

# **PEMODELAN DESALINASI AIR LAUT DENGAN *MEMBRANE DISTILLATION***

## **Laporan Penelitian**

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar  
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

Oleh :

**Nathanael Evan Prasetya**

(2017620025)

Dosen Pembimbing :

**Herry Santoso,S.T.,M.T.M.,Ph.D.**

**Yansen Hartanto,S.T.,M.T**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**2020**

# **PEMODELAN DESALINASI AIR LAUT DENGAN *MEMBRANE DISTILLATION***

## **Laporan Penelitian**

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar  
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

Oleh :

**Nathanael Evan Prasetya**

(2017620025)

Dosen Pembimbing :

**Herry Santoso,S.T.,M.T.M.,Ph.D.**

**Yansen Hartanto,S.T.,M.T**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

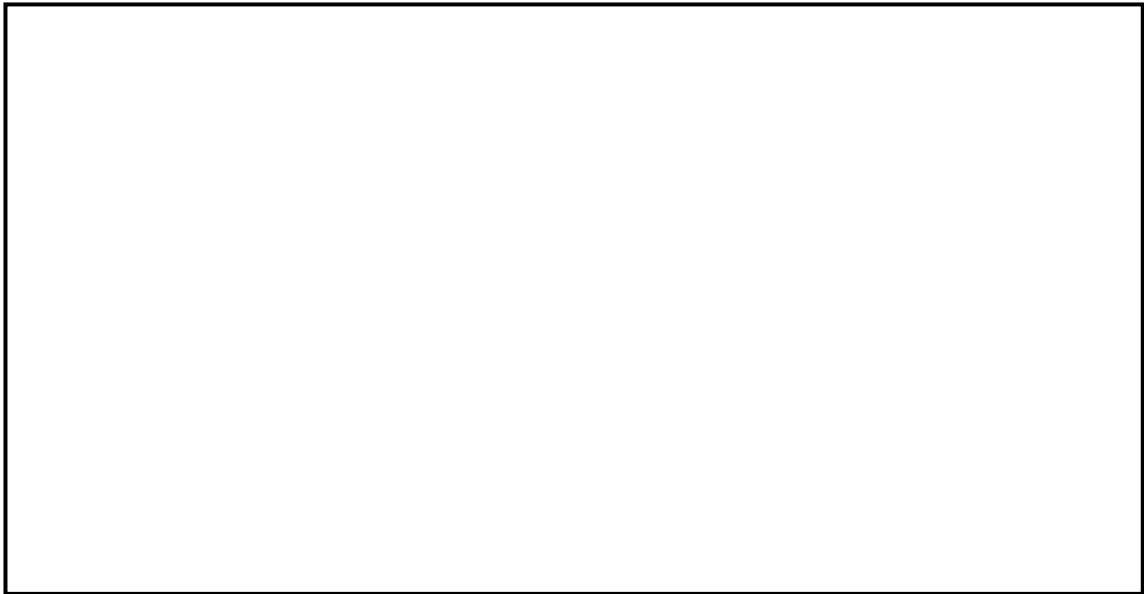
**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL : PEMODELAN DESALINASI AIR LAUT DENGAN *MEMBRANE DISTILLATION***

**CATATAN :**



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung,

Pembimbing 1



**Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.**

Pembimbing 2



**Yansen Hartanto, S.T., M.T**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**SURAT PERNYATAAN**

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nathanael Evan Prasetya

NPM : 2017620025

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**PEMODELAN DESALINASI AIR LAUT DENGAN *MEMBRANE DISTILLATION***

adalah hasil pekerjaan kami dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Klaten, 26 Februari 2021



Nathanael Evan Prasetya

(2017620025)

## LEMBAR REVISI

**JUDUL : PEMODELAN DESALINASI AIR LAUT DENGAN *MEMBRANE DISTILLATION***

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui,

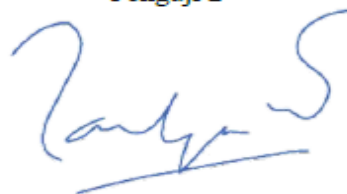
Bandung,

**Penguji 1**



**Arenst Andreas Arie, ST, SSi, MSc, Ph.D.**

**Penguji 2**



**I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Pemodelan Desalinasi Air Laut dengan *Membrane Distillation*” tepat pada waktunya. Penulisan proposal penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE183640.02 untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penulisan laporan penelitian ini, penulis mendapat berbagai bantuan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih secara khusus kepada:

1. Bapak Herry Santoso,S.T.,M.T.M.,Ph.D dan Bapak Yansen Hartanto,S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran selama proses penyusunan proposal penelitian ini.
2. Orangtua serta keluarga atas doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
3. Teman-teman yang telah memberikan dukungan dan masukan kepada penulis selama proses penulisan proposal penelitian ini.
4. Semua pihak lain yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proposal penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik, masukan, dan saran yang membangun agar dapat mengembangkan penulis dalam penyusunan proposal berikutnya. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih atas perhatian pembaca dan berharap agar proposal penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Klaten, 26 Februari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR REVISI .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
INTISARI .....	xiv
<i>ABSTRACT</i> .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tema Sentral Masalah .....	2
1.3 Identifikasi Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Premis.....	4
1.6 Hipotesis .....	4
1.7 Manfaat Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Desalinasi .....	5
2.2 Komposisi Air Laut .....	5
2.3 <i>Pre-treatment</i> desalinasi air laut .....	6
2.3.1 Klorinasi, <i>screening</i> , dan pengaturan pH.....	6
2.3.2 Koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi.....	6
2.3.3 Flotasi.....	7
2.3.4 Filtrasi .....	7
2.3.5 Penambahan aditif <i>antiscalant</i> dan deklorinasi .....	7
2.4 Metode desalinasi.....	8

2.4.1 <i>Multi Stage Flash Distillation</i> .....	8
2.4.2 <i>Multi Effect Distillation</i> .....	9
2.4.3 <i>Reverse Osmosis</i> .....	9
2.5 Distilasi Membran.....	10
2.5.1 Konfigurasi pada Membran Distilasi .....	10
2.6 Keunggulan dan kelemahan metode desalinasi yang sering digunakan .....	14
2.7 Karakteristik Membran .....	15
2.7.1 <i>Liquid Entry Pressure</i> .....	15
2.7.2 Ketebalan Membran .....	15
2.7.3 Porositas dan Tortuositas Membran .....	16
2.7.4 Konduktivitas Termal Membran.....	16
2.7.5 Ukuran Pori Rata-Rata dan Distribusi Ukuran Pori .....	17
2.8 Poliarisasi Temperatur dan Konsentrasi .....	17
2.9 Model Neraca Energi <i>Direct Contact Membrane Distillation</i> ...	18
2.9.1 Pendekatan <i>Nusselt Number</i> .....	18
2.9.2 Perhitungan Konduktivitas Termal Membran .....	20
2.10 Perpindahan Massa pada <i>Direct Contact Membrane Distillation</i> .....	21
2.10.1 Polarisasi Konsentrasi .....	22
2.10.2 Model Perpindahan Massa pada Membran .....	23
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	27
3.1 Data untuk Validasi Model .....	27
3.2 Simulasi Model Distilasi Membran .....	28
3.3 Variasi Variabel Simulasi Proses Distilasi Membran .....	31
3.4 Rencana Kerja Penelitian .....	34
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	35
4.1 Perhitungan data fisik .....	35
4.1.1 Densitas, viskositas, dan konduktivitas termal air .....	35
4.1.2 Densitas, viskositas, dan konduktivitas termal air laut ....	36



4.2 Validasi model .....	37
4.3 Simulasi fluks permeat terhadap temperatur umpan .....	38
4.4 Simulasi fluks permeat terhadap temperatur permeat .....	39
4.5 Simulasi fluks permeat terhadap laju alir umpan dan laju alir permeat .....	40
4.6 Simulasi pengaruh ukuran pori membran terhadap fluks permeat .....	41
4.7 Simulasi pengaruh ketebalan membran terhadap fluks permeat .....	42
4.8 Simulasi pengaruh porositas membran terhadap fluks permeat .....	43
4.9 Simulasi pengaruh bahan membran terhadap fluks permeat .....	43
4.10 <i>Scale-up</i> dan perkiraan biaya investasi modul distilasi membran .....	44
4.11 <i>Spreadsheet</i> perhitungan fluks massa permeat .....	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	49
DAFTAR PUSTAKA .....	50
LAMPIRAN A .....	53
A.1 Daftar Simbol .....	53
LAMPIRAN B.....	55
B.1 Persamaan Perpindahan Panas .....	55
B.2 Penurunan Persamaan Temperatur Permukaan Membran Sisi Umpan.....	56
B.3 Penurunan Persamaan Temperatur Permukaan Membran Sisi Umpan.....	56
LAMPIRAN C .....	58
C.1 Validasi model .....	58
C.2 Hasil simulasi fluks permeat .....	58

LAMPIRAN D .....	61
D.1 Perhitungan fluks permeat .....	61
D.2 Perhitungan <i>scale-up</i> modul distilasi membran .....	64
LAMPIRAN E .....	66
E.1 Perhitungan dengan <i>microsoft excel</i> .....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Teknologi Desalinasi yang digunakan .....	8
Gambar 2.2 Proses <i>Multi Stage Flash Distillation</i> .....	9
Gambar 2.3 Proses <i>Multi Effect Distillation</i> .....	9
Gambar 2.4 Proses <i>Reverse Osmosis</i> .....	10
Gambar 2.5 <i>Direct Contact Membrane Distillation</i> .....	11
Gambar 2.6 <i>Air Gap Membrane Distillation</i> .....	12
Gambar 2.7 <i>Sweeping Gas Membrane Distillation</i> .....	12
Gambar 2.8 <i>Vacuum Membrane Distillation</i> .....	13
Gambar 2.9 Ilustrasi Tortuositas Membran .....	16
Gambar 2.10 Ilustrasi Fenomena Polarisasi Temperatur dan Konsentrasi .....	18
Gambar 2.11 Ilustrasi Model Isostrain, Isostress, dan Hasil Perhitungan Konduktivitas Termal Membran .....	20
Gambar 3.1 Hasil Percobaan .....	28
Gambar 3.2 Diagram Asumsi Proses Percobaan Distilasi Membran .....	28
Gambar 3.3 Algoritma Simulasi Desalinasi Air Laut dengan Distilasi Membran .....	30
Gambar 4.1 Grafik densitas air terhadap temperatur .....	35
Gambar 4.2 Grafik viskositas air terhadap temperatur .....	35
Gambar 4.3 Grafik konduktivitas termal air terhadap temperatur .....	36
Gambar 4.4 Grafik validasi model .....	38
Gambar 4.5 Grafik temperatur umpan terhadap fluks permeat .....	39
Gambar 4.6 Grafik temperatur permeat terhadap fluks permeat .....	39
Gambar 4.7 Grafik laju alir umpan terhadap fluks permeat .....	41
Gambar 4.8 Grafik laju alir permeat terhadap fluks permeat .....	41
Gambar 4.9 Grafik diameter pori membran terhadap fluks permeat .....	42
Gambar 4.10 Grafik tebal membran terhadap fluks permeat .....	42
Gambar 4.11 Grafik porositas terhadap fluks .....	43
Gambar 4.12 <i>Spreadsheet</i> bagian 1 .....	46
Gambar 4.13 <i>Spreadsheet</i> bagian 2 .....	47

Gambar 4.14 <i>Spreadsheet</i> bagian 3 .....	47
Gambar 4.15 Penggunaan <i>solver</i> untuk iterasi .....	48
Gambar B.1 Ilustrasi perpindahan panas pada distilasi membrane .....	55
Gambar C.1 Grafik validasi model .....	58
Gambar C.2 Grafik temperatur umpan terhadap fluks permeat .....	58
Gambar C.3 Grafik temperatur permeat terhadap fluks permeat .....	59
Gambar C.4 Grafik laju alir umpan terhadap fluks permeat .....	59
Gambar C.5 Grafik laju alir permeat terhadap fluks permeat .....	59
Gambar C.6 Grafik laju diameter pori terhadap fluks permeat .....	60
Gambar C.7 Grafik ketebalan membran terhadap fluks permeat .....	60
Gambar C.8 Grafik porositas membran terhadap fluks permeat .....	60
Gambar E.1 <i>Spreadsheet</i> bagian 1 .....	66
Gambar E.2 <i>Spreadsheet</i> bagian 2 .....	66
Gambar E.3 <i>Spreadsheet</i> bagian 3 .....	67
Gambar E.4 Penggunaan <i>solver</i> untuk iterasi .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Hasil Penelitian tentang Distilasi Membran .....	3
Tabel 2.1 Komposisi Air Laut .....	5
Tabel 2.2 Bahan Kimia yang Sering Digunakan pada Proses <i>Pre-treatment</i> .....	7
Tabel 2.3 Kategori Metode Desalinasi .....	8
Tabel 2.4 Kelebihan dan Kekurangan Kondifugurasi Distilasi Membran .....	13
Tabel 2.5 Kelebihan dan Kekurangan Metode Desalinasi yang Sering Digunakan.....	14
Tabel 2.6 Contoh Persamaan <i>Nusselt Number</i> .....	19
Tabel 2.7 Persamaan Perhitungan Konduktivitas Termal Membran Berbagai Polimer .....	21
Tabel 2.8 Persamaan Perhitungan <i>Sherwood Number</i> .....	22
Tabel 2.9 Penggunaan Persamaan Perhitungan Koefisien Membran .....	24
Tabel 3.1 Karakteristik Membran .....	27
Tabel 3.2 Karakteristik Air Umpan .....	27
Tabel 3.3 Kondisi Operasi Percobaan dan Data Fisik .....	27
Tabel 3.4 Variasi Temperatur Umpan .....	31
Tabel 3.5 Variasi Temperatur Permeat .....	31
Tabel 3.6 Variasi Laju Alir Umpan .....	31
Tabel 3.7 Variasi Laju Alir Permeat.....	32
Tabel 3.8 Variasi Ukuran Pori Membran .....	32
Tabel 3.9 Variasi Ketebalan Membran .....	32
Tabel 3.10 Variasi Bahan Membran .....	32
Tabel 3.11 Variasi Porositas Membran .....	33
Tabel 3.12 Rencana Kerja Penelitian .....	34
Tabel 4.1 Perbandingan hasil perhitungan fluks permeat dengan berbagai model .....	38
Tabel 4.2 Perbandingan laju alir permeat terhadap perbedaan temperatur pada permukaan membran .....	40

Tabel 4.3 Perbandingan laju alir permeat terhadap perbedaan temperatur pada permukaan membran .....	40
Tabel 4.4 Konduktivitas termal dan fluks permeat dari berbagai membran ...	44
Tabel 4.5 Kondisi operasi dan karakteristik membrane perhitungan prediksi biaya investasi .....	45
Tabel 4.6 Biaya investasi modul distilasi membrane .....	46
Tabel 4.7 Keterangan penggunaan <i>spreadsheet</i> .....	48
Tabel E.5 Keterangan penggunaan <i>spreadsheet</i> .....	68

## INTISARI

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi di dunia, kebutuhan air bagi manusia juga meningkat. Prediksi dari United Nation Department of Economic and Social Affairs, setengah penduduk dunia akan tinggal di lingkungan dengan kekurangan air. Hal ini menyebabkan diperlukannya alternatif untuk mendapatkan sumber air bersih, yaitu dengan desalinasi air laut. Desalinasi air laut adalah proses pemurnian atau pengurangan garam terlarut pada air laut yang lebih besar dari 1000 ppm hingga 40000 ppm menjadi air tawar dengan konsentrasi garam dibawah 1000 ppm. Salah satu metode desalinasi yang dapat digunakan adalah distilasi membran, yaitu metode pemisahan larutan dengan panas sebagai gaya pendorong prosesnya dan memanfaatkan membran hidrofobik sehingga hanya molekul uap yang dapat melewati membran tersebut, dan komponen-komponen non-volatil tertahan oleh membran. Performa pada proses distilasi membran dapat dilihat dari nilai fluks massa permeal atau permeal yang dihasilkan per satuan luas membran dan satuan waktu. Fluks permeal pada distilasi membran dipengaruhi oleh banyak faktor, dimulai dari karakteristik membran seperti bahan membran, ketebalan membran, porositas membran, dan ukuran pori membran, hingga kondisi operasi seperti temperatur umpan dan permeal, maupun laju alir umpan dan permeal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur umpan, tempeatur permeal, karakteristik membran (jenis, ketebalan, ukuran pori, porositas), laju alir umpan, dan laju alir permeal terhadap fluks massa permeal yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan cara menyimulasikan proses desalinasi pada *direct contact membrane distillation* dengan variasi temperatur umpan 50-70°C, temperature permeal 10-30°C, laju alir umpan 0,2-0,6 m/s, laju alir permeal 0,2-0,6 m/s, ukuran pori membran 0,2-0,55 µm, ketebalan membrane 110-180 µm, bahan membrane PTFE, PVDF, PP,PES, dan porositas membrane 50-85%.

Rentang fluks massa permeal yang dihasilkan dari variasi temperatur umpan adalah 9,688-42,112 kg/m<sup>2</sup>.h, 45,797-26,438 kg/m<sup>2</sup>.h dari variasi temperatur permeal, 32,034-33,591 kg/m<sup>2</sup>.h, 32,034-33,591 kg/m<sup>2</sup>.h dari variasi laju alir umpan, 32,423-32,907 kg/m<sup>2</sup>.h dari variasi laju alir permeal, 37,473-24,989 kg/m<sup>2</sup>.h dari variasi ketebalan membran, 25,474-44,129 kg/m<sup>2</sup>.h dari variasi ukuran pori membran, 13,576-40,043 kg/m<sup>2</sup>.h dari variasi porositas membran. PTFE menghasilkan fluks massa permeal yang paling tinggi diantara membran lainnya yaitu 35,398 kg/m<sup>2</sup>.h karena memiliki konduktivitas termal paling tinggi. Fluks permeal tertinggi yaitu 45,797 kg/m<sup>2</sup>.h dihasilkan pada temperatur umpan 65 °C, temperatur permeal 10 °C, laju alir umpan dan permeal 3 m/s, membran PVDF dengan ketebalan 130 µm, ukuran pori 0,3 µm dan porositas 75%. Biaya investasi modul distilasi membran untuk menghasilkan 500 kg/jam air diperkirakan sebesar \$18692,84.

Kata kunci : *distilasi membran, fluks massa permeal, desalinasi*

## ABSTRACT

*Along with population growth and economic growth in the world, the need for water for humans is also increasing. Predictions from the United Nation Department of Economic and Social Affairs, half the world's population will live in neighborhoods with water shortages. This leads to the need for alternatives to obtain a clean water source, namely by desalination of sea water. Seawater desalination is the process of purification or reduction of dissolved salts in seawater greater than 1000 ppm to 40000 ppm into fresh water with salt concentrations below 1000 ppm. One of the desalination methods that can be used is membrane distillation, which is the method of separating the solution with heat as the driving force of the process and utilizing the hydrophobic membrane so that only steam molecules can pass through the membrane, and the non-volatile components are retained by the membrane. Performance in the membrane distillation process can be seen from the value of permeate mass flux or permeate produced per unit membrane area and unit of time. Permeate flux in membrane distillation is influenced by many factors, ranging from membrane characterization such as membrane material, membrane thickness, membrane porosity, and membrane pore size, to operating conditions such as feed and permeate temperature, as well as feed flow rate and permeate.*

*The purpose of this study was to determine the influence of feed temperature, permeate temperature, membrane characteristics (type, thickness, pore size, porosity), flow rate of feed, and flow rate of permeate to permeate mass flux. This study was conducted by simulating desalination process in direct contact membrane distillation with feed temperature variation of 50-70°C, permeate temperature 10-30°C, feed flow rate 0.2-0.6 m/s, permeate flow rate 0.2-0.6 m/s, membrane pore size 0.2-0.55µm, membrane thickness 110-180 µm, membrane material PTFE, PVDF, PP, PES, and membrane porosity 50-85%.*

*The range of permeate mass flux resulting from the variation in feed temperature is 9,688-42,112 kg/m<sup>2</sup>.h, 45,797-26,438 kg/m<sup>2</sup>.h from permeate temperature variation, 32,034-33,591 kg/m<sup>2</sup>.h 32,034-33,591 kg/m<sup>2</sup>.h from feed flow rate variation, 32,423-32,907 kg/m<sup>2</sup>.h from permeate flow rate variation, 37,473-24,989 kg/m<sup>2</sup>.h from membrane thickness variation, 25,474-44,129 kg/m<sup>2</sup>.h from membrane pore size variation, 13,576-40,043 kg/m<sup>2</sup>.h from membrane porosity variation. PTFE produces the highest permeate mass flux among other membranes at 35,398 kg/m<sup>2</sup>.h because it has the highest thermal conductivity. The highest permeate flux of 45,797 kg/m<sup>2</sup>.h was produced at a feed temperature of 65 °C, permeate temperature of 10 °C, flow rate of feed and permeate at 3 m/s, PVDF membrane with a 130 µm thickness, 0.3 µm pore size and 75% porosity. The investment cost of a membrane distillation module to produce 500 kg/hour of water is estimated at \$18692.84.*

*Keywords: membrane distillation, permeate mass flux, desalination*



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Air adalah kebutuhan yang paling krusial untuk kehidupan manusia. Seiring dengan berjalannya waktu, kebutuhan air bagi kehidupan manusia semakin meningkat. Peningkatan ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti peningkatan populasi, pertumbuhan ekonomi, dan persaingan terhadap air itu sendiri untuk keperluan domestik (Ercin and Hoekstra 2014).

Menurut Khawas, terdapat 1,2 miliar penduduk yang tinggal di area yang kekurangan air, dan 500 juta penduduk sedang menuju pada kondisi kekurangan air. United Nation Department of Economic and Social Affairs (UNDESA) memberi beberapa fakta mengenai kekurangan air :

- a. Suatu populasi dikatakan mengalami kelangkaan air ketika suplai air berada di bawah  $1000 \text{ m}^3$  per orang dalam satu tahun, dan dikatakan mengalami kelangkaan yang parah ketika suplai air berada dibawah  $500 \text{ m}^3$  dalam satu tahun.
- b. Sekitar 700 juta orang yang tersebar pada 43 negara mengalami kelangkaan air.
- c. Diperkirakan pada tahun 2025, 1,8 miliar orang akan hidup di lingkungan dengan kelangkaan air yang parah.
- d. Pada tahun 2030, diperkirakan setengah dari penduduk dunia akan tinggal di daerah dengan *water stress* (selisih penggunaan air dan ketersediaan air) yang tinggi, dimana semakin tinggi *water stress* maka kekurangan air akan semakin parah

Dengan semakin bertambahnya kebutuhan air bersih di dunia, salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan air laut. Air laut merupakan sumber air terbesar di dunia dimana air laut menempati 70% permukaan bumi. Salah satu teknologi desalinasi air laut yang masih relatif baru adalah distilasi membran.

Distilasi membran memiliki beberapa keunggulan daripada distilasi konvensional. Metode ini temperatur yang lebih rendah dalam prosesnya, sehingga sumber panas untuk proses distilasi membran dapat memanfaatkan sumber geotermal maupun panas buangan dari proses lain suatu pabrik. Distilasi membran memiliki *driving force* berupa

panas, sehingga tekanan operasi relatif rendah dibandingkan *reverse osmosis* sehingga memerlukan biaya peralatan yang lebih murah (Souhaimi and Matsuura 2011).

Performa pada proses distilasi membran dapat dilihat dari nilai fluks massa permeat atau permeat yang dihasilkan per satuan luas membran dan satuan waktu. Fluks permeat pada distilasi membran dipengaruhi oleh banyak faktor, dimulai dari karakteristik membran seperti bahan membran, ketebalan membran, porositas membran, dan ukuran pori membran, hingga kondisi operasi seperti temperatur umpan dan permeat, maupun laju alir umpan dan permeat.

Pada penelitian sebelumnya, Osman dkk meneliti pengaruh temperatur umpan, laju alir umpan, laju alir permeat, dan konsentrasi garam pada umpan terhadap fluks massa permeat, sedangkan Francis dkk meneliti pengaruh temperatur umpan dan permeat terhadap fluks massa permeat dengan menggunakan berbagai macam membran.

Hingga saat ini, metode distilasi membran masih belum banyak digunakan, hal ini disebabkan karena masih belum ditemukannya kondisi proses yang optimal, dan membran paling baik yang digunakan (Prawira 2017).

Pada penelitian ini, akan dilakukan terlebih dahulu pemilihan model persamaan yang paling akurat untuk menghitung koefisien perpindahan massa pada membran dan fluks permeat dengan cara melakukan validasi terhadap hasil eksperimen pada literatur. Penelitian ini akan dilakukan dengan cara simulasi proses distilasi membran dengan konfigurasi *direct contact* untuk mengetahui pengaruh bahan membran, ketebalan membran, porositas membran, ukuran pori membran, temperatur umpan dan permeat, laju alir umpan dan permeat terhadap nilai fluks massa permeat.

## **1.2 Tema sentral masalah**

Model persamaan untuk menentukan koefisien perpindahan massa pada membran dan fluks permeat pada distilasi membran perlu ditentukan, sehingga dapat digunakan untuk menentukan pengaruh kondisi operasi dan karakteristik membran terhadap fluks permeat yang dihasilkan.

## **1.3 Identifikasi masalah**

1. Bagaimana pengaruh temperatur umpan terhadap fluks massa permeat?
2. Bagaimana pengaruh temperatur permeat terhadap fluks massa permeat?

3. Bagaimana variasi karakteristik membran (ketebalan, ukuran pori, porositas) terhadap fluks massa permeat?
4. Bagaimana pengaruh laju alir umpan terhadap fluks massa permeat?
5. Bagaimana pengaruh laju alir permeat terhadap fluks massa permeat?
6. Bagaimana pengaruh bahan membran terhadap fluks massa permeat?
7. Berapa prediksi biaya investasi modul distilasi membran untuk menghasilkan 500 kg/jam air?
8. Apa model yang paling cocok untuk menentukan koefisien perpindahan massa pada membran?

#### 1.4 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh temperatur umpan terhadap fluks massa permeat.
2. Mengetahui pengaruh temperatur permeat terhadap fluks massa permeat.
3. Mengetahui variasi karakteristik membran (ketebalan, ukuran pori, porositas) terhadap fluks massa permeat.
4. Mengetahui pengaruh laju alir umpan terhadap fluks massa permeat.
5. Mengetahui pengaruh laju alir permeat terhadap fluks massa permeat.
6. Mengetahui pengaruh bahan membran terhadap fluks massa permeat.
7. Memprediksi biaya investasi modul distilasi membran untuk menghasilkan 500kg/jam air.
8. Menentukan model yang paling cocok untuk menentukan koefisien perpindahan massa pada membran.

#### 1.5 Premis

**Tabel 1.1** Hasil penelitian tentang distilasi membran

No	Kondisi operasi eksperimen	Karakteristik membran	Hasil Percobaan	Referensi
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatur umpan : 18-45 °C</li> <li>- Laju alir umpan : 32,1-156 l/h</li> <li>- Laju alir permeat : 32,1-111 l/h</li> <li>- Konsentrasi NaCl : 2,5-10%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Polypropylene</i></li> <li>- Luas membran 0,1 m<sup>2</sup></li> <li>- ukuran pori 0,2µm</li> <li>- porositas 70%</li> <li>- ketebalan 120 µm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- temperatur umpan dan laju alir umpan tinggi ,fluks permeat yang dihasilkan semakin tinggi</li> <li>- Konsentrasi umpan dan laju alir rendah, fluks permeat yang</li> </ul>	(Osman, Masindi, and Abu-Mahfouz 2019)

			dihasilkan semakin rendah	
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variasi temperatur umpan : 40-80°C</li> <li>- Variasi temperatur permeat : 20 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PTFE:tebal 170µm, ukuran pori 0,26 µm, porositas 73%</li> <li>- PTFE : tebal 100 µm, ukuran pori 0,5 µm, porositas 68%</li> <li>- PP : tebal 160 µm, ukuran pori 0,55 µm, porositas 83%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Performa distilasi membran semakin baik jika membran semakin tipis</li> <li>- Temperatur umpan tinggi, fluks permeat tinggi</li> <li>- Temperatur permeat rendah, fluks permeat tinggi</li> </ul>	(Francis et al. 2014)
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatur umpan : 60 °C</li> <li>- Temperature permeat : 20 °C</li> <li>- Laju alir umpan : 0,15-0,55 m/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PTFE</li> <li>- Ketebalan 110 µm</li> <li>- Ukuran pori 0,22 µm</li> <li>- Porositas 83%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Semakin tinggi laju alir umpan maka fluks permeat akan semakin tinggi</li> </ul>	(Hwang et al. 2011)

### 1.6 Hipotesis

1. Semakin tinggi temperatur umpan akan menghasilkan fluks permeat yang semakin tinggi.
2. Semakin rendah temperatur permeat akan menghasilkan fluks permeat yang semakin tinggi.
3. Semakin besar ukuran pori membran fluks permeat yang dihasilkan akan semakin tinggi.
4. Semakin tebal membran yang digunakan fluks permeat yang dihasilkan akan semakin rendah.
5. Semakin tinggi laju alir umpan fluks permeat yang dihasilkan akan semakin tinggi.
6. Semakin tinggi laju alir permeat fluks permeat yang dihasilkan akan semakin tinggi.
7. Model yang paling tepat untuk digunakan adalah model oleh Lawal dan Khalifa.

### 1.7 Manfaat penelitian

1. Bagi industri

Penelitian ini diharapkan dapat membantu industri penyedia air bersih untuk mengembangkan teknologi desalinasi air laut dengan distilasi membran.

2. Bagi masyarakat

Penelitian ini diharapkan mampu membantu masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air bersih dari desalinasi air laut.

3. Bagi peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan baru bagi peneliti mengenai distilasi membran dan kondisi operasinya.