ke air di tangki penampung hingga ppm mencapai 2200 ppm
3. Memasang pompa sirkulasi dan pomp supply ke sistem *reverse osmosis*
4. Memasang temperatur air pada inlet dan outlet dari *solar collector*

5. Menutup tangki penampung dan memberikan duct tape pada sisi diantara tutup tangki dan tangka penampung untuk menjaga suhu didalam tangki.
- b. Pengambilan Data *Solar Collector*
1. Data yang diambil adalah data temperatur inlet dan outlet air, temperatur kaca, temperatur pelat, temperatur lingkungan, dan intensitas cahaya matahari.
  2. Pengambilan data tersebut dilakukan setiap 5 menit sekali selama pengujian
  3. Pengujian dilakukan hingga mencapai 2 nilai temperatur air tertentu, yaitu hingga 35 °C dan 40 °C.
- c. Pengambilan Data Sistem *Reverse Osmosis*
1. Mempersiapkan air baku dengan temperatur yang telah ditentukan
  2. Melakukan pengujian sistem *reverse osmosis* pada masing-masing suhu 31 °C, 35 °C, dan 40 °C.
  3. Dalam setiap 5 menit dilakukan pengambilan data pada tekanan kerja pada pompa, arus listrik yang dibutuhkan pompa, TDS pada air produk dan air rejeksi
  4. Pengukuran tersebut dilakukan hingga air umpan di dalam tangka penampung habis
  5. Mencatat kapasitas air yang dihasilkan dari setiap variasi suhu yang telah ditetapkan

### 3.7. Analisa Data

Setelah percobaan dan pengambilan data dilakukan, data yang didapatkan akan dianalisa berdasarkan desain dari *solar collector* tersebut dan juga kinerja dari sistem *reverse osmosis* yang telah divariasikan pada air bakunya. Sehingga dapat diketahui kinerja dari sistem *reverse osmosis* pada setiap variasi suhu air baku dan hasil tersebut dapat dibandingkan.

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian tugas akhir ini, penulis melakukan pengujian *solar collector* dan sistem *reverse osmosis*. Pada *solar collector* penulis hanya menganalisa desain dari *solar collector* sedangkan untuk sistem *reverse osmosis* akan menganalisa kinerja sistem *reverse osmosis*.

### 4.1. Data Hasil Pengamatan

Pengujian alat dan pengambilan data ini dilakukan pada tanggal 20 April 2020 hingga 25 Juni 2020. Tempat pelaksanaan pengujian di halaman rumah karena terkendala kondisi. Pengujian *solar collector* dilakukan pukul 13.00 WIB hingga didapatkan temperatur air yang diinginkan. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian pada sistem *reverse osmosis* dan dilakukan pengambilan data. Hasil pengambilan data akan ditampilkan pada tabel-tabel dibawah ini :

Tabel 4 1 Data Hasil Perobaan 1 pada *Solar Collector* dengan Temperatur Akhir 35 °C

Percobaan <i>Solar Collector</i>							
Percobaan ke 1							
TDS PPM 2200, Volume 60 liter,			Kecepatan 83,3 ml/detik		Pukul 13.00 WIB		
Waktu	Input	Output	Temp. Kaca	Temp. Pelat	Intensitas Cahaya		
5	33,1	34,3	59,8	66,8	941	W/m <sup>2</sup>	
10	33,4	34,6	57,6	63,2	933,3	W/m <sup>2</sup>	
15	33,9	35,1	51,5	54,4	931,6	W/m <sup>2</sup>	
20	34,3	35,4	54,4	58,9	920,2	W/m <sup>2</sup>	
25	34,8	35,9	54,2	57,1	985,5	W/m <sup>2</sup>	
30	35	36,1	53,2	56,1	978,1	W/m <sup>2</sup>	
		Rata-Rata	55,1166667	59,41666667	948,2833		

Tabel 4 2 Data Hasil Percobaan 2 pada *Solar Collector* dengan Temperatur Akhir 35 °C

Percobaan <i>Solar Collector</i>							
Percobaan ke 2							
TDS PPM 2200, Volume 60 liter,			kecepatan 83,3 ml/detik		Pukul 13.00 WIB		
Waktu	Input	Output	Temp. Kaca	Temp. Pelat	Intensitas Cahaya		
5	33,3	34,5	59	67,8	933,6	W/m <sup>2</sup>	
10	33,6	34,8	58,2	68,2	975,2	W/m <sup>2</sup>	

15	34	35,2	55,2	62,2	985,2	W/m2
20	34,4	35,6	58,3	59,2	952,2	W/m2
25	34,8	35,9	54,4	56,1	935,2	W/m2
30	35,2	36,2	54,2	55,1	988,2	W/m2
		Rata-Rata	56,55	61,4333333	961,6	

Tabel 4 3 Data Hasil Percobaan 1 pada *Solar Collector* dengan Temperatur Akhir 40 °C

Percobaan <i>Solar Collector</i>						
Percobaan ke 1						
TDS PPM 2200, Volume 60 liter			kecepatan 83,3 ml/detik		Pukul 13.00 WIB	
Waktu	Input	Output	Temp. Kaca	Temp. Pelat	Intensitas Cahaya	
5	33,4	34,5	57,2	71,7	952,8	W/m2
10	34,8	35,8	58,5	64,2	951	W/m2
15	35,2	36,3	57,2	63,7	957	W/m2
20	35,6	36,7	54,8	62,9	941	W/m2
25	36,1	37,1	54,8	63,3	933,3	W/m2
30	36,5	37,6	51,6	60,2	931,6	W/m2
35	36,9	37,9	52,6	63,2	960	W/m2
40	37,2	38,3	49,1	57,2	878	W/m2
45	37,8	38,7	46,3	51,1	873	W/m2
50	38,1	39,1	45,6	55,6	865	W/m2
55	38,6	39,6	56,1	60,8	854	W/m2
60	38,9	39,9	56,2	60,8	847	W/m2
65	39,3	40,2	59,5	64,1	839	W/m2
70	39,6	40,7	55,2	70,2	878	W/m2
75	39,9	41	52,4	61,5	864	W/m2
80	40,2	41,3	52,4	60,8	864	W/m3
Rata-Rata	37,38125	38,41875	53,71875	61,95625	899,2938	

Tabel 4 4 Data Hasil Percobaan 2 pada *Solar Collector* dengan Temperatur Akhir 40 °C

Percobaan <i>Solar Collector</i>						
Percobaan ke 2						
TDS PPM 2200, Volume 60 liter,			kecepatan 83,3 ml/detik		Pukul 13.00 WIB	
Waktu	Input	Output	Temp. Kaca	Temp. Pelat	Intensitas Cahaya	
5	32,7	34,1	63,6	71	952,8	W/m2

10	33,4	34,4	62,1	72,5	951	W/m2
15	33,9	34,8	60	70	957	W/m2
20	34,3	35,5	55,7	70,4	941	W/m2
25	34,8	35,9	58	70,5	933,3	W/m2
30	35,2	36,7	57,1	71,4	931,6	W/m2
35	35,7	37,2	56,7	70,5	960	W/m2
40	36,1	37,5	55,6	72,3	878	W/m2
45	36,5	37,8	54,8	73,2	873	W/m2
50	36,9	38	52,6	67,1	865	W/m2
55	37,4	38,6	53,6	67,1	854	W/m2
60	37,7	38,9	52,6	64,4	847	W/m2
65	38	38,9	51,8	57,7	839	W/m2
70	38,2	39,2	52,2	55,5	878	W/m2
75	38,6	39,3	50	62,5	864	W/m2
80	38,8	39,3	50,2	61,4	652	W/m2
85	39	39,6	50	63,8	635	W/m2
90	39,1	39,8	45,9	52,2	625	W/m2
95	39,3	39,8	45	59,4	641	W/m2
100	39,3	40,1	48,8	42,5	514	W/m2
105	39,6	40,2	41,1	46,3	534	W/m2
110	39,8	40,3	41,6	44,6	445	W/m2
115	39,9	40,4	42,1	43,3	423	W/m2
120	40	40,6	41,5	44,5	442	W/m2
		Rata-Rata	51,775	61,42083333	768,1542	

#### 4.2. Analisa Solar Collector

Data yang didapatkan dari hasil pengujian akan dilakukan perhitungan untuk menganalisa desain dari *solar collector* tersebut. Pada perhitungan kali ini akan energi yang berguna dan kehilangan energi dari *solar collector*. Setelah itu akan didapatkan temperatur output dari *solar collector* tersebut. Pada perhitungan ini penulis menggunakan pengujian pada suhu 40 °C untuk melakukan analisa karena pada percobaan tersebut memiliki kenaikan suhu yang konstan dan berdasarkan literatur untuk perhitungan dilakukan untuk waktu 1 jam.

Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan dalam menganalisa *solar collector* sebagai berikut :

$$S = \text{Intensitas Cahaya} = 899.3 \text{ W/m}^2$$

$$\sigma = \text{Konstanta Boltzman} = 5.67 \times 10^{-8}$$

$\varepsilon_C$	= emivisitas kaca	= 0.88
$\varepsilon_P$	= Emivisitas Pelat Alumunium	= 0.95
$T_C$	= Tempeatur Kaca	= 53.71 °C
$T_P$	= Temperatur Pelat	= 61.95 °C
$T_S$	= Temperartur Lingkungan	= 41 °C
$V$	= Kecepatan Angin	= 1 m/s
$k$	= Konduktivitas Insulator Bagian Bawah	= 0.0037
$L$	= Tebal Insulator	= 3 cm = 0.03 m
$V_{\text{oulume}}$	= Volume Kolektor	= 1,5 x 1 x 15 m = 0.0225 m <sup>3</sup>
$A_c$	= Luas Permukaan Kolektor	= 1.5 m <sup>2</sup>
$W$	= Jarak Antar Pipa	= 13 cm = 0.13 m
$D, D_i$	= Diameter dalam pipa	= 11.81 mm = 0.0118 m
$k$	= Konduktivitas termal alumunium	= 205
$h_{fi}$	= Koefisien perpindahan panas dalam pipa	= 100 W/m <sup>2</sup>
$C_b$	= Konduktansi obligasi	= $\infty$ W/m <sup>2</sup>
$m$	= laju aliran massa fluida	= 0.0833 kg/s
$\rho$	= massa jenis air	= 0.963 kg/L
$C_p$	= kalo jenis air	= 4180
$k$	= konduktivitas udara	= 0.0293
$g$	= gravitasi	= 9.8
$k\delta$	= konduktivitas termal pelat dan ketebalan	= 0.4-0.005 W/°C
$\beta$	= sudut kemiringan kolektor	= 30 °
$\Delta T$	= beda temperatur pelat dan kaca	= 8.2 °C
$L$	= Jarak pelat dengan kaca	= 0.089 m
$\nu$	= viskositas kinematic udara	= 1.96 x 10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s
$k$	= konduktivitas termal udara	= 0.026

$\rho$ udara	= massa jenis udara	= 1.293
$\alpha$	= difusivitas termal	= $2.69 \times 10^{-5}$ m <sup>2</sup> /s
$\beta'$	= koefisien volumetric gas ideal	= 0.003184
Nu	= Nuzzelt Number	= 4.71507

#### 4.2.1. Perhitungan Koefisien Kehilangan Panas Kolektor

Energi yang terdapat pada solar kolektor tidak semuanya dapat digunakan. Dalam hal ini, terdapat beberapa energi yang hilang saat proses radiasi dan konveksi. Energi yang hilang ditinjau dari sisi-sisi solar kolektor, yaitu bagian atas, bagian bawah, dan bagian samping kolektor.

##### a. Perhitungan Koefisien Kalor Bagian Atas

$$U_t = \left( \frac{1}{h_{c,p-c} + h_{r,p-c}} + \frac{1}{h_w + h_{r,c-a}} \right)^{-1} \quad (8)$$

- Koefisien Perpindahan Radiasi Antara Kaca dengan Lingkungan

$$h_{r,c-a} = \epsilon_c \sigma (T_c^2 + T_s^2) (T_c + T_s) \quad (9)$$

$$h_{r,c-a} = 0.88 \times 5.67 \times 10^{-8} \times (53.71^2 + 41^2) (53.71 + 41)$$

$$h_{r,c-a} = 0.02158 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

- Koefisien Perpindahan Panas Radisai Antara Pelat dengan Kaca

$$h_{r,p-c} = \frac{\sigma (T_p^2 + T_c^2) (T_p - T_c)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1} \quad (10)$$

$$h_{r,p-c} = \frac{5.67 \times 10^{-8} (61.95^2 + 53.7^2) (61.95 - 53.7)}{\frac{1}{0.95} + \frac{1}{0.88} - 1}$$

$$h_{r,p-c} = 0.00264 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

- Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Antara Pelat dengan Kaca

$$h_{r,p-c} = Nu \frac{k}{L} \quad (11)$$

$$h_{c,p-c} = 4.71507 \frac{0.0293}{0.089}$$

$$h_{c,p-c} = 1.5522 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

Setelah mendapatkan koefisien dari radiasi dan konveksi yang terdapat pada solar kolektor akan didapatkan nilai dari koefisien kalor bagian atas.

$$U_t = \left( \frac{1}{1.5522 + 0.00264} + \frac{1}{0.02158} \right)^{-1}$$

$$U_t = 0.0212 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

b. Perhitungan Koefisien Kalor Bagian Bawah

$$U_b = \frac{k}{L} \tag{12}$$

$$U_b = 0.0037 / 0.03$$

$$U_b = 1.233 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

c. Perhitungan Koefisien Kalor Bagian Samping

$$U_e = \frac{UA(edge)}{Ac} \tag{13}$$

$$U_e = \frac{1.233 \times 0.022}{1.5}$$

$$U_e = 0.0185 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

d. Perhitungan Koefisien Kehilangan Panas Kolektor

$$U_L = U_b + U_t + U_e$$

$$U_L = 1.233 + 0.0212 + 0.0185$$

$$U_L = 1.2731 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

#### 4.2.2. Perhitungan Efisiensi Faktor Solar Collector

- Perhitungan Fin Efisiensi Faktor

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{k\delta}} \tag{14}$$

$$m = \sqrt{\frac{1.2731}{205 \times 0.3}}$$

$$m = 0.0207 \text{ 1/m}$$

$$F = \frac{\tanh\left(\frac{m(W-D)}{2}\right)}{\frac{m(W-D)}{2}} \tag{15}$$

$$F = \frac{\tanh\left(\frac{0.0207(0.13-0.0118)}{2}\right)}{\frac{0.0207(0.13-0.0118)}{2}}$$



$$F = 1.0283$$

- Perhitungan Faktor Efisiensi *Solar Collector*

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \left[ \frac{1}{U_L (D+(W-D)F} + \frac{1}{c_b} + \frac{1}{\pi D_i h_{fi}} \right]} \quad (16)$$

$$F' = \frac{\frac{1}{1.2731}}{0.13 \left[ \frac{1}{1.2731(0.0118 + (0.13 - 0.0118)1.0283} + \frac{1}{\infty} + \right]}$$

$$\frac{1}{3.41 \times 0.0118 \times 100}$$

$$F' = 0.98084$$

- Perhitungan Faktor Aliran *Solar Collector*

$$F'' = \frac{mC_P}{AcU_L F'} \left[ 1 - \exp \left( - \frac{AcU_L F'}{mC_P} \right) \right] \quad (17)$$

$$F'' = \frac{0.0833 \times 4180}{1.5 \times 1.2731 \times 0.98084} \left[ 1 - \exp \left( - \frac{1.5 \times 1.2731 \times 0.98084}{0.0833 \times 4180} \right) \right]$$

$$F'' = 0.99732$$

#### 4.2.3. Perhitungan Faktor Panas Yang Terbuang Pada *Solar Collector*

$$F_R = F' F'' \quad (18)$$

$$F_R = 0.98084 \times 0.99732$$

$$F_R = 0.9782$$

#### 4.2.4. Perhitungan Kesetimbangan Energi Pada *Solar Collector*

$$Q_U = Ac [ S - U_L (T_{pm} - T_a) ] \quad (19)$$

$$Q_U = 1.5 [ 899.3 - 1.2731 (61.95 - 41) ]$$

$$Q_U = 1427.23 \text{ J/s}$$

#### 4.2.5. Perhitungan Temperatur Rata-Rata Fluida

$$T_{fn} = T_{fi} + \frac{1}{Ac} \frac{Q_U}{U_L} (1 - F') \quad (20)$$

$$T_{fn} = 33.4 + \frac{1427.23 / 1.5}{0.9782 \times 1.2731} (1 - 0.98084)$$

$$T_{in} = 47.64$$

Berdasarkan hasil analisa dengan hasil percobaan terjadi perbedaan hasil dari rata-rata temperatur fluida. Dalam pengujian *solar collector* didapatkan hasil rata-rata temperatur fluida sebesar 37.38 °C sedangkan pada analisa secara rumus didapatkan nilai rata-rata sebesar 47.64 °C. Terdapat beberapa factor yang memungkinkan terjadinya heat loss lain pada *solar collector* sehingga hasil antara analisa dengan pengujian berbeda. Heat loss yang menjadi factor lain yaitu insulasi yang kurang kedap pada tangki penampung dan juga selang yang menjadi inlet dan outlet *solar collector*. Selain itu, terdapat celah kecil di beberapa sisi *solar collector* yang memungkinkan adanya panas yang terbuang.

### 4.3. Analisa Kinerja Sistem Reverse Osmosis

Pengujian sistem *reverse osmosis* dilakukan sebanyak 2 kali iterasi untuk setiap suhunya. Rangkaian sistem *reverse osmosis* yang digunakan selama ujian adalah *double stage recirculation concentrate*. Pada rangkaian ini brine water dari membran pertama akan dialirkan ke membran kedua, lalu brine water dari membran kedua akan dialirkan kembali sebagai air baku.

#### 4.3.1. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap TDS Air Produk

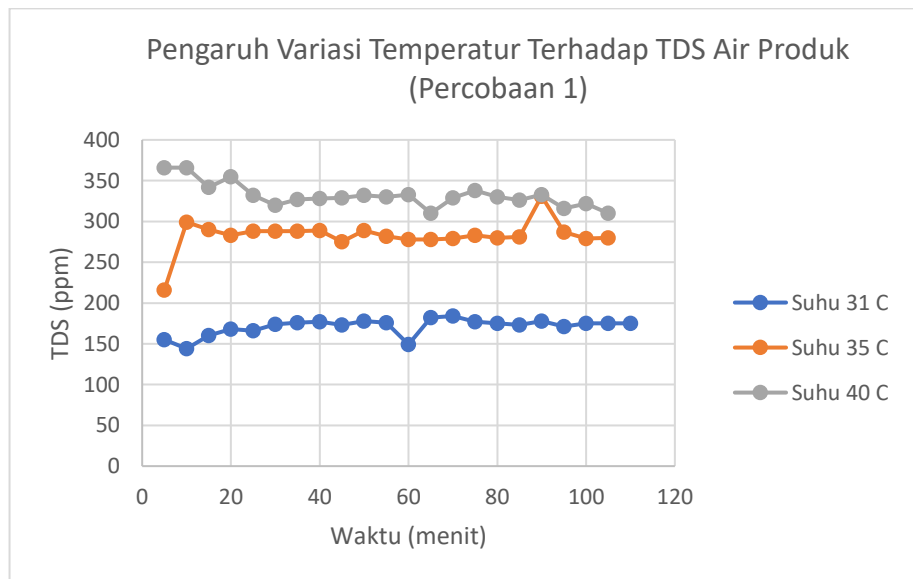
Pengambilan data nilai TDS air produk pada percobaan *reverse osmosis* dilakukan setiap 5 menit sekali. Setelah itu, data yang didapat akan diolah dan dibandingkan pada setiap temperaturnya. Data nilai TDS air produk dari hasil percobaan *reverse osmosis* pertama dan kedua *reverse osmosis* dapat dilihat Tabel 4.5

Tabel 4.5 Data Kadar TSD Air Produk pada Setiap Variasi Temperatur

Waktu	Percobaan 1			Percobaan 2		
	TDS Air Produk			TDS Air Produk		
	31	35	40	31	35	40
5	155	216	366	161	242	260
10	144	299	366	164	250	290
15	160	290	342	164	228	235
20	168	283	355	164	250	236
25	166	288	332	170	244	207
30	174	288	320	173	236	224
35	176	288	327	178	227	234
40	177	289	328	171	217	227
45	173	275	329	175	223	222

50	178	289	332	182	216	222
55	176	282	330	162	223	224
60	149	278	333	105	223	225
65	182	278	310	144	224	230
70	184	279	329	160	241	223
75	177	283	338	168	220	220
80	175	280	330	166	223	185
85	173	281	326	174	221	199
90	178	331	333	176	224	-
95	171	287	316	177	224	-
100	175	279	322	173	220	-
105	175	280	310	178	224	-
110	175	-	-	176	-	-

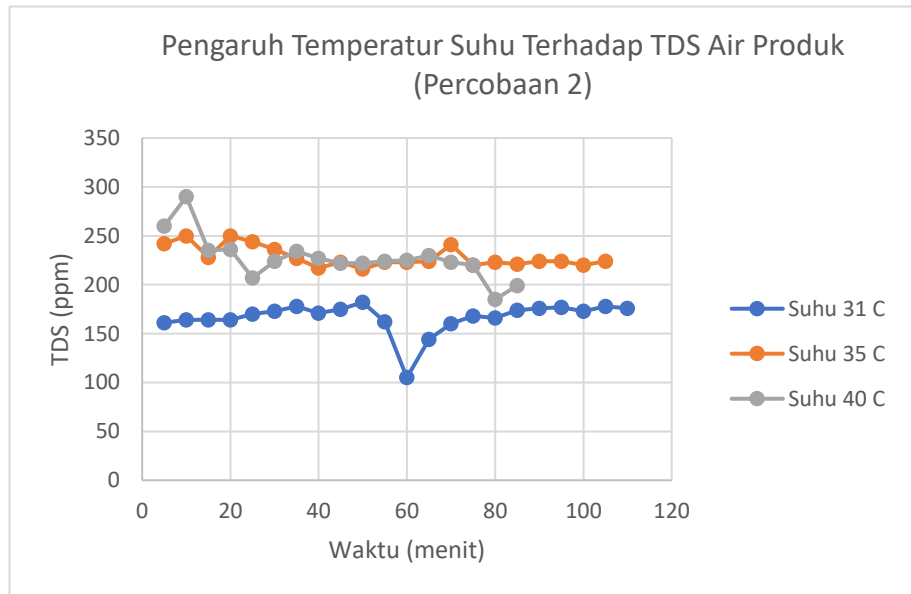
Pada gambar 4.1 dan 4.2 berisi grafik pengaruh temperatur terhadap TDS air produk yang dilakukan pada percobaan 1 dan 2. Grafik tersebut menjelaskan kemampuan membran *reverse osmosis* dalam merejeksi air garam pada sistem *recirculation concentrate* dengan konfigurasi *two stage*.



Gambar 4 1 Grafik Perbandingan Hasil TDS Air Produk pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 1)  
 Sumber : (Data Primer Perhitungan)

Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui bahwa terjadi kenaikan kadar TDS air produk ketika temperatur air baku meningkat. Jumlah kadar TDS air

produk tertinggi dihasilkan pada percobaan dengan variasi temperatur 40°C dengan kadar TDS tertinggi sebesar 366 ppm. Sedangkan untuk jumlah kadar TDS terendah didapatkan pada percobaan dengan variasi temperatur 31 °C dengan kadar terendah TDS sebesar 144 ppm.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Hasil TDS Air Produk pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 2)  
 Sumber : (Data Primer Perhitungan)

Berdasarkan gambar 4.2 grafik menunjukkan terjadi kenaikan kadar TDS air produk ketika temperatur air baku meningkat. Jumlah kadar TDS air produk tertinggi dihasilkan pada percobaan dengan variasi temperatur 40°C dengan kadar TDS tertinggi sebesar 290 ppm. Sedangkan untuk jumlah kadar TDS terendah didapatkan pada percobaan dengan variasi temperatur 31 °C dengan kadar terendah TDS sebesar 105 ppm. Namun, pada percobaan antara variasi temperatur 35 °C dan 40 °C didapatkan nilai TDS yang hampir sama. Kenaikan kadar TDS air produk disebabkan karena terjadi kenaikan TDS pada air baku setelah dilakukan pemanasan. Sehingga ketika air baku ditingkatkan temperaturnya maka jumlah kadar TDS air produk akan meningkat

#### 4.3.2. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Pressure Pompa

Selama percobaan reverse osmosis dilakukan, pengukuran pompa dilakukan menggunakan pressure gauge analog yang terpasang diantara outlet pompa dan membran. Pengambilan data dilakukan setiap 5 menit pada setiap

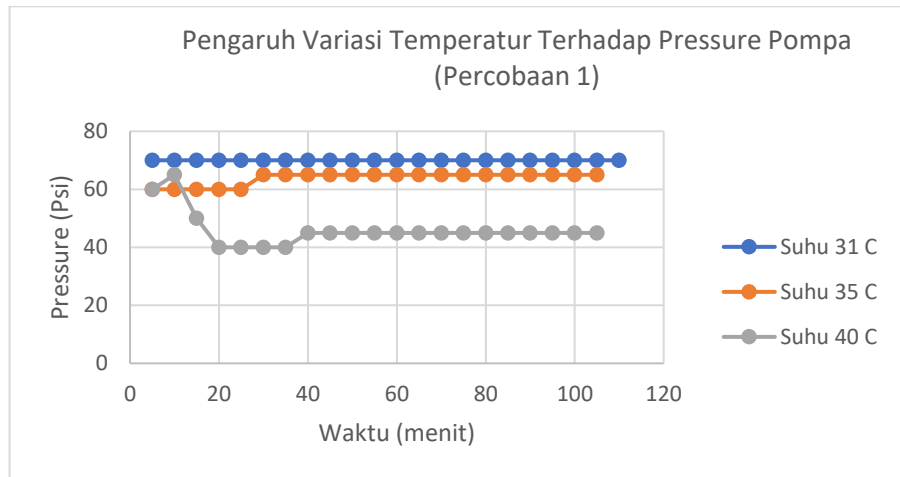
variasi temperatur. Data hasil pengukuran pressure yang didapat pada percobaan *reverse osmosis* pertama dan kedua dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Data Pressure Pompa *Reverse Osmosis* pada Setiap Variasi Temperatur

Percobaan 1				Percobaan 2		
Waktu	Pressure			Pressure		
	31	35	40	31	35	40
5	70	60	60	70	65	60
10	70	60	65	70	65	60
15	70	60	50	70	65	60
20	70	60	40	70	65	60
25	70	60	40	70	65	60
30	70	65	40	70	65	60
35	70	65	40	70	65	60
40	70	65	45	70	65	60
45	70	65	45	70	65	60
50	70	65	45	70	65	60
55	70	65	45	70	65	60
60	70	65	45	60	65	60
65	70	65	45	70	65	60
70	70	65	45	70	65	60
75	70	65	45	70	65	60
80	70	65	45	70	65	60
85	70	65	45	70	65	60
90	70	65	45	70	65	-
95	70	65	45	70	65	-
100	70	65	45	70	65	-
105	70	65	45	70	65	-
110	70	-	-	50	65	-
Rata-Rata =	70	63,80952	45,95238	68,63636	65	60

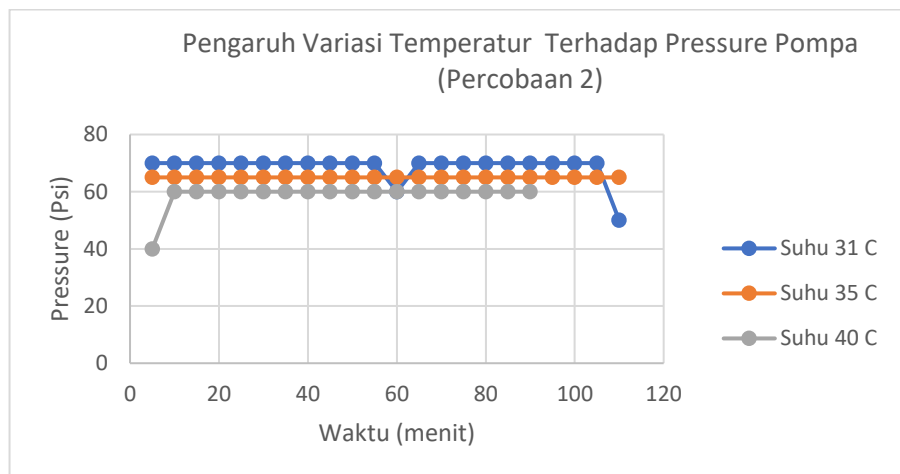
Pada gambar 4.3 dan 4.4 berisi grafik pengaruh temperatur terhadap *pressure* pompa yang dilakukan pada percobaan 1 dan 2. Grafik tersebut menjelaskan *pressure* pompa yang dibutuhkan untuk menembus membran

*reverse osmosis* pada sistem *recirculation concentrate* dengan konfigurasi *two stage*.



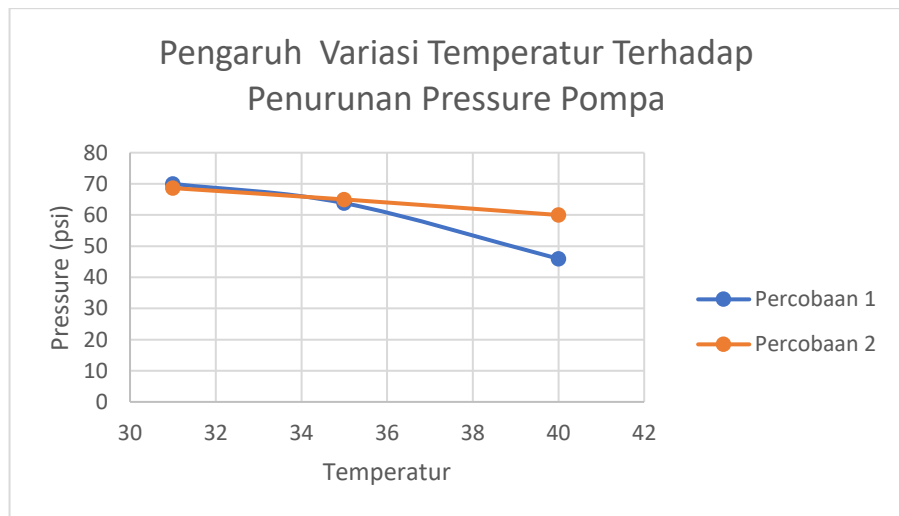
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan *Pressure* Pompa pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 1)  
 Sumber : (Data Primer Perhitungan)

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa semakin perbedaan suhu berpengaruh terhadap *pressure* yang dibutuhkan pompa untuk menembus membran *reverse osmosis*. Dari grafik tersebut kebutuhan *pressure* tertinggi terjadi pada percobaan dengan variasi temperatur 31 °C sebesar 70 Psi. Sedangkan untuk kebutuhan *pressure* terendah terjadi pada percobaan dengan variasi temperatur 40 °C dengan *pressure* sebesar 40 Psi.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan *Pressure* Pompa pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 2)  
 Sumber : (Data Primer Perhitungan)

Pada gambar 4.4 hasil pengukuran yang didapatkan hampir sama dengan percobaan 1 dimana akan terjadi penurunan kebutuhan tekanan pompa untuk menembus membran *reverse osmosis*. Dari data tersebut kebutuhan pressure tertinggi terjadi pada percobaan dengan variasi temperatur 31 °C sebesar 70 Psi dan untuk kebutuhan *pressure* terendah terjadi pada percobaan dengan variasi temperatur 40 °C dengan *pressure* sebesar 60 Psi. Pada percobaan dengan variasi temperatur 40 °C terjadi perbedaan nilai yang sangat signifikan. Hal itu disebabkan karena suplai air baku ke pompa *reverse osmosis* tidak maksimal sehingga pompa tidak dapat bekerja dengan maksimal.



Gambar 4 5 Grafik Penurunan *Prssure* Pompa antara Percobaan 1 dan 2  
 Sumber : (Data Primer Perhitungan)

Pada gambar 4.5 dapat dilihat pengaruh variasi temperatur air baku pada tekanan yang dibutuhkan pompa *reverse osmosis*. Pada percobaan pertama terjadi penurunan 10 Psi pada variasi temperatur 31 °C dan 35 °C dan penurunan sebesar 20 Psi pada variasi 35 °C dan 40 °C. Pada percobaan kedua, penurunan yang terjadi bernilai konstan yaitu sebesar 10 Psi. Terjadinya penurunan tekanan disebabkan karena viskositas air umpan yang ditingkatkan temeperturnya akan berkurang. Penurunan nilai viskositas disebabkan karena berkurangnya gaya antar molekul akibat kenikan dari kenaikan temperatur. Hal itu menyebabkan air umpan lebih mudah untuk melewati membran *reverse osmosis* dengan tekanan yang lebih rendah.

### 4.3.3. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Daya Pompa

Untuk menganalisa kebutuhan daya pada percobaan, maka perlu mengambil data arus yang diterima oleh pompa. Pengambilan data arus yang dibutuhkan oleh poma dilakukan setiap 5 menit pada setiap variasi temperatur. Persamaan

yang digunakan untuk menghitung daya yang digunakan pompa adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \quad (21)$$

Dimana :

P = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

Data hasil pengukuran arus dan perhitungan daya yang dibutuhkan pompa dapat dilihat pada Tabel 4.7

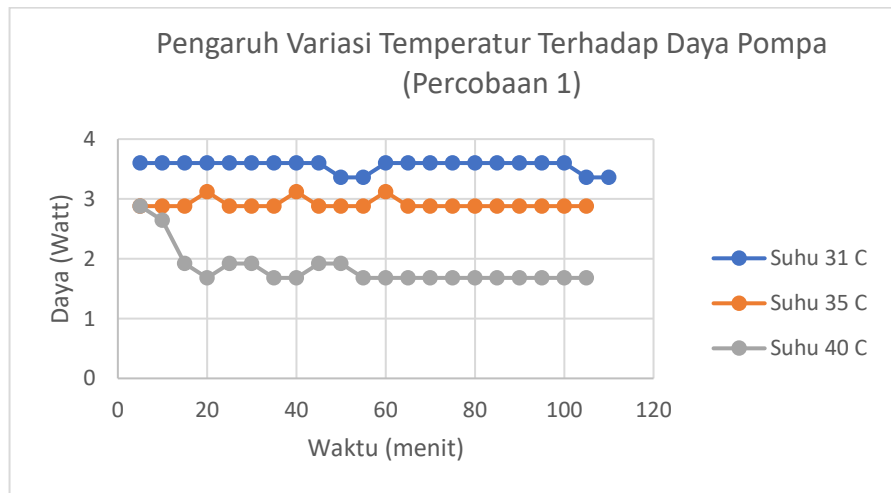
Tabel 4 7 Data Daya Pompa *Reverse Osmosis* pada Setiap Variasi Temperatur

Percobaan 1							Percobaan 2					
Daya Pompa							Daya Pompa					
Waktu	31		35		40		31		35		40	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P
5	0,15	3,6	0,12	2,88	0,12	2,88	0,15	3,6	0,13	3,12	0,11	2,64
10	0,15	3,6	0,12	2,88	0,11	2,64	0,15	3,6	0,08	1,92	0,11	2,64
15	0,15	3,6	0,12	2,88	0,08	1,92	0,15	3,6	0,08	1,92	0,11	2,64
20	0,15	3,6	0,13	3,12	0,07	1,68	0,15	3,6	0,08	1,92	0,11	2,64
25	0,15	3,6	0,12	2,88	0,08	1,92	0,15	3,6	0,12	2,88	0,1	2,4
30	0,15	3,6	0,12	2,88	0,08	1,92	0,15	3,6	0,12	2,88	0,1	2,4
35	0,15	3,6	0,12	2,88	0,07	1,68	0,15	3,6	0,12	2,88	0,1	2,4
40	0,15	3,6	0,13	3,12	0,07	1,68	0,15	3,6	0,13	3,12	0,1	2,4
45	0,15	3,6	0,12	2,88	0,08	1,92	0,15	3,6	0,13	3,12	0,11	2,64
50	0,14	3,36	0,12	2,88	0,08	1,92	0,14	3,36	0,13	3,12	0,11	2,64
55	0,14	3,36	0,12	2,88	0,07	1,68	0,14	3,36	0,13	3,12	0,1	2,4
60	0,15	3,6	0,13	3,12	0,07	1,68	0,14	3,36	0,13	3,12	0,1	2,4
65	0,15	3,6	0,12	2,88	0,07	1,68	0,14	3,36	0,13	3,12	0,1	2,4
70	0,15	3,6	0,12	2,88	0,07	1,68	0,15	3,6	0,13	3,12	0,1	2,4
75	0,15	3,6	0,12	2,88	0,07	1,68	0,15	3,6	0,13	3,12	0,1	2,4
80	0,15	3,6	0,12	2,88	0,07	1,68	0,16	3,84	0,13	3,12	0,1	2,4
85	0,15	3,6	0,12	2,88	0,07	1,68	0,15	3,6	0,13	3,12	0,1	2,4
90	0,15	3,6	0,12	2,88	0,07	1,68	0,15	3,6	0,13	3,12	-	-



95	0,15	3,6	0,12	2,88	0,07	1,68	0,14	3,36	0,13	3,12	-	-
100	0,15	3,6	0,12	2,88	0,07	1,68	0,14	3,36	0,13	3,12	-	-
105	0,14	3,36	0,12	2,88	0,07	1,68	0,14	3,36	0,08	1,92	-	-
110	0,14	3,36	-	-	-	-	0,15	3,6	0,08	1,92	-	-
Rata- Rata =		3,56		2,914		1,76		3,535		2,81		2,485

Pada gambar 4.6 dan 4.7 terdapat grafik pengaruh temperatur terhadap daya yang dikonsumsi pompa pada percobaan 1 dan 2. Grafik tersebut menjelaskan kebutuhan daya yang dikonsumsi pompa untuk bekerja selama percobaan pada sistem *reverse osmosis recirculation concentrate* dengan konfigurasi *two stage* berlangsung.



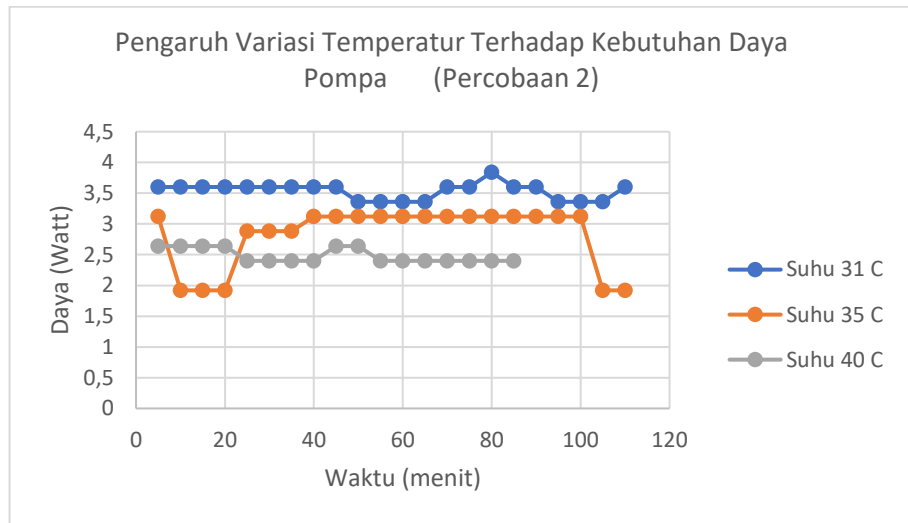
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Daya Pompa pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 1)

Sumber : (Data Primer Perhitungan)

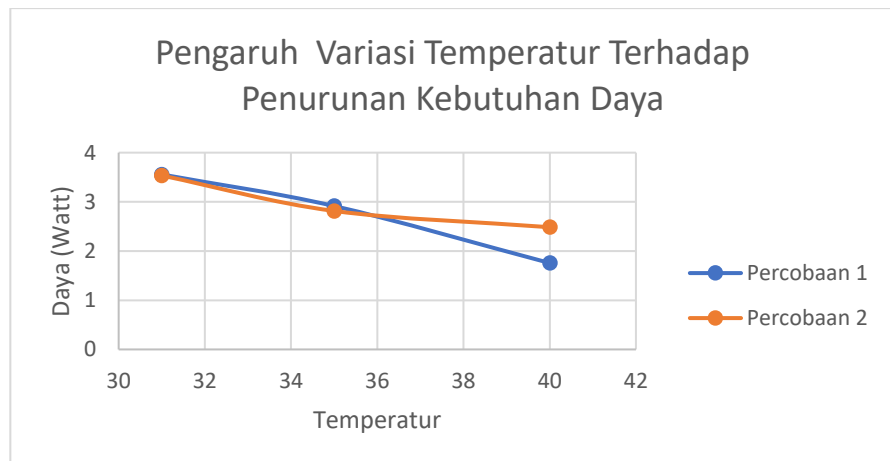
Dari gambar 4.6 dapat dilihat perbedaan suhu konsumsi daya pompa dari setiap variasi temperatur. Berdasarkan data diatas, konsumsi daya pompa tertinggi terdapat pada variasi temperatur 31 °C yaitu sebesar 3.6 Watt. Sedangkan untuk konsumsi daya pompa terendah terjadi pada percobaan dengan variasi temperatur 40 °C dengan konsumsi daya sebesar 1.68 Watt.

Hasil konsumsi daya pompa yang didapatkan hampir sama dengan percobaan sebelumnya. Dari data tersebut konsumsi daya pompa tertinggi terdapat pada variasi temperatur 31 °C yaitu sebesar 3.84 Watt. Sedangkan untuk konsumsi daya pompa terendah terjadi pada percobaan dengan variasi temperatur 40 °C dengan konsumsi daya sebesar 2.4 Watt. Pada percobaan kedua ini, terjadi penurunan kebutuhan daya pada menit 10 hingga 20 pada variasi temperatur

35 °C. Hal itu disebabkan karena kesalahan peletakan alat ukur tang amper pada kabel power pompa *reverse osmosis*. Grafik pengaruh variasi temperatur terhadap kebutuhan daya pompa dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4 7 Grafik Perbandingan Daya Pompa pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 2)  
 Sumber : (Data Primer Perhitungan)



Gambar 4 8 Grafik Penurunan Daya Pompa antara Percobaan 1 dan 2  
 Sumber : (Data Primer Perhitungan)

Pada gambar 4.8 dapat dilihat pengaruh variasi temperatur air baku pada konsumsi daya pompa. Pada kedua grafik dari hasil percobaan menunjukkan penurunan konsumsi daya pompa. Terjadinya penurunan konsumsi disebabkan karena peningkatan suhu temperatur air baku yang berpengaruh pada pressure pompa, Penurunan pressure pada pompa tersebut

mengakibatkan kerja pompa lebih ringan sehingga konsumsi daya pompa juga menurun.

#### 4.3.4. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap *Salt Rejection*

Untuk mengetahui salt rejection yang dapat ditahan oleh membran *reverse osmosis* maka perlu untuk mengetahui konsentrasi dari larutan tersebut. Pengambilan daya konesnat dilakukan setiap 5 menit pada setiap variasi temperatur. Persamaan yang digunakan untung mengetahui salt rejection sebagai berikut :

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_{ave}}\right) \times 100$$

Dimana,

R = Zat yang di tahan

C<sub>p</sub> = Konsentrasi Permeat

C<sub>f</sub> = Konsentrasi Umpan

C<sub>c</sub> = Konsentrasi Konsentrat

C<sub>Ave</sub> adalah rata – rata konsentrasi dari air umpan.

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai C<sub>Ave</sub> adalah sebagai berikut :

$$C_{Ave} = \frac{C_f + C_c}{2}$$

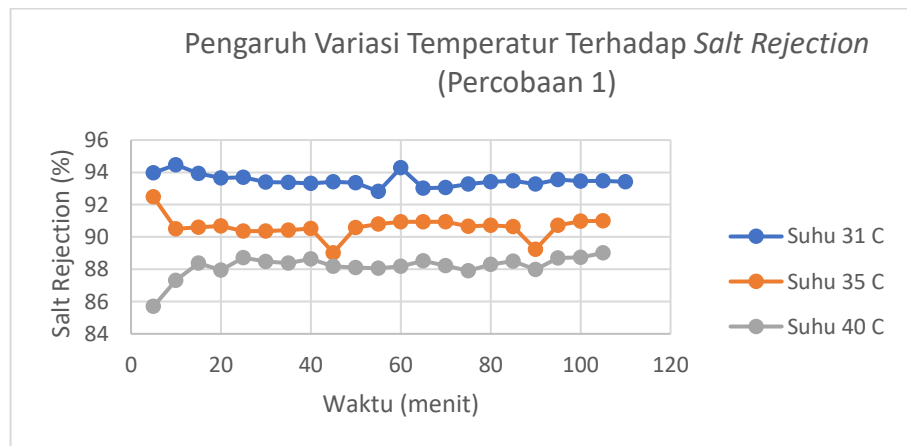
Perhitungan salt rejection dilakukan pada setiap percobaan variasi suhu. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan besarnya salt rejection yang dapat dihasilkan oleh sistem *reverse osmosis* tersebut. Data hasil perhitungan dari salt rejection dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4 8 Data *Salt Rejection* dari Sistem *Reverse Osmosis* pada Setiap Variasi Temperatur

Waktu	Percobaan 1			Percobaan 2		
	Salt Rejection			Salt Rejection		
	31	35	40	31	35	40
5	93,9688716	92,47387	85,70313	93,81958	91,03704	92,71709
10	94,4721689	90,50794	87,31369	93,70441	90,61914	91,86536
15	93,9278937	90,59968	88,3871	93,81132	91,50838	93,46314
20	93,6483932	90,67545	87,94567	93,77609	90,70632	93,44444
25	93,7001898	90,36789	88,72666	93,60902	90,9462	94,27386
30	93,3965844	90,36789	88,48921	93,4717	91,25926	93,81215
35	93,3709981	90,41597	88,38366	93,28302	91,59259	93,54483
40	93,3081285	90,52459	88,63085	93,54717	91,97782	93,76374

45	93,4220532	89,02196	88,18671	93,44569	91,75601	93,8843
50	93,358209	90,57096	88,10036	93,20896	92,02952	93,87586
55	92,8163265	90,79935	88,0651	93,90977	91,77122	93,8292
60	94,2802303	90,92985	88,19149	95,9144	91,77122	93,80165
65	93,0134357	90,92985	88,51852	94,47217	91,73432	93,68132
70	93,0566038	90,94156	88,22898	93,92789	91,10701	93,87363
75	93,2827324	90,6693	87,90698	93,64839	91,88192	93,95604
80	93,4210526	90,7131	88,29787	93,70019	91,77122	94,30769
85	93,4716981	90,63333	88,50088	93,39658	91,81481	93,82946
90	93,2830189	89,23577	87,97834	93,371	91,7037	-
95	93,5471698	90,71197	88,6941	93,30813	91,76471	-
100	93,4456929	90,97087	88,74126	93,42205	91,80633	-
105	93,4701493	90,99678	89,00709	93,35821	91,68831	-
110	93,4210526	-	-	92,81633	88,62543	-

Pada gambar 4.9 dan 4.10 terdapat grafik pengaruh temperatur terhadap salt rejection sistem reverse osmosis pada percobaan 1 dan 2. Grafik tersebut menjelaskan kemampuan membran *reverse osmosis* untuk merejeksi air garam pada setiap variasi temperatur. Percobaan dilakukan menggunakan sistem *reverse osmosis recirculation concentrate* dengan konfigurasi *two stage*.

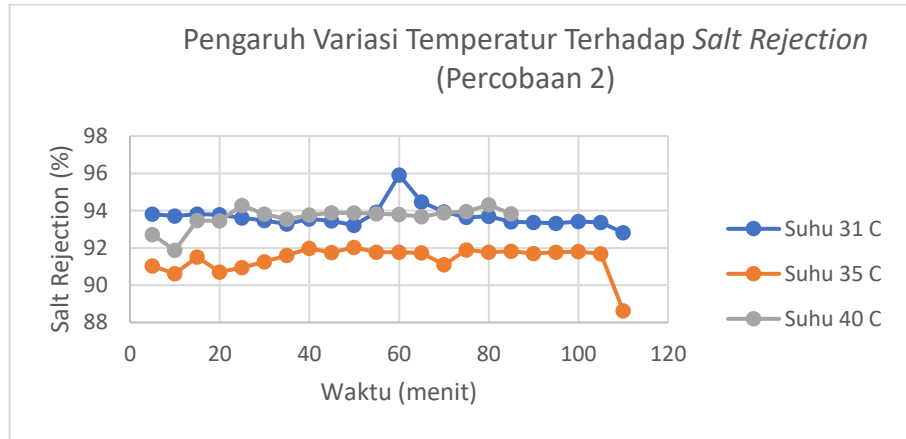


Gambar 4.9 Grafik Perbandingan *Salt Rejection* pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 1)

Sumber : (Data Primer Perhitungan)

Dari gambar 4.9 dapat dilihat perbedaan kemampuan membran dalam merejeksi air garam. Perbedaan suhu dari air umpan berpengaruh terhadap

kemampuan kerja membran untuk merejeksi garam. Berdasarkan data diatas, kemampuan terbesar membran dalam merejeksi garam terdapat ada variasi temperatur 31 °C dengan rejeksi sebesar 94.47%. Sedangkan kemampuan terendah membran untuk merejeksi air garam teradapat pada variasi temperatur 40 °C dengan rejeksi sebesar 85.70 %.



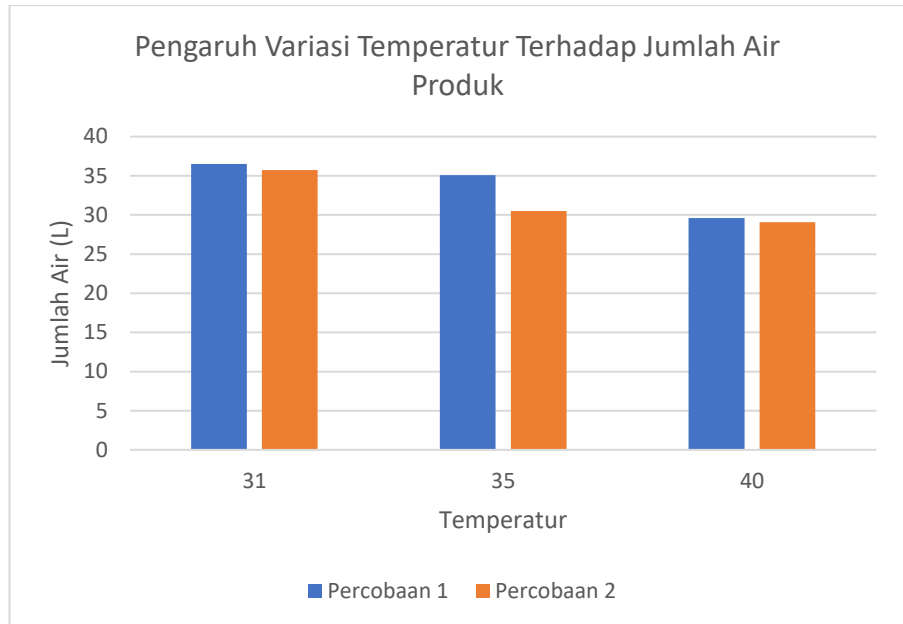
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan *Salt Rejection* pada Setiap Variasi Temperatur (Percobaan 2)

Sumber : (Data Primer Perhitungan)

Dari gambar 4.10 dapat dilihat perbedaan kemampuan membran dalam merejeksi air garam. Pada percobaan ini terjadi perbedaan hasil dimana rejeksi garam pada variasi temperatur 40 °C lebih banyak dibandingkan dengan temperatur 35 °C. Berdasarkan data diatas, kemampuan terbesar membran dalam merejeksi garam terdapat ada variasi temperatur 31 °C dengan rejeksi sebesar 95.9%. Sedangkan kemampuan terendah membran untuk merejeksi air garam teradapat pada variasi temperatur 40 °C dengan rejeksi sebesar 88.62 %. Berdasarkan grafik diatas, peningkatan temperatur air baku mengakibatkan kemampuan rejeksi membran *reverse osmosis* menurun. Hal ini terjadi kerana kenaikan temperatur air baku akan meningkatkan TDS dari air umpan. Sehingga kemampuan merejeksi garam akan berkurang karena TDS yang lebih tinggi.

#### 4.3.5. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Jumlah Air Produk

Pengambilan data jumlah air produk dilakukan setelah air baku yang ada di dalam tangki penyimpanan habis. Pengukuran dilakukan pada setiap variasi temperatur. Untuk mengukur jumlah air produk yang dihasilkan penulis menggunakan gelas ukur berkapasitas 1000 mL. Hasil pengukuran pada percobaan pertama dan kedua *reverse osmosis* pada setiap suhunya dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Jumlah Air Prpduk yang Dihasilkan pada Setiap Percobaan

Sumber : (Data Primer Perhitungan)

Dari gambar 4.10 dapat dilihat perbedaan jumlah air produk yang dihasilkan pada setiap variasi temperatur. Berdasarkan grafik diatas, kenaikan temperatur pada membran akan mengurangi jumlah produksi air. Produksi air tertinggi terjadi pada percobaan dengan variasi temperatur 31 °C sebanyak 36.5 Liter. Sedangkan produksi air terendah terdapat pada percobaan dengan variasi temperatur 40 °C sebanyak 29.07 Liter. Air baku dengan temperatur lebih rendah menghasilkan produk air lebih banyak karena kadar TDS nya akan lebih rendah, Air baku yang dipanaskan akan mengalami peningkatan kadar TDS sehingga membran bekerja lebih banyak untuk merejeksi garam sehingga jumlah rejeksi garam yang dihasilkan lebih besar.

#### 4.3.5. Hasil Uji Laboratorium Air Produk

Dari percobaan ketiga variasi temperatur pada sistem reverse osmosis, diambil data hasil air yang paling rendah kadar TDS untuk dilakukan pengujian di dalam Laboratorium, Air sampel yang digunakan adalah air pada percobaan dengan temperatur 31°C. Pengujian air produk menggunakan sampel sebanyak 5 liter. Berdasarkan uji laboratorium yang dilakukan di Baristan Industri Surabaya didapatkan hasil uji sebagai berikut :

Tabel 4 9 Hasil Pengujian Air Sampel Sistem *Reverse Osmosis*

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum yg Diperbolehkan Permenkes : 492/MENKES/Per/IV/2010
1	<b>Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan</b>			
	<b>a. Parameter Mikrobiologi</b>			
1	E. Coli	CFU/100 mL	1x10 <sup>3</sup>	< 2
2	Total bakteri coliform	CFU/100 mL	1x10 <sup>3</sup>	< 2
	<b>b. Kimia an-organik</b>			
1	Arsen	mg/L	0.01	<0.003
2	Fluorida	mg/L	1.5	0.1
3	Total Kromium terlarut	mg/L	0.05	<0.001
4	Kadmium (Cd) tungku karbon	mg/L	0.003	<0.0002
5	Nitrit, ( sebagai NO <sub>2</sub> -)	mg/L	3	<0.011
6	Nitrat, ( sebagai NO <sub>3</sub> -)*	mg/L	50	1.56
7	Sianida (CN)*	mg/L	0.07	<0.002
8	Selenium terlarut	mg/L	0.01	0.008
2	<b>Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan</b>			
	<b>a. Parameter Fisik</b>			
1	Bau*	-	Tidak berbau	tidak berbau
2	Warna	Unit Pt Co	15	<2
3	Total zat padat terlarut	mg/L	500	202
4	Kekeruhan	NTU	5	0.33
5	Rasa*	-	tidak berasa	tidak berasa
6	Suhu	°C	Suhu Udara + 3	27.2
	<b>b. Parameter kimiawi</b>			
1	Aluminium*	mg/L	0.2	0.04
2	Besi terlarut	mg/L	0.3	0.009
3	Kesadahan	mg/L	500	36
4	Khlorida	mg/L	250	73.6
5	Mangan terlarut	mg/L	0.4	<0.006
6	pH	-	6.5 - 8.5	6.63
7	Seng terlarut	mg/L	3	<0.031
8	Sulfat	mg/L	250	8.5
9	Tembaga	mg/L	2	<0.001
	Amonia	mg/L	1.5	0.08
	<b>Parameter Tambahan</b>			
1	<b>KIMIAWI</b>			
	<b>a. Bahan Anorganik</b>			
1	Air Raksa	mg/L	0.001	0.0006
2	Nikel	mg/L	0.07	<0.02
3	Sodium*	mg/L	200	36.3
4	Timbal (Pb) tungku karbon	mg/L	0.01	<0.006

	5	Boron	mg/L	0.5	2.68
	6	Barium terlarut	mg/L	0.7	0.13
	7	Antimon, Molybdenum dll **)	mg/L		-
	<b>b. Bahan Organik</b>				
	1	Zat Organik	mg/L	10	5.33
	2	Detergen	mg/L	0.05	<0.035
	2	Radioaktifitas *)		-	

Dari hasil pengujian tersebut, air hasil sistem *reverse osmosis* dengan *concentrate recirculation* dengan *solar collector* dan membran keramik belum memenuhi standar air minum sesuai aturan PERMENKES No 492/MENKES/Per/IV/2010 mengenai standar air minum. Hasil pengujian menunjukkan pada sampel air tersebut tidak memenuhi dari parameter biologis yaitu E-coli dan bakteri coliform. Batas standar sesuai aturan untuk kelayakan air minum untuk parameter biologi yang diperbolehkan yaitu <2 CFU/100 mL. Namun, air sampel dari *reverse osmosis* yang diuji mengandung  $1 \times 10^3$  CFU/100 mL. Ada beberapa faktor yang menyebabkan hasil uji tidak memenuhi standar kelayakan air minum. Salah satu faktornya yaitu waktu pengendapan air terlalu lama sehingga terdapat bakteri dan mikroba. Selain itu faktor lainnya yaitu kestabilan wadah yang digunakan untuk menyimpan air sampel.

#### 4.4. Analisa *Photovoltaic Cell* menggunakan Software RETScreen

Setelah mendapatkan data kebutuhan daya pompa dari sistem *reverse osmosis* dan *solar collector* kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan daya untuk keseluruhan sistem. Komponen yang membutuhkan daya antara lain, pompa *reverse osmosis*, pompa sirkulasi, pompa suplai dan pompa suplai ke membran keramik. Perhitungan nanti nantinya akan dianalisa menggunakan software RETScreen untuk mengetahui banyaknya panel surya yang dibutuhkan. Untuk mendapatkan kebutuhan daya total dari seluruh komponen dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Total Daya (P}_{\text{total}}) = \Sigma P \times \text{time} \quad (22)$$

Dimana,

P<sub>total</sub> = Jumlah daya yang dibutuhkan dari setiap komponen (Watt hours)

P = Daya yang dibutuhkan dari setiap komponen (Watt)

Time = Waktu yang dibutuhkan selama menggunakan daya (hour)

Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan data kebutuhan daya sebagai berikut :

Tabel 4 10 Data Perhitungan Kebutuhan Daya Dari Setiap Percobaan

Percobaan	Kebutuhan Daya Total (Watt Hours)	Kebutuhan Daya Total 1 Hari
-----------	-----------------------------------	-----------------------------

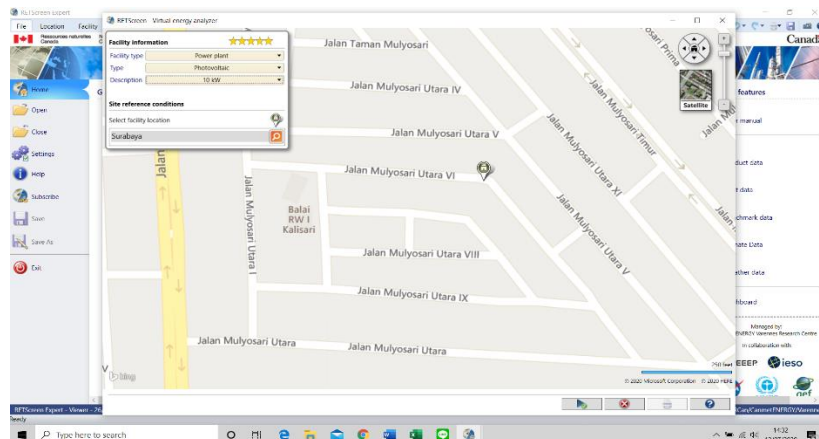


	Tanpa Pompa Sirkulasi	Pompa Sirkulasi	Kebutuhan Daya
Percobaan 31 (1)	61,52	61,48	895,3527273
Percobaan 31 (2)	61,48	61,48	894,8290909
Percobaan 35 (1)	60,16	82,66	900,0490909
Percobaan 35 (2)	57,31	79,86818	899,2636364
Percobaan 40 (1)	55,72	100,72	899,16
Percobaan 40 (2)	46,02	113,52	914,6329412

Pada table diatas menjelaskan bahwa pada kebutuhan daya selama jam pemakaian dan selama 1 hari percobaan. Kebutuhan daya terbesar dalam 1 hari yaitu pada percobaan kedua 40 °C dengan kebutuhan sebesar 914.632 Watt Hours sedangkan kebutuhan daya terendah dalam 1 hari pada percobaan 31 °C dengan kebutuhan sebesar 894.8290 Watt Hours. Dalam menentukan kapasitas dari *photovoltaic cell*, penulis menggunakan data kebutuhan tertinggi dari percobaan yang telah dilakukan.

#### 4.4.1. Penentuan Lokasi pada software *RETScreen*

Dalam menentukan lokasi sebagai tempat untuk *photovoltaic cell*, penulis menggunakan lokasi sesuai dengan tempat percobaan dilakukan. Lokasi dilaksanakannya percobaan yaitu di Jalan Mulyosari Utara VI No.22, Surabaya. Penentuan lokasi ini bertujuan untuk mengetahui kondisi iklim dari lokasi tersebut.



Gambar 4 12 Penentuan Lokasi yang DiGunakan Untuk Menentukan *Photovoltaic Cell*  
Sumber : (*Software RETScreen Expert*)

Pada gambar 4.13 dapat dilihat kondisi lokasi dari tempat percobaan seperti temperatur udara, kecepatan angin, relative humidity dan kondisi lainnya. Kondisi tersebut merupakan factor-faktor yang mempengaruhi perhitungan dari kebutuhan *photovoltaic cell*.

	Unit	Climate data location	Facility location	Source
Latitude		-7.4	-7.3	
Longitude		112.8	112.8	
Climate zone		0A - Extremely hot - Humid		Ground - NASA
Elevation	m	3	0	Ground - Ground
Heating design temperature	°C	21.8		Ground
Cooling design temperature	°C	33.6		Ground
Earth temperature amplitude	°C	7.4		NASA

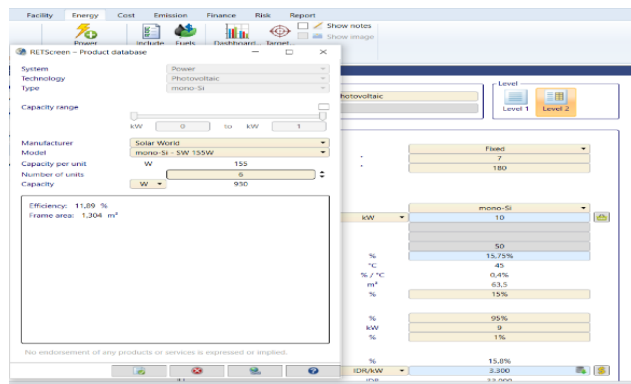
  

Month	Air temperature °C	Relative humidity %	Precipitation mm	Daily solar radiation - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	Heating degree-days 18 °C °C-d	Cooling degree-days 10 °C °C-d
January	27.2	82.3%	351.07	4.77	99.1	2.3	26.2	0	533
February	27.1	82.4%	318.79	4.82	99.1	2.7	26.0	0	479
March	27.5	82.2%	311.28	4.94	99.1	2.1	26.4	0	543
April	28.2	79.0%	194.03	4.98	99.1	2.3	26.4	0	546
May	28.2	76.6%	109.89	4.92	99.2	2.5	25.8	0	564
June	27.7	75.4%	56.34	4.73	99.2	2.7	25.2	0	531
July	27.1	73.4%	38.85	5.03	99.3	2.7	25.0	0	530
August	27.0	70.0%	18.30	5.54	99.3	2.9	25.9	0	537
September	27.8	68.3%	22.45	6.05	99.3	3.0	27.0	0	534
October	28.7	69.0%	104.08	5.94	99.2	2.6	27.6	0	580
November	28.5	75.3%	198.41	5.30	99.1	2.1	27.0	0	555
December	27.6	79.6%	326.76	4.99	99.1	2.2	26.4	0	546
<b>Annual</b>	<b>27.7</b>	<b>76.1%</b>	<b>2,050.16</b>	<b>5.17</b>	<b>99.2</b>	<b>2.5</b>	<b>26.2</b>	<b>0</b>	<b>6,467</b>
Source	Ground	Ground	NASA	NASA	NASA	Ground	NASA	Ground	Ground
Measured at						m	10	0	

Gambar 4 13 Kondisi Iklim di Lokasi Percobaan  
Sumber : (Software RETScreen Expert)

#### 4.4.2. Pemilihan *Photovoltaic Cell*

Dalam pemilihan *photovoltaic cell* digunakan data kebutuhan terbesar selama 1 hari. Kebutuhan daya keseluruhan yang harus dipenuhi sebesar 914.632 Watt. Pada software RETScreen penulis memilih *photovoltaic cell* dengan model mono Si – SW 155W. Photovoltaic model ini memiliki kapasitas sebesar 155 Watt Peak per unitnya. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan daya dari keseluruhan sistem *reverse osmosis* dibutuhkan sebanyak 6 unit. Total daya yang dihasilkan sebesar 930 Watt Peak. Pada gambar 4.14 dapat dilihat simulasi yang dilakukan untuk menentukan kebutuhan *photovoltaic cell*.



Gambar 4 14 Pemilihan *Photovoltaic Cell* yang Digunakan  
Sumber : (Software RETScreen Expert)

Pada gambar 4.15 menjelaskan bahwa model tracking pada *photovoltaic cell* yang digunakan bersifat fixed. Sudut kemiringan *photovoltaic cell* sebesar 7°C. *Photovoltaic cell* tersebut memiliki efisiensi sebesar 11.89%. Sedangkan area yang dibutuhkan *photovoltaic cell* untuk memenuhi kebutuhan keseluruhan daya untuk 1 hari sebesar 7.8 m<sup>2</sup>.

Photovoltaic - Level 2

**Resource assessment**

Solar tracking mode	*	Fixed
Slope	*	7
Azimuth	*	180

⌵ Show data

**Photovoltaic**

Type		mono-Si
Power capacity	kW	930
Manufacturer		Solar World
Model		mono-Si - SW 155W
Number of units		6
Efficiency	%	11,89%
Nominal operating cell temperature	°C	45
Temperature coefficient	% / °C	0,4%
Solar collector area	m <sup>2</sup>	7,8
Miscellaneous losses	%	15%

Gambar 4 15 Spesifikasi dari *Photovoltaic Cell*  
 Sumber : (Software RETScreen Expert)

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil percobaan dan analisa yang telah dilakukan oleh penulis terkait “Analisa Kebutuhan Daya Sistem *Reverse Osmosis* Dengan Pemanfaatan *Solar Collector* Dan *Photovoltaic Cell*”, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. *Solar Collector* yang digunakan untuk memanaskan air pada proses *pre treatment* sistem *reverse osmosis* memiliki dimensi 1500mm x 1000mm x150 mm. Sistem *reverse osmosis* yang digunakan adalah *recirculation concentrate* dengan konfigurasi *two-stage*. Hasil dari *reverse osmosis* akan difiltrasi menggunakan membran keramik untuk membunuh bakteri yang terdapat pada air. Untuk memenuhi kebutuhan daya dari system tersebut digunakan *photovoltaic cell* dengan model mono Si – SW 155W. Photovoltaic model ini memiliki kapasitas sebesar 155 Watt Peak per unitnya. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan daya dari keseluruhan sistem *reverse osmosis* dibutuhkan sebanyak 6 unit dengan luas area sebesar 7.8 m<sup>2</sup>
2. Dari hasil percobaan yang dilakukan, penggunaan *solar collector* memberikan pengaruh terhadap kinerja dari sistem *reverse osmosis* tersebut. Beberapa dampak yang terjadi dengan penambahan *solar collector* sebagai berikut :
  - Perubahan temperatur air baku berpengaruh terhadap pressure kerja pompa untuk menembus membran *reverse osmosis*. Pada percobaan pertama terjadi penurunan 10 Psi pada variasi temperatur 31 °C dan 35 °C dan penurunan sebesar 20 Psi pada variasi 35 °C dan 40 °C. Pada percobaan kedua, penurunan yang terjadi bernilai konstan yaitu sebesar 10 Psi. Penurunan pressure disebabkan karena viskositas air umpan yang ditingkatkan temeperturnya akan berkurang. Penurunan nilai viskositas disebabkan karena berkurangnya gaya antar molekul akibat kenaikan dari kenaikan temperatur. Hal itu menyebabkan air umpan lebih mudah untuk melewati membran *reverse osmosis* dengan tekanan yang lebih rendah.
  - Perubahan temperatur air baku berpengaruh terhadap konsumsi daya pompa untuk bekerja. Berdasarkan dari hasil percobaan yang dilakukan, data yang didapat menunjukkan penurunan konsumsi daya pompa. Terjadinya penurunan konsumsi disebabkan karena peningkatan suhu temperatur air baku yang berpengaruh pada pressure pompa, Penurunan pressure pada pompa tersebut mengakibatkan kerja pompa lebih ringan sehingga konsumsi daya pompa juga menurun.
  - Perubahan temperatur air baku mempengaruhi kemampuan membran untuk merejeksi garam. Berdasarkan hasil percobaan, kemampuan rejeksi garam berbanding terbalik dengan kenaikan temperatur. Berdasarkan analisa yang dilakukan, hal ini terjadi kerana kenaikan temperatur air baku akan

meningkatkan TDS dari air umpan. Sehingga kemampuan merejaksi garam akan berkurang karena TDS yang lebih tinggi.

3. Dari hasil perobaan yang dilakukan, penggunaan *solar collector* memberikan pengaruh kualitas air produk yang dihasilkan oleh sistem *reverse osmosis*. Berikut ada pengaruh temperatur terhadap kualitas air produk :
  - Perubahan temperatur air baku berpengaruh terhadap kadar TDS air. Berdasarkan percobaan yang dilakukan, data yang didapat menunjukkan kenaikan kadar TDS dari air produk ketika temperatur air juga ditingkatkan. Kenaikan kadar TDS air produk disebabkan karena terjadi kenaikan TDS pada air baku setelah dilakukan pemanasan. Sehingga ketika air baku ditingkatkan temperaturnya maka jumlah kadar TDS air produk akan meningkat.

## 5.2.Saran

Berdasarkan dari seluruh proses yang telah dilakukan penulis dalam peneliian terkait “Analisa Kebutuhan Daya Sistem *Reverse Osmosis* Dengan Pemanfaatan *Solar Collector* Dan *Photovoltaic Cell*”,terdapat beberapa saran yang dapat diberikan demi kesempurnaan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Dalam melakukan pengambilan data *solar collector* ada baiknya menggunakan alat ukur yang lebih baik agar hasil yang didapat lebih baik dan akurat.
2. Perlu dilakukan pengujian air baku sebelum melakukan percobaan untuk mengetahui kandungan air secara detail.
3. Perlu dikembangkan penelitian menggunakan air payau ataupun air laut agar bisa diimplementasikan di masyarakat.
4. Dilakukan percobaan *Photovoltaic Cell* secara langsung untuk memenuhi kebutuhan daya sistem *reverse osmosis*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahuchaogu, A. A., Chukwu, O. J., Obike, A. I., Igara, C. E., Chidi, N. I., & Echeme, J. B. O. (2018). Reverse osmosis technology, its applications and nano-enabled membrane. *Int J Adv Res Chem Sci*, 5(2), 20-26.
- Amelia, F (2015). MEMBRAN TEKANAN ULTRA RENDAH.
- Danial/Fadjar.P, Majalah Tren Konstruksi ,edisi Agustus 2010
- Duffie, J.A dan Beckman, W.A. 1980. *Solar Engineering of Thermal Processes*. Hobokem. Jhon Wiley and Sons. New York.
- Goswami, D. Yogi. 1999. Principle of Solar Engineering. LLC. Paris.
- Handini, W. (2008). Performa Sel Surya. *Fakultas Teknik Universitas Indonesia*.
- Heri, J. (2012). Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50wp. *Engineering*, 4(1).
- <http://www.purewaterinc.com>.
- <https://media.neliti.com/>
- Kementrian, E. S. D. M. (2016). Nomor 5889. 2016. *Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik-PLN Tahun*.
- Lilane, A., Saifaoui, D., Hariss, S., Jenkal, H., & Chouiekh, M. (2019). Modeling and simulation of the performances of the reverse osmosis membran. *Materials Today: Proceedings*.
- Nugroho, A. (2004). Uraian Umum Tentang Teknologi Desalinasi. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 6(2).
- Prasetyana, A.N. (2008). Pemanas Air Energi Surya Dengan Kolektor Pipa Seri
- Pusparini, W. R. Isyuniarto (2010). *Teknologi Pemisahan Zr-Hf Menggunakan Metode Kompleksasi-Membran Nanofiltrasi*. Yogyakarta: Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN.
- Sayigh, A. A. M. (Ed.). (2012). *Solar energy engineering*. Elsevier.
- Soeparman, S. (2015). *Teknologi Tenaga Surya: Pemanfaatan dalam Bentuk Energi Panas*. Universitas Brawijaya Press.
- Suprianto, A. (2018). Unjuk Kerja Kolektor Surya Hybrid Photovoltaic Thermal (PV/T) Aliran Serpentine Menggunakan CFD Berdasarkan Ketebalan Pelat Absorber.
- Utomo, G. R. (2014). Osmosis Terbalik.

Vries DKK. 2011. Energi yang Terbarukan. Jakarta

Wenten, I. G. (2005). Teknologi Membran dalam Pengolahan Air dan Limbah. *Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung*.

William, M. E. (2003). A Brief Review of *Reverse Osmosis* Membran Technology. EET Corporation and Williams Engineering Services Company. *Inc., Albany, Kentucky*.

Yoshi, L. A., & Widiassa, I. N. (2016). Sistem Desalinasi Membran *Reverse Osmosis* (RO) untuk Penyediaan Air Bersih. In *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan* (p. 6).

# LAMPIRAN



Lampiran  
Peraturan Menteri Kesehatan  
Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010  
Tanggal : 19 April 2010

## PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

### I. PARAMETER WAJIB

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO <sub>2</sub> -)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO <sub>3</sub> -)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Keekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5





MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

## II. PARAMETER TAMBAHAN

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	KIMIAWI		
a.	Bahan Anorganik		
	Air Raksa	mg/l	0,001
	Antimon	mg/l	0,02
	Barium	mg/l	0,7
	Boron	mg/l	0,5
	Molybdenum	mg/l	0,07
	Nikel	mg/l	0,07
	Sodium	mg/l	200
	Timbal	mg/l	0,01
	Uranium	mg/l	0,015
b.	Bahan Organik		
	Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	10
	Deterjen	mg/l	0,05
	Chlorinated alkanes		
	Carbon tetrachloride	mg/l	0,004
	Dichloromethane	mg/l	0,02
	1,2-Dichloroethane	mg/l	0,05
	Chlorinated ethenes		
	1,2-Dichloroethene	mg/l	0,05
	Trichloroethene	mg/l	0,02
	Tetrachloroethene	mg/l	0,04
	Aromatic hydrocarbons		
	Benzene	mg/l	0,01
	Toluene	mg/l	0,7
	Xylenes	mg/l	0,5
	Ethylbenzene	mg/l	0,3
	Styrene	mg/l	0,02
	Chlorinated benzenes		
	1,2-Dichlorobenzene (1,2-DCB)	mg/l	1
	1,4-Dichlorobenzene (1,4-DCB)	mg/l	0,3
	Lain-lain		
	Di(2-ethylhexyl)phthalate	mg/l	0,008
	Acrylamide	mg/l	0,0005
	Epichlorohydrin	mg/l	0,0004
	Hexachlorobutadiene	mg/l	0,0006



MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/l	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/l	0,2
c.	Pestisida		
	Alachlor	mg/l	0,02
	Aldicarb	mg/l	0,01
	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,00003
	Atrazine	mg/l	0,002
	Carbofuran	mg/l	0,007
	Chlordane	mg/l	0,0002
	Chlorotoluron	mg/l	0,03
	DDT	mg/l	0,001
	1,2- Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	mg/l	0,001
	2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)	mg/l	0,03
	1,2-Dichloropropane	mg/l	0,04
	Isoproturon	mg/l	0,009
	Lindane	mg/l	0,002
	MCPA	mg/l	0,002
	Methoxychlor	mg/l	0,02
	Metolachlor	mg/l	0,01
	Molinate	mg/l	0,006
	Pendimethalin	mg/l	0,02
	Pentachlorophenol (PCP)	mg/l	0,009
	Permethrin	mg/l	0,3
	Simazine	mg/l	0,002
	Trifluralin	mg/l	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA		
	2,4-DB	mg/l	0,090
	Dichlorprop	mg/l	0,10
	Fenoprop	mg/l	0,009
	Mecoprop	mg/l	0,001
	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009
d.	Desinfektan dan Hasil Sampingannya		
	Desinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
	Hasil sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chlorate	mg/l	0,7
	Chlorite	mg/l	0,7
	Chlorophenols		
	2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	mg/l	0,2
	Bromoform	mg/l	0,1
	Dibromochloromethane (DBCM)	mg/l	0,1
	Bromodichloromethane (BDCM)	mg/l	0,06
	Chloroform	mg/l	0,3



MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Chlorinated acetic acids		
	Dichloroacetic acid	mg/l	0,05
	Trichloroacetic acid	mg/l	0,02
	Chloral hydrate		
	Halogenated acetonitrilies		
	Dichloroacetonitrile	mg/l	0,02
	Dibromoacetonitrile	mg/l	0,07
	Cyanogen chloride (sebagai CN)	mg/l	0,07
2.	RADIOAKTIFITAS		
	Gross alpha activity	Bq/l	0,1
	Gross beta activity	Bq/l	1

MENTERI KESEHATAN,

ttd

dr. Endang Rahayu Sedyaningsih, MPH, Dr. PH

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Yudhi Satrio Santoso, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Lahir di Jakarta pada tanggal 8 November 1997. Ayah dari penulis bernama Subagio Santoso dan Ibu dari penulis bernama Sulastri. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan mulai dari TK At-Taubah (2002-2004), lalu jenjang pendidikan formal dasar di SD Negeri 09 Kayu Putih (2004-2010), jenjang pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 77 Jakarta (2010-2013), jenjang pendidikan menengah atas di SMA Negeri 77 Jakarta (2013-2016), dan melanjutkan ke jenjang pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama masa studi di kampus, penulis aktif di berbagai kegiatan dan organisasi. Diantaranya penulis menjadi Kepala Divisi Futsal Putra UKM Sepkabola ITS Kabinet “SELARAS” 2018/2019, Kordinator Liason Officer IFC 2018, Staff Orkes HIMASISKAL FTK ITS BERSAMA... dan menjadi anggota dari Marine Machinery Fluid and Sistem Laboratory Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS. Penulis pernah melaksanakan *on job training* di beberapa perusahaan yaitu PT. Orela Shipyard dan PT. Pelindo Energi Logistik. Selain itu, penulis mengikuti kegiatan pengembangan softskill seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar. Penulis dapat dihubungi melalui [yudhisatrio710@gmail.com](mailto:yudhisatrio710@gmail.com).