

SKRIPSI

**DESALINASI AIR PAYAU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MEMBRAN
ULTRAFILTRASI DENGAN SISTEM ALIRAN *DEAD-END* UNTUK
PENYEDIAAN AIR TAWAR**

**OLEH :
LALU ERWIN SUPRAYANTO
01.26.032**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**

3000

ИЗДАНИЕ ПЕРВОЕ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1910

ИЗДАТЕЛЬСТВО
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1910

ОТДЕЛ

ПУК

ОТДЕЛ

ИЗДАТЕЛЬСТВО

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1910

3000

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**DESALINASI AIR PAYAU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MEMBRAN
ULTRAFILTRASI DENGAN SISTEM ALIRAN *DEAD-END* UNTUK
PENYEDIAAN AIR TAWAR**

Oleh :

Lalu Erwin Suprayanto

0126032

**Menyetujui
Tim Pembimbing**

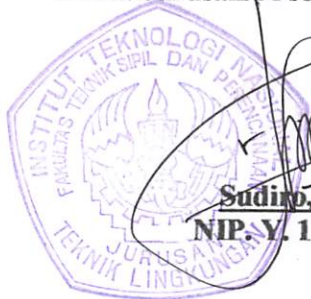
Dosen Pembimbing I

Candra Dwiratna W, ST, MT
NIP. P. 1030000349

Dosen Pembimbing II

Evy Hendriarianti, ST, MMT
NIP. P. 1030300382

**Mengetahui
Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan**



Sudiro, ST, MT
NIP. Y. 1039900327

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**DESALINASI AIR PAYAU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MEMBRAN
ULTRAFILTRASI DENGAN SISTEM ALIRAN *DEAD-END* UNTUK
PENYEDIAAN AIR TAWAR**

Oleh :

Lalu Erwin Suprayanto

0126032

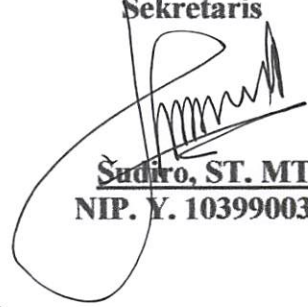
Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S1) pada tanggal 25 September 2008, dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik.

**Mengetahui
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi**

Ketua

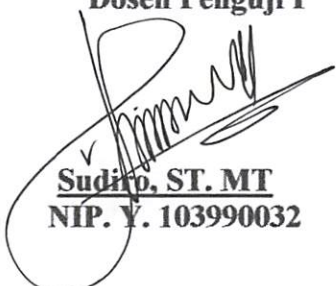

Ir. Agustina Nurul H., MTP
NIP. Y. 103900214

Sekretaris


Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I


Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 103990032

Dosen Penguji II


Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Sc
NIP. 131965844

KATA PENGANTAR

Penulis bersyukur atas Rahmat dan hidayah yang telah diberikan oleh Allah SWT sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul '**Desalinasi Air Payau Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Dengan Sistem Aliran *Dead-End* Untuk Penyediaan Air Tawar**' tepat pada waktunya.

Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Sudiro, ST.MT, selaku Ketua Jurusan dan sekaligus dosen pembahas I yang selalu menyediakan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya.
2. Ibu Candra Dwi ratna, ST.MT. selaku kepala Laboratorium lingkungan sekaligus dosen pembimbing II, sebagai dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya.
3. Ibu Evi Hendriarianti, ST.MMT selaku dosen pembimbing II, yang telah menyediakan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya.
4. Pak DR. Hery Setyobudiarso, MSi II, selaku dosen pembahas yang telah menyediakan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya.
5. Keluarga saya yang selalu mendukung dan menyayangi saya :
Ibu, bapak, m'yanti, tia. terimakasih.
6. Teman-teman TL'01 yang selalu menyemangati saya.

Dan akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya para rekan-rekan mahasiswa teknik Lingkungan ITN Malang

Malang, September 2008

Penulis

Lalu Erwin S

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan	.....	i
Abstraksi	.....	ii
Daftar Is	.....	iii
Daftar Tabel	.....	vii
Daftar Gambar	.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	.....	1
1.1. Latar Belakang	.....	1
1.2. Perumusan Masalah	.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	.....	3
1.4. Ruang Lingkup	.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	.....	4
2.1. Desalinasi	.....	4
2.2. Air Garam	.....	4
2.3. Salinitas	.....	6
2.4. Teknologi Membran	.....	7
2.4.1. Definisi	.....	7
2.4.2. Material Membran	.....	7
2.4.3. Membran Sellulose Asetat	.....	9
2.4.4. Bentuk Membran	.....	10
2.4.5. Struktur Membran Ultrafiltrasi	.....	13
2.4.6. Operasi Membran	.....	14
2.4.7. Proses Membran	.....	15
2.4.8. Fouling	.....	17
2.4.9. Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Membran	.....	21
2.4.10. Membran Ultrafiltrasi	.....	23
2.5. Kesadahan Total	.....	24
2.6. Metode Pengolahan Data	.....	24

2.6.1. Analisis Data Statistik Dalam Minitab	24
2.6.2. Statistika Deskriptif	25
2.6.3. Statistika Inferensi	25
2.6.4. Generalisasi dan kesimpulan analisa Data	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Umum	31
3.2. Kerangka Penelitian	31
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	33
3.3.1. Air Baku	33
3.3.2. Peralatan Penelitian	33
3.3.3. Parameter Penelitian	35
3.4. Variabel Penelitian	35
3.5. Tahapan Penelitian	35
3.6. Analisis Parameter Uji	36
3.7. Analisa Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Karakteristik Air Baku	38
4.2. Hasil Penelitian	39
4.3. Analisis Statistik	42
4.3.1. Analisis Deskriptif	42
4.3.1.1. Analisa Deskriptif Fluks	42
4.3.1.2. Analisa Deskriptif Salinitas	43
4.3.1.3. Analisa Deskriptif Kesadahan Total	46
4.3.2. Analisa Anova	49
4.3.3. Analisa BNT	52
4.3.3.1 Analisa BNT Salinitas	52
4.3.3.2 Analisa BNT Kesadahan Total	53
4.3.4. Analisa Korelasi	55
4.3.5. Analisa Regresi	58

4.4. Fenomena Fouling	66
4.5. Pembahasan Analisis Fluks	70
4.5.1. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Fluks Membran.....	71
4.5.2. Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Fluks Membran	72
4.6. Pembahasan Salinitas	73
4.6.1. Pengaruh Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap Persen Rejeksi Salinitas	74
4.7. Pembahasan Kesadahan Total	76
4.7.1. Pengaruh Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap Persen Rejeksi Kesadahan Total	76
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1. Kesimpulan	79
5.2. Saran	79

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR TABEL

2.1. Air Garam	5
4.1. Karakteristik Air Baku	38
4.2. Hasil Perhitungan Fluks Membran Pada Berbagai Tekanan	39
4.3. Nilai Konsentrasi Akhir Salinitas	40
4.4. Nilai Konsentrasi Akhir Kesadahan Total	41
4.5. Hasil Pengamatan Suhu dan pH Pada Berbagai Tekanan	42
4.6. Nilai % Rejeksi Salinitas Pada Berbagai Tekanan Selama Waktu Operasi	45
4.7. Nilai % Rejeksi Kesadahan Total Pada Berbagai Tekanan Selama Waktu Operasi	48
4.8. Hasil Uji Anova	50
4.9. Perlakuan Dua Arah Terhadap Nilai Konsentrasi Akhir Salinitas	52
4.10. Analisa Sidik Ragam	52
4.11. Output Hasil Uji BNT salinitas	52
4.12. Output Hasil Uji BNT salinitas	53
4.13. Perlakuan Dua Arah Terhadap Nilai Konsentrasi Akhir Kesadahan	52
4.14. Analisa Sidik Ragam	52
4.15. Output Hasil Uji BNT Kesadahan Total	52
4.16. Hasil Uji Korelasi	55
4.17. Hasil Uji Regresi	59
4.18. Hasil Uji Anova Regresi	64

DAFTAR GAMBAR

2.1. Bentuk Membran Flat Sheet	11
2.2. Modul Membran Hollw Fiber	11
2.3. Modul Membran Spiral Wound	12
2.4. Modul Membran Tubular	13
2.5. Mekanisme Perpindahan Material Dalam Membran	15
2.6. Resistensi Membran terhadap Transport Massa Pada Membran Berpori	18
2.7. Peristiwa Polarisasi Pada Membran	19
2.8. Peristiwa Bloking Pada Pori Membran	20
3.1. Bagan Kerangka Penelitian	32
3.2. Wadah Air Baku	33
3.3. Wadah Permeat	33
3.4. Modul Membran Dan Membran Ultrafiltrasi	34
4.1. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap Fluks Yang Dihasilkan	43
4.2. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap Angka Salinitas Yang Dihasilkan	44
4.3. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap % Rejeksi	46
4.4. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap Konsentrasi Akhir Kesadahan Total Yang Dihasilkan	47
4.5. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap % Rejeksi Kesadahan Total	49
4.6. Waktu Terjadinya Fouling Pada Tekanan 1 Bar Pada Proses Rejeksi Salinitas	67
4.7. Waktu Terjadinya Fouling Pada Tekanan 2 Bar Pada Proses Rejeksi Salinitas	68
4.8. Waktu Terjadinya Fouling Pada Tekanan 3 Bar Pada Proses Rejeksi Salinitas	68

4.9. Waktu Terjadinya Fouling Pada Tekanan 1 Bar Pada Proses	
Rejeksi Kesadahan Total	69
4.10. Waktu Terjadinya Fouling Pada Tekanan 2 Bar Pada Proses	
Rejeksi Kesadahan Total	69
4.11. Waktu Terjadinya Fouling Pada Tekanan 3 Bar Pada Proses	
Rejeksi Kesadahan Total	70

LEMBAR PERSETUJUAN MENGIKUTI UJIAN SKRIPSI

SKRIPSI

**DESALINASI AIR PAYAU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MEMBRAN
ULTRAFILTRASI DENGAN SISTEM ALIRAN *DEAD-END* UNTUK
PENYEDIAAN AIR TAWAR**

Oleh:

Lalu Erwin Suprayanto

(0126032)

Disetujui untuk mengikuti ujian skripsi yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik
Lingkungan ITN Malang


Menyetujui :

Dosen pembimbing I



Candra Dwi Ratna W. ST. MT
NIP. Y. 1030000349

Dosen Pembimbing II



Evy Hendriarianti, ST.MT
NIP. Y. 1030300382

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SEMINAR SKRIPSI

SKRIPSI

**DESALINASI AIR PAYAU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MEMBRAN
ULTRAFILTRASI DENGAN SISTEM ALIRAN *DEAD-END* UNTUK
PENYEDIAAN AIR TAWAR**

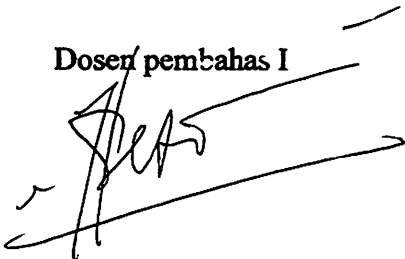
Oleh:

Lalu Erwin Suprayanto
(0126032)

Telah diperbaiki dan disempurnakan sesuai dengan berita acara perbaikan pada seminar skripsi yang diselenggarakan pada tanggal 17 September 2008, oleh
Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang

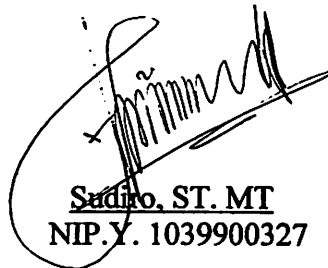
Menyetujui :

Dosen pembahas I



DR. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi
NIP. 131965844

Dosen Pembahas II



Sudiro, ST. MT
NIP.Y. 1039900327

ABSTRAK

Suprayanto, Lalu Erwin.2008., Candra Dwi Ratna., Evy Hendriarianti **Desalinasi Air Payau Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Dengan Sistem Aliran *Dead End* Untuk Penyediaan Air Tawar.** Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

Air merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting dan komponen penunjang dalam kehidupan sehari – hari. Kebutuhan akan penyediaan air semakin meningkat, namun hal ini tidak sejalan dengan ketersediaan air yang sumber - sumbernya semakin langka ditemukan dan eksploitasinya yang tidak sejalan dengan upaya pelestarian lingkungan. Pada daerah pesisir pantai, kebutuhan akan air menjadi masalah yang rumit karena sumber mata air banyak yang terintrusi air laut dan jauhnya sumber mata air tawar dari pemukiman. Salah satu sumber air yang potensial untuk memberikan pasokan air tawar bagi penduduk yang bermukim disekitar pesisir pantai adalah air payau dari muara disekitar pantai. Namun masalah utama dalam pemanfaatan air payau adalah tingginya kadar garam dan material terlarut yang menyebabkan air berasa asin.

Dalam penelitian ini, air payau akan didesalinasi secara fisis dengan metode filtrasi menggunakan teknologi membran untuk menurunkan kandungan garam. Selain itu diharapkan dengan teknologi ini dapat menurunkan kesadahan total. Membran yang digunakan adalah membran ultrafiltrasi dengan sistem pengaliran *Dead End*. Pada saat operasi membran, variasi perlakuan antara lain variasi tekanan yaitu 1 bar, 2 bar, 3 bar dan juga lama pemakaian membran yaitu tiap 10 menit selama 70 menit waktu operasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk proses desalinasi air payau. Nilai fluks tertinggi dicapai pada variasi perlakuan tekanan 3 bar menit ke-70 sebesar 9300 L/m².jam. Tekanan yang besar akan menghasilkan fluks yang semakin besar pula, namun waktu operasi yang lama justru akan menurunkan fluks yang dihasilkan. Persen rejeksi tertinggi untuk salinitas adalah sebesar 37 % pada variasi tekanan 3 bar menit ke-70 dengan nilai konsentrasi 6,30 ‰, sedangkan nilai persen rejeksi tertinggi untuk Kesadahan Total adalah sebesar 75,55% pada variasi tekanan 3 bar menit ke-70 dengan nilai konsentrasi 155,64 mg/l. Tekanan yang semakin besar akan menghasilkan nilai persen rejeksi yang semakin besar pula, namun waktu operasi yang lama tidak menutup kemungkinan akan menurunkan persentasi rejeksi karena terjadinya proses fouling.

Kata kunci : *Dead End*, Desalinasi, Membran Ultrafiltrasi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting dan komponen penunjang dalam kehidupan kita sehari-hari. Karena keberadaannya yang sangat penting tersebut, maka berbagai usaha dilakukan untuk memperolehnya dengan memanfaatkan air dari berbagai sumber, baik itu air sungai, danau, muara maupun laut, bahkan air hujan.

Menurunnya ketersediaan air bersih adalah masalah yang kerap ditemukan karena sumber air bersih baru sangat sulit ditemukan dan eksploitasinya bertabrakan dengan upaya pelestarian lingkungan. Banyak ditemukan diberbagai daerah, terutama masyarakat yang tinggal didaerah pesisir, memanfaatkan air payau maupun air laut untuk memenuhi kebutuhan sehari – hari.

Masalah penyediaan air tawar ini semakin rumit karena disebabkan beberapa faktor diantaranya yaitu rembesan air laut ke pusat mata air disekitar daerah pesisir dan jauhnya jarak sumber mata air tawar dari pemukiman. Umumnya masyarakat membuat sumur dangkal atau menampung air hujan. Namun di beberapa daerah telah disediakan unit pengolahan air payau untuk penyediaan air tawar yang sumbernya berasal dari air muara itu sendiri.

Alat pengolah air payau ada banyak dan bermacam – macam. Untuk mengolah air payau dikenal dengan cara destilasi, pertukaran ion, elektrodialisis dan Reverse Osmosis (RO). Diantara beberapa macam teknologi desalinasi tersebut yang paling sering digunakan adalah teknologi destilasi dan reverse osmosis. Teknologi destilasi umumnya dipakai di tempat yang mempunyai energi terbuang (pembakaran gas minyak dan kilang minyak), sehingga dapat menghemat biaya operasi dan skala produksinya besar. Sedangkan teknologi reverse osmosis banyak dipakai dalam skala yang lebih kecil dengan kecepatan produksi air yang lebih tinggi sehingga dirasakan lebih efektif.

Pemakaian teknologi berbasis membran saat ini terlihat semakin menarik sebagai alternatif pengganti proses – proses konvensional. Proses pengolahan air payau berbasis teknologi membran antara lain Reverse Osmosis, Nanofiltrasi, Ultrafiltrasi. Reverse Osmosis merupakan teknologi yang paling banyak digunakan untuk desalinasi tetapi merupakan teknologi yang sangat mahal. Reverse osmosis sering digabungkan dengan nanofiltrasi, sedangkan ultrafiltrasi secara teori dapat diaplikasikan untuk desalinasi air payau ataupun air laut.

Ultrafiltrasi mempunyai bidang penerapan yang luas dalam teknologi membran. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Mahmud (2002) juga menunjukkan bahwa membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk mengolah air gambut menjadi air minum. Dan penelitian yang dilakukan oleh Nur Hapsari (2002) menunjukkan bahwa membrane ultrafiltrasi dapat digunakan untuk merejeksi kadar ion-ion logam dalam suatu larutan, salah satu diantaranya adalah ion logam kromium (Cr) dengan koefisien rejeksi tanpa pretreatment mencapai 98,6%.

Penelitian ini dilakukan untuk menguji apakah membran ultrafiltrasi dapat digunakan sebagai alternatif teknologi desalinasi air payau dan juga untuk mengetahui pengaruh tekanan pompa dan waktu pemakaian membran terhadap kinerja membran dalam hal ini kuantitas (fluks) dan kualitas (%rejeksi) yang di hasilkan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, penulis merumuskan beberapa pokok masalah sebagai berikut :

1. Sejauh mana membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk desalinasi air payau.
2. Berapakah tekanan pompa dan waktu optimum dalam kurun waktu operasi pemakaian membran yang dapat menghasilkan fluks tertinggi.

3. Berapakah tekanan pompa dan waktu optimum dalam kurun waktu operasi pemakaian membran yang dapat memperoleh persentase rejeksi membran terbesar.

1.3. Tujuan Penelitian

Berangkat dari rumusan masalah di atas, maka penulis menentukan tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kemampuan membran ultrafiltrasi dalam proses desalinasi air payau.
2. Menentukan tekanan pompa dan waktu optimum dalam kurun waktu operasi pemakaian membran yang dapat menghasilkan fluks tertinggi.
3. Menentukan tekanan pompa dan waktu optimum dalam kurun waktu operasi pemakaian membran yang dapat memperoleh persentase rejeksi membran terbesar.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi :

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Penelitian menggunakan sampel asli.
3. Penelitian dilakukan secara kontinyu.
4. Parameter utama yang diukur adalah salinitas, kesadahan total.
5. Parameter tambahan yang diukur adalah pH dan suhu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1.Desalinasi

Desalinasi adalah proses pengenyahan garam dari dalam air asin atau tanah. Desalinasi air payau dapat dilakukan baik dengan proses osmosis balik, destilasi maupun dengan penyulingan. Selain itu desalinasi air biasanya dilakukan dengan penggelontoran dengan air tawar (<http://www.wikipedia.org/wik/desalinasi>).

Diantara beberapa macam teknologi desalinasi tersebut yang paling sering digunakan adalah teknologi destilasi dan proses osmosis balik. Teknologi destilasi umumnya dipakai ditempat yang mempunyai energi terbuang (misal, pembakaran gas minyak dan kilang minyak), sehingga dapat menghemat biaya operasi dan skala produksinya besar. Sedangkan teknologi osmosis balik banyak dipakai dalam skala yang lebih kecil dengan kecepatan produksi air yang lebih tinggi sehingga dirasakan lebih efektif (www.bppt.go.id).

Akan tetapi kedua proses desalinasi diatas terbentur biaya yang mahal dalam sistem operasinya. Penerapan sistem desalinasi dengan menggunakan membran ultrafiltrasi diharapkan dapat dijadikan solusi dari kendala mahalnya biaya operasional tersebut, yang dimana dalam proses operasinya tidak memerlukan energi yang besar, waktu operasi yang singkat, dan penggunaan reaktor membran yang dapat dimodifikasi juga sangat membantu.

2.2.Air Garam

Semua air alami mengandung garam – garam terlarut dalam konsentrasi yang rendah maupun konsentrasi yang tinggi, kecuali air hujan yang mengandung sedikit beban garam dari asalnya dalam udara.

Air garam (saline water) adalah polutan yang umumnya didapatkan pada air tanah. Intrusi air garam terjadi ketika air garam tersebut menggantikan tempat atau bercampur dengan air tawar didalam air tanah. Pada air yang dalam, air garam berasal dari susunan geologi secara alamiah yang terdorong ke permukaan. Sedangkan pada air dangkal, air garam dapat berasal dari air

buangan yang dibuang di permukaan yang merembes ke dalam tanah dan dari air laut pada akifer didekat pantai.

Air garam di dalam akifer tanah kemungkinan dapat terjadi karena :

- Pengaruh air laut di daerah pantai
- Air laut yang masuk ke dalam akifer dalam peristiwa geologi pada masa yang lalu
- Air yang terkonsentrasi oleh penguapan di kolam – kolam pasang surut, tambak – tambak air garam, atau tempat – tempat tertutup lainnya
- Aliran kembali dari daerah irigasi ke sungai – sungai
- Buangan air garam dari manusia.

Adapun sumber – sumber air yang memiliki kandungan garam lebih dari kandungan normal yaitu :

Tabel 2.1 Air Garam

Jenis Air	Kandungan Garam (g/l)
Air Payau	Maksimal 10
Air Laut	Maksimal 50
Konsentrasi dari instalasi pengolahan air	Maksimal 250
Buangan dari scrubber pada proses desulfurisasi dalam cerobong gas	Maksimal 40
Buangan air dari menara pendingin	Maksimal 5
Buangan dari penggunaan air industri	Maksimal 50
Air limbah/tinja dari sumur tinja	Maksimal 40

Sumber : Heitmann 1990, dalam Ganjar Samudro 2005

Dari tabel 2.1 jelas terlihat bahwa air payau memiliki kandungan garam yang jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan air laut.

Air payau ditemukan di daerah-daerah muara dan memiliki keanekaragaman hayati tersendiri. Komposisi air payau dapat dilihat pada tabel berikut :

2.3.Salinitas

Secara ideal, salinitas merupakan jumlah dari seluruh garam-garaman dalam gram pada setiap kilogram air laut. Secara praktis sangat sulit untuk mengukur salinitas di laut, oleh karena itu penentuan harga salinitas dilakukan dengan meninjau komponen yang terpenting saja yaitu klorida (Cl). Kandungan klorida ditetapkan pada tahun 1902 sebagai jumlah dalam gram ion klorida pada satu kilogram air laut jika semua halogen digantikan oleh klorida. Penetapan ini mencerminkan proses kimiawi titrasi untuk menentukan kandungan klorida.

Salinitas ditetapkan pada tahun 1902 sebagai jumlah total dalam gram bahan-bahan terlarut dalam satu kilogram air laut jika semua karbonat dirubah menjadi oksida, semua bromida dan yodium dirubah menjadi klorida dan semua bahan-bahan organik dioksidasi. Selanjutnya hubungan antara salinitas dan klorida ditentukan melalui suatu rangkaian pengukuran dasar laboratorium berdasarkan pada sampel air laut di seluruh dunia dan dinyatakan sebagai:

$$S (\text{‰}) = 0.03 + 1.805 \text{ Cl } (\text{‰})$$

Lambang ‰ (dibaca per mil) adalah bagian per seribu. Kandungan garam 3,5% sebanding dengan 35‰ atau 35 gram garam di dalam satu kilogram air laut. Persamaan tahun 1902 di atas akan memberikan harga salinitas sebesar 0,03‰ jika klorinitas sama dengan nol .

Pada tahun 1969 UNESCO memutuskan untuk mengulang kembali penentuan dasar hubungan antara klorinitas dan salinitas dan memperkenalkan definisi baru yang dikenal sebagai salinitas absolut dengan rumus:

$$S (\text{‰}) = 1.80655 \text{ Cl } (\text{‰})$$

Adapun nilai salinitas air berdasarkan persentase garam terlarut adalah sebagai berikut (<http://id.wikipedia.org/wik/salinitas>):

- a. Air tawar = < 0,05 ‰
- b. Air payau = (0,05 – 3) ‰
- c. Air laut = (3-5) ‰
- d. Brine = > 5 ‰

2.4. Teknologi Membran

2.4.1. Definisi

Kata membran berasal dari bahasa Latin "*membrana*" yang berarti potongan kain. Operasi membran dapat diartikan sebagai proses pemisahan dua atau lebih komponen dari aliran fluida melalui suatu membran. Membran berfungsi sebagai penghalang (Barrier) tipis yang sangat selektif diantara dua fasa, hanya dapat melewatkan komponen tertentu dan menahan komponen lain dari suatu aliran fluida yang dilewatkan melalui membran (Mulder, 1996)

Proses membran melibatkan umpan (cair dan gas), dan gaya dorong (driving force) akibat perbedaan tekanan (ΔP), perbedaan konsentrasi (ΔC) dan perbedaan energi (ΔE).

2.4.2. Material Membran

Material membran adalah bahan-bahan pembuat membran. Pada dasarnya banyak sekali material-material pembentuk membran. Material membran sangat memegang peranan penting bagi keberhasilan tujuan penggunaan membran. Hal ini disebabkan material membran menentukan tingkat selektifitas membran (tingkat rejeksi yang diinginkan).

Syarat-syarat yang harus dipenuhi material untuk proses pemisahan secara prinsip adalah (Artifiantinosa, 2004):

- a. Resisten terhadap bahan kimia umum.
- b. Stabilitas mekanis.
- c. Stabilitas terhadap suhu.
- d. Permeabilitas yang tinggi.
- e. Sifat retensi yang tinggi.
- f. Operasional stabil dan rendah biaya (ekonomis).

Macam-macam material yang terdapat di pasar membran adalah (Scott, 1995):

- a. Produk alami termodifikasi
 - Sellulosa asetat (CA), (Sellulosa-2-asetat, Sellulosa-2,5-diasetat).
 - Sellulosa asetobutyrat.
 - Sellulosa regenerat.
 - Sellulosa nitrat.

b. Produk sintetik

- Polyamide (PA : aromatic polyamide, copolyamide, polyamide hydrazide).
- Polybenzimidazole.
- Polysulphone (PS).
- Vinyl polymers.
- Polyfuran (PF).
- Polycarbonate (PC).
- Polyethylene (PE).
- Polypropilene (PP).
- PVA.
- Polyacrylonitrile.
- Polyether sulphone (PES).
- Polyolefins.
- Polyhydantoin.
- Silicone rubber.
- Polytetrafluoroethylene (PTFE).
- Polyvinylidene fluoride (PVDF).
- Nylon.

c. Miscellaneous

- Polyelectrolyte complex.
- Porous glass.
- Graphite oxide.

2.4.3. Membran Sellulose Asetat

Sellulose Asetat (CA) cukup banyak digunakan untuk membran ultrafiltrasi pada 1980 hingga 1990-an. Bahan ini terbuat dari cellulose diasetat dan cellulose triasetat. Peningkatan kandungan acetyl memberikan stabilitas kimia dan rejeksi garam yang baik namun memberikan penurunan fluks.

Ada beberapa keuntungan sellulose asetat sebagai berikut yaitu (IG Wenten, 1995) :

- a) Sifatnya merejeksi garam yang tinggi, kombinasi yang jarang ada pada material membrane lainnya.

- b) Relatif mudah untuk manufaktur.
- c) Bahan mentahnya merupakan sumber yang dapat dipernaharui.

Sedangkan kekurangan dari bahan ini antara lain :

- a) Memiliki range temperature yang sempit. Temperatur maksimum adalah 30⁰C. Temperatur yang tinggi akan mempercepat degradasi. Yang tidak menguntungkan dari hal tersebut adalah perolehan fluks dan sanitasi karena keadaan ini menguntungkan bagi pertumbuhan mikroba
- b) Memiliki range ph yang cukup pendek. Kebanyakan dibatasi ph 2-8.
- c) Resisitansinya lemah terhadap klorin, pada keadaan kontinu hanya tahan pada konsentrasi 1mg klorin /L. Oksidasi klorin terhadap selulosa asetat menyebabkan waktu operasi sangat sebentar.
- d) Selulosa asetat mengalami fenomena pematat yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan material lainnya yaitu secara gradual kehilangan properti membran (fluks) pada tekanan di saat waktu operasinya.
- e) Selulosa asetat sangat biodegradable yaitu sangat rentan terhadap mikroba yang terdapat di alam.

2.4.4. Bentuk Membran

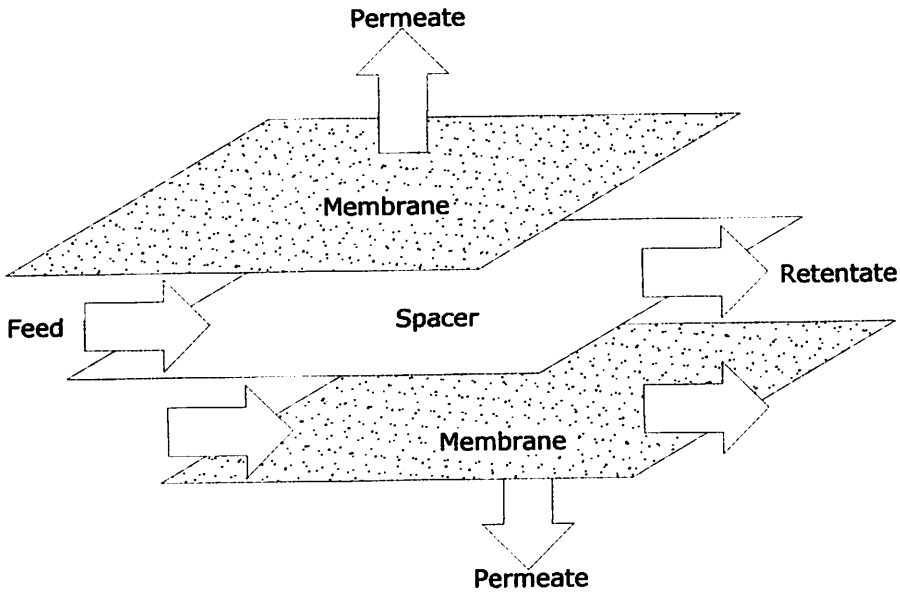
Bentuk membran yang bermacam-macam menghasilkan konfigurasi yang berbeda pada masing-masing bentuk. Bentuk membran kurang lebih ada lima (5) jenis, antara lain:

- a. Flat sheet
- b. Hollow fiber
- c. Spiral wound
- d. Tubular
- e. *Plate and frame*

a) *Flat sheet*

Bentuk membran menyerupai lembaran kertas tipis yang kecil. Pada umumnya ukuran membran yang dijual dipasaran memiliki ukuran 47 mm. Ketebalan dari membran ini berkisar 0,5-3,0 mm dengan densitas paking sekitar 100-400 m²/m³ (Citrasari, 2004). Air dilewatkan pada lapisan

membran yang terhubung, dimana lempeng akan memperkuat membran dalam menahan tekanan, selain itu juga menyediakan saluran *permeate* hasil saringan. Modul membran *flat sheet* diperlihatkan pada gambar 2.1.

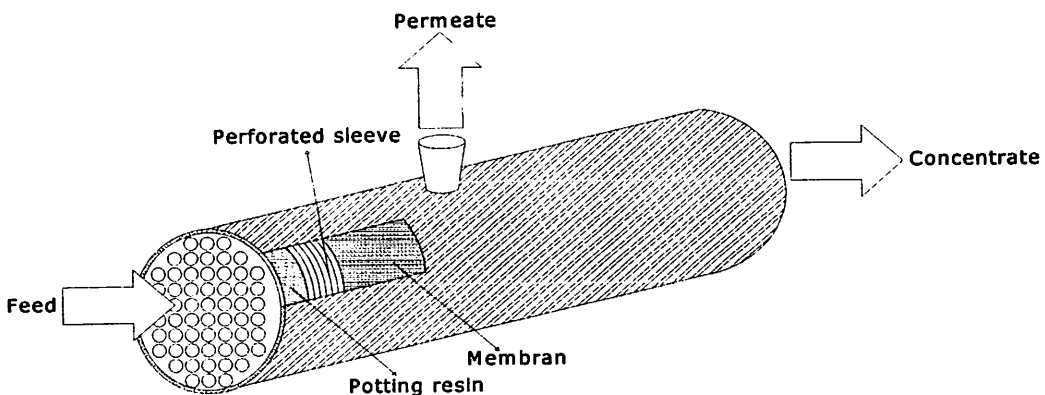


Gambar 2.1 Bentuk Membran *Flat Sheet*

(Sumber: Eckenfelder, 2000)

b) *Hollow fiber*

Membran berupa bundel atau ikatan ratusan hingga ribuan serat yang halus. Bundel tersebut diletakkan pada wadah atau tempat yang dapat menahan tekanan dari pompa. Arah alirannya bisa *in-outside* atau *out-inside flow*. Menurut Citrasari (2004) modul ini sangat padat dengan densitas paking mulai dari $1000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ pada modul UF dan lebih dari $10.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ pada modul RO. Modul membran *hollow fiber* diperlihatkan pada gambar 2.2.

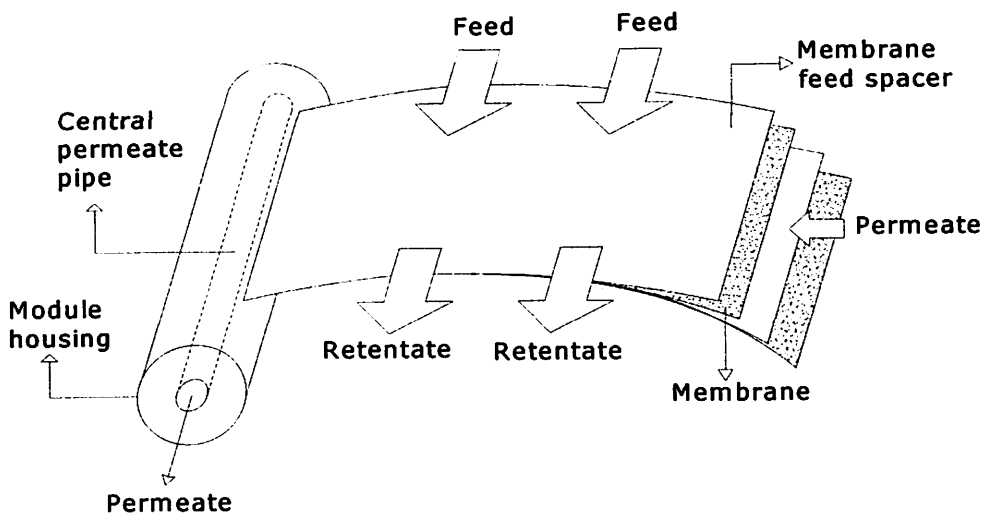


Gambar 2.2 Modul Membran Hollow Fiber

(Sumber: Ujang, 2004)

c) *Spiral wound*

Terdiri dari dua atau lebih membran *flat sheets* yang terletak diantaranya masing-masing adalah saluran *permeate* yang fleksibel. Sisi membran pertama dilekatkan pada pipa terperforasi, kemudian ditambahkan *feed spacer*, yang kemudian bersama-sama membran *flat-sheets* digulung (diputar) mengikuti diameter pipa. Pemasangan secara cermat dan seketat serta selekat mungkin. Aliran bergerak secara spiral mengikuti alur yang ada. Modul membran *spiral wound* diperlihatkan pada gambar 2.3.

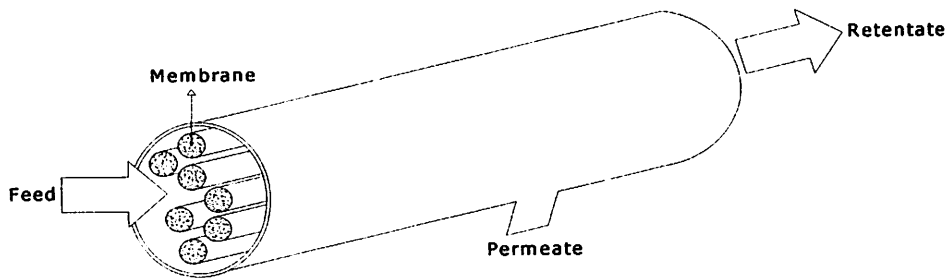


Gambar 2.3 Modul Membran Spiral Wound

(Sumber: Eckenfelder, 2000)

d) *Tubular*

Konfigurasi meletakkan membrannya di dalam tabung pendukung. Kemudian beberapa tabung yang berisi membran tersebut diletakkan lagi ke dalam wadah atau tabung penahan tekanan. Air baku dipompakan melewati saluran umpan dan air yang keluar dikumpulkan di bagian luar tabung. Modul jenis ini biasa digunakan untuk air baku dengan kandungan *suspended solid* yang tinggi. Bahan penyusunnya dapat berupa keramik, karbon dan sejumlah bahan palstik yang berlubang dengan diameternya dari 3,2 mm hingga 2,54 cm.



Gambar 2.4 Modul Membran Tubular
(Sumber: Eckenfelder, 2000)

e) *Plate and Frame*

Bentuk membran ini terdiri dari rangkaian beberapa membran *flat sheet* dengan lempeng pendukung. Air dilewatkan pada dua lapisan membran yang terhubung, dimana lempeng akan memperkuat membran untuk menahan tekanan dan juga menyediakan sauran *permeate* hasil saringan.

2.4.5. Struktur Membran Ultrafiltrasi

Proses ultrafiltrasi bekerja berdasarkan tekanan hidrostatik dengan tipe membrane, tipe membrane untuk ultrafiltrasi adalah simetrik dan asimetrik homogenous dan microporous dengan ketebalan umumnya kurang dari $1 \mu\text{m}$. Tipe asimetrik banyak digunakan pada membran komersial. Strukturnya adalah kulit tipis sekali dengan ketebalan $0,1-1 \mu\text{m}$. dan lapisan pendukung dengan struktur lapisan pori yang besar yang memiliki ketebalan $> 100 \mu\text{m}$. sehingga cocok untuk fluks air yang tinggi. Pada membran ini, tekstur pori yang halus, ukuran porinya terletak paling luar sehingga langsung bereaksi dengan air umpan. Hal ini disebut sebagai penyaringan oleh permukaan membran (*surface filtration*).

Struktur membran yang paling banyak dikembangkan dan divariasikan saat ini adalah tipe asimetrik. Asimetrik memiliki lapisan atas yang lebih *dense* (ukuran pori lebih kecil dan porositas permukaan lebih rendah) sehingga tekanan hidrodinamikanya akan lebih besar.

Asimetrik memiliki bentuk yang tidak seragam. Ukuran pori permukaan membran tidak merata dan tidak teratur sehingga menghasilkan ukuran pori dalam selang range tertentu. Untuk ultrafiltrasi biasanya range ukuran pori membran berkisar antara 50 – 100 nm. Struktur seperti ini menguntungkan dalam proses karena struktur ini akan menjebak partikel pada permukaan membrannya saja. Selain itu struktur ini memberikan resisten hidrodinamik yang cukup rendah dengan tekanan hidrodinamiknya tinggi, sehingga menghasilkan laju aliran *permeate* yang cukup tinggi.

2.4.6. Operasi Membran

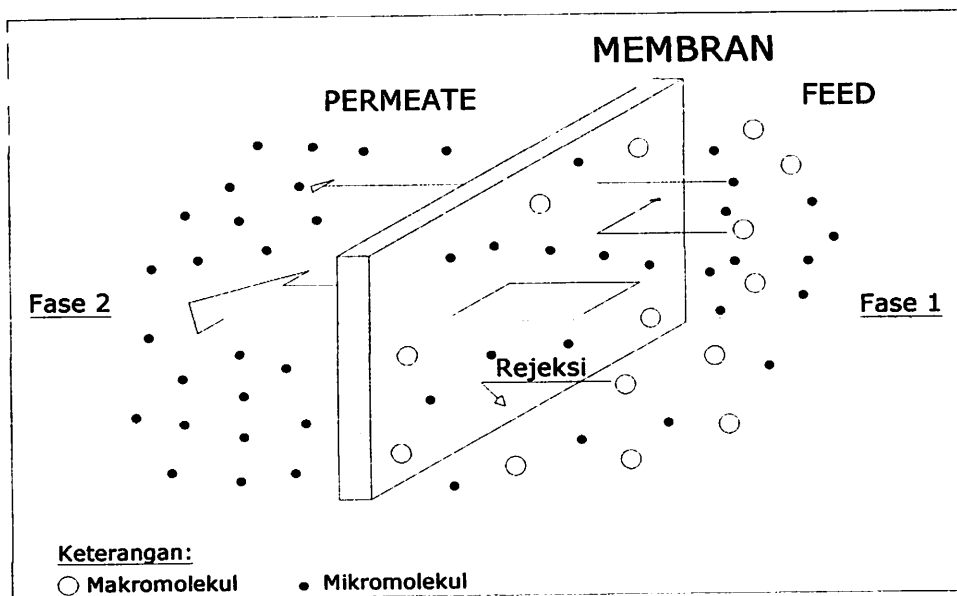
Dalam operasi membran dikenal dua jenis aliran umpan, yaitu aliran *cross-flow* dan aliran *dead-end*. Pada sistem *cross flow*, aliran umpan mengalir melalui suatu membran, dengan hanya sebagian saja yang melewati pori membran untuk memproduksi *permeate*, sedangkan aliran pelarut atau cairan pembawa akan melewati permukaan membran sehingga larutan, koloid dan padatan tersuspensi yang tertahan oleh membran akan terus terbawa menjadi aliran balik. Penurunan fluks oleh sistem ini menurun secara eksponensial dan tidak menurun secara cepat, seperti terlihat pada gambar 2.6.

Pada sistem *dead-end*, keseluruhan dari fluida melewati membran (sebagai media filter) dan partikel tertahan pada membran, dengan demikian fluida umpan mengalir melalui tahanan membran dan tahanan penumpukan partikel pada permukaan membran. Semakin lama fluks atau *permeate* akan turun hampir secara linear, seperti terlihat pada gambar 2.6. Dari gambar 2.6. juga terlihat bahwa, pada kasus sistem aliran *dead-end* penyumbatan (*clogging*) dan pembentukan cake pada membran lebih cepat terjadi dibandingkan dengan sistem aliran *cross-flow* karena deposisi partikel pada permukaan membran akan tersapu (*swept away*) oleh kecepatan aliran umpan. (Mallack et al., dalam <http://proceedings.itb.ac.id/download.php?file=A03014.pdf&id=57&up=3>).

2.4.7. Proses Membran

Mekanisme teknik proses pemisahan pada membran adalah perpindahan aliran fluida ataupun solute melalui membran proporsional dengan perbedaan tekanan (ΔP) pada permukaannya. Prinsip dasar proses membran untuk menahan partikel kontaminan adalah proses penyaringan. Penyaringan dapat dilakukan jika partikel kontaminan yang hendak kita sisihkan berukuran lebih besar dari ukuran pori-pori membran yang kita gunakan.

Peristiwa perpindahan material terjadi dari fase 1 ke fase 2. Sejumlah material yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pori membran mampu berpindah ke fase 2 melalui pori membran, sedangkan material yang lebih besar akan tertahan dipermukaan membran. Material yang tertahan dipermukaan membran secara tidak langsung akan menjadi media filter tambahan bagi membran, dimana material yang tertahan akan membentuk lapisan (*cake*) untuk menahan sejumlah material yang melewatinya. Lebih jelas mengenai peristiwa perpindahan material dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Mekanisme Perpindahan Material Dalam Membran
(Sumber: Mallevalle,1996)

Inti dari proses membran adalah laju aliran (fluks) dan selektivitas membran yang dinyatakan dalam koefisien rejeksi. Fluks adalah laju alir *permeate* per satuan luas membran. *Permeate* adalah air yang telah tersaring dari membran.

Rejeksi adalah fraksi kontaminan yang tertahan atau tersaring oleh membran, biasanya dalam bentuk persentase. Rejeksi sangat tergantung pada permeabilitas membran. Permeabilitas sendiri sangat tergantung pada pemilihan struktur, material dan bentuk modul membran. Rejeksi juga sangat ditentukan oleh ukuran dan bentuk pori sedangkan perpindahan pelarut ditentukan oleh beda tekan yang digunakan. Secara umum, fluks akan menentukan berapa banyak *permeate* yang dapat dihasilkan (kuantitas), sedangkan selektivitas berkaitan dengan kualitas *permeate*.

Laju aliran dan selektivitas juga menjadi parameter utama yang menentukan kinerja membran.

1. Laju Aliran (Fluks)

Fluks adalah jumlah volume *permeate* yang melewati satu satuan permukaan luas membran dengan waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Secara umum fluks dapat dirumuskan sebagai berikut (Mulder, 1996).

$$J_v = \frac{V}{A \times t} \dots\dots\dots(\text{persamaan 1})$$

Dimana:

J_v = fluks (L/m² jam)

V = volume *permeate* (Liter)

A = luas permukaan membran (m²)

t = waktu penyaringan (jam)

a) Masalah serius yang sering ditemui dalam proses ultrafiltrasi adalah kecenderungan terjadinya penurunan fluks sepanjang waktu pengoperasian akibat pengendapan atau pelekatan material di permukaan membran, yang dikenal dengan istilah *fouling*

2. Selektivitas

Selektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu lainnya. Selektivitas membran tergantung pada interaksi antar muka dengan spesi yang akan melewatinya, ukuran spesi dan ukuran pori permukaan membran.

Parameter yang digunakan untuk menggambarkan selektivitas membran adalah koefisien Rejeksi (R). Koefisien rejeksi adalah fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran, dan dirumuskan sebagai berikut (Mulder, 1996):

$$\%R = 1 - \left(\frac{C_p}{C_f} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(\text{persamaan 2})$$

Dimana:

%R = persentase rejeksi

C_p = konsentrasi *permeate*

C_f = konsentrasi umpan (*feed*)

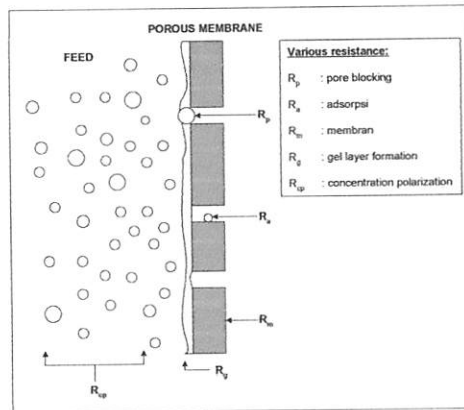
Dengan harga R berkisar antara 0 sampai 1. Jika harga R = 1 berarti zat kontaminan ditahan oleh membran secara sempurna.

2.4.8. Fouling

Seperti telah diketahui, pada proses penyaringan pada membran, air baku atau air umpan memiliki partikel-partikel kontaminan yang hendak ditahan oleh membran. Proses penahan partikel pada permukaan membran, akan menyebabkan terakumulasinya (deposisi) partikel kontaminan tersebut sehingga akan membentuk sebuah lapisan di atas permukaan. Peristiwa inilah yang disebut sebagai *fouling*.

Lapisan yang dibentuk oleh partikel kontaminan tersebut disebut *filter cake*. Ketebalan *filter cake* akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu, akibatnya laju aliran permeate akan semakin menurun karena meningkatnya resistensi *cake*. Wujud resistensi adalah pembentukan dari barrier tambahan pada permukaan membran.

Resistensi pada membran meliputi resistensi membran (R_m), resistensi adsorpsi (R_a), resistensi penutupan pori (R_p), resistensi *cake layer* atau *gel layer* (R_g) dan resistensi polarisasi (R_{cp}) (Mulder, 1996). Resistensi ini akan menghambat laju fluks, sehingga secara tidak langsung fluks akan menurun dan suhu meningkat. Semua jenis resistensi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.6.



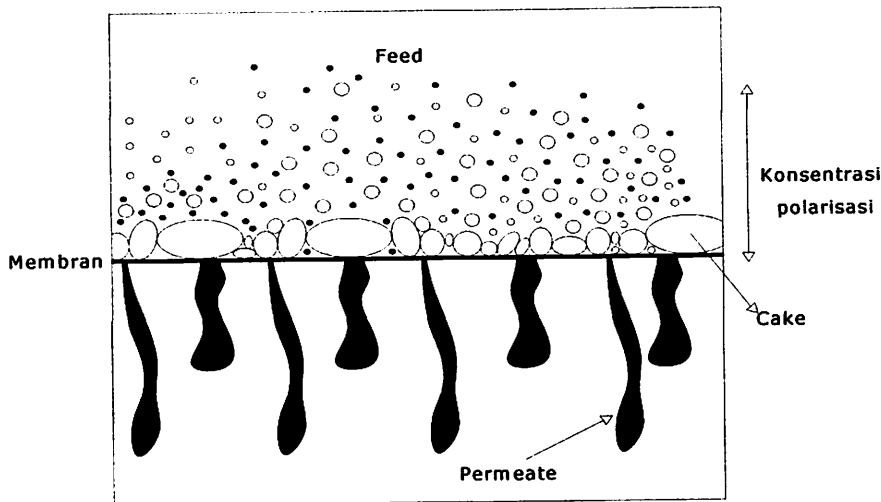
Gambar 2.6. Resistensi Membran Terhadap Transport Massa Pada Membran Berpori (Sumber: Mulder, 1996)

Proses terjadinya *fouling* pada membran meliputi tiga tahap antara lain (Citrasari, 2004):

▪ Tahap I

Polarisasi konsentrasi yaitu peningkatan lokal konsentrasi *solute* pada permukaan membran atau dapat juga diartikan sebagai akumulasi zat terlarut pada permukaan membran yang dapat kembali ke aliran umpan dengan cara difusi balik. Konsentrasi zat terlarut pada permukaan membran ini jauh lebih besar dari konsentrasi zat terlarut pada *permeate*.

Pada polarisasi konsentrasi ini fluks mengalami penurunan karena adanya peningkatan pada tahanan hidrodinamika pada lapisan batas serta akibat kenaikan tekanan osmotik lokal. Polarisasi konsentrasi merupakan peristiwa yang dapat dibalikkan (reversibel), karena efeknya dapat dikurangi dengan cara antara lain menurunkan tekanan operasi dan menurunkan konsentrasi umpan. Cara lain yang dapat digunakan untuk mengurangi polarisasi adalah dengan memodifikasi permukaan menjadi lebih hidrofilik, meningkatkan kecepatan aliran umpan (untuk *cross flow*), desain modul, dan lain-lain. Peristiwa polarisasi konsentrasi pada membran digambarkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Peristiwa Polarisasi Pada Membran
(Sumber: Citrasari, 2004)

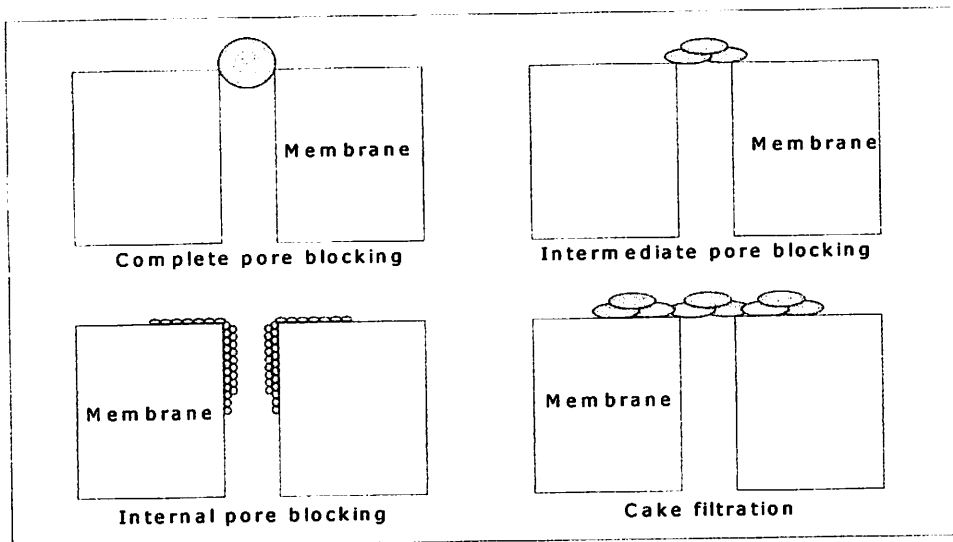
▪ Tahap II

Perpindahan *solute* dari permukaan membran ke dalam material membran, dalam hal ini adalah pori-pori membran, sehingga antara *solute* yang satu dengan *solute* yang lain benar-benar teradsorpsi atau melewati serangkaian langkah desorpsi atau adsorpsi yang reversibel dalam pori-pori membran.

▪ Tahap III

Pada tahap ini terjadi proses adsorpsi *solute* pada pori membran sehingga terjadi pemblokiran atau penyempitan ukuran pori membran. Ketiga tahap ini menyebabkan terjadinya *fouling* dan turunnya fluks *permeate*. Turunnya fluks *permeate* mungkin terjadi dalam satu atau beberapa tahap pada suatu sistem namun biasanya berlangsung cepat pada menit-menit awal operasi untuk kemudian diikuti dengan penurunan fluks secara perlahan.

Mekanisme penyumbatan atau penyempitan pori pada membran *fouling* diperlihatkan pada gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8 Mekanisme Bloking Pada Pori Membran
(Sumber: Jia-Shyan, 2003 dalam Citrasari, 2004)

Dari gambar 2.11 dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. *Complete Pore Bloking*

Jenis *fouling* seperti ini terjadi jika ukuran partikel *solute* tepat menyumbat lingkaran pori membran sehingga tertutup total.

b. *Intermediate Pore Bloking*

Jika ukuran *solute* lebih besar dari pori membran, maka partikel *solute* akan terakumulasi di permukaan membran sehingga pori membran akan terlapisi oleh hamparan-hamparan partikel tersebut.

c. *Internal Pore Bloking*

Terjadi jika ukuran partikel *solute* lebih kecil dari ukuran diameter pori membran sehingga terjadi penyempitan pori membran akibat teradsorpsi atau terdeposisinya partikel-partikel disekeliling bagian dalam pori membran. Penyempitan diameter pori-pori efektif menyebabkan tahanan membran naik.

d. *Cake Filtration*

Fouling jenis ini terjadi jika ukuran partikel-partikel *solute* sangat kecil dan memiliki sifat gel. Sifat-sifat gel jika berada dalam keadaan terakumulasi dapat membentuk *cake filtration*. *Cake filtration* dapat menaikkan tahanan hidraulik secara kontinyu.

Adsorpsi atau pengendapan material dalam pori-pori membran dapat menurunkan jari-jari pori. Adsorpsi sebagai mekanisme *fouling* terhadap membran mempunyai efek pada *permeate* fluks dengan permeabilitas berbeda. Membran *fouling* diidentifikasi dengan penurunan fluks *permeate* dan perubahan efisiensi penurunan atau penyisihan membran.

2.4.9. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Membran

Beberapa variabel penting mempengaruhi efisiensi dan fluks proses membran, pengaruh tersebut tergantung pada jenis air baku yang akan diproses. Faktor yang akan berpengaruh terhadap rejeksi dan fluks *permeate* selama proses adalah karakteristik membran, tekanan operasi, pH, konsentrasi umpan, temperatur operasi dan daya saing antar bahan. Berikut penjelasannya:

a) Karakteristik membran

Karakteristik membran meliputi material membran, tipe membran dan ukuran pori yang digunakan serta kondisi operasi (tekanan maksimum, *range* pH dan temperatur). Namun secara mendalam, kebanyakan pengertian karakteristik membran adalah dalam bentuk resisten atau permeabilitas membran. Permeabilitas ini diatur dengan formula yang terkait dengan fluks dan perbedaan tekanan (*Trans Membrane Pressure*) dan viskositas.

b) Tekanan operasi

Tekanan operasi mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap fluks membran. Tekanan operasi disini artinya adalah ΔP , beda tekanan yang dihasilkan antara tekanan operasi sebelum masuk membran dengan tekanan setelah keluar dari membran. Rata-rata dari tekanan inlet dan outlet dikurangi dengan tekanan pada ruang *permeate* dinamakan *Trans Membrane Pressure* (TMP). TMP inilah yang memegang peranan penting bagi laju *permeate* yang terjadi dari proses membran. Semakin tinggi TMP suatu membran, maka semakin tinggi pula fluks yang dihasilkan (*permeate*), namun hal ini tentu saja akan meningkatkan kemungkinan membran akan rusak lebih cepat disebabkan koyaknya membran akibat tekanan begitu besar.

c) pH

Penetrasi larutan melalui membran adalah dipaksakan tidak hanya melalui difusi tetapi juga melalui dissolusi larutan ke dalam membran. Tingkat dissolusi tergantung pada derajat ikatan hidrogen antara larutan dengan membran. Bila ikatan hidrogen meningkat, lebih banyak larutan yang masuk membran dan ini lebih banyak larutan yang diperoleh selama difusi. Dalam operasi membran pH optimum *feed* kurang lebih 4,7 dengan kisaran pada operasi 4,5 sampai 5,5.

d) Konsentrasi umpan (*feed*)

Konsentrasi umpan juga berpengaruh terhadap fluks membran dimana fluks meningkat menurut gradien konsentrasi. Walaupun membran sudah mampu merejeksi material *feed* yang masuk, namun hal ini akan mengakibatkan percepatan penyumbatan (*clogging*) sehingga akan menghasilkan fluks yang lebih kecil.

e) Temperatur operasi

Membran tidak merubah temperatur *permeate*. Temperatur *permeate* memiliki hubungan tegak lurus dengan temperatur *feed*. Peningkatan temperatur *feed* akan sangat meningkatkan permeabilitas air, sementara penyisihan hampir sama atau meningkat sedikit. Selain itu pula, kenaikan temperatur akan memberikan pengaruh kenaikan fluks dari *permeate*. Namun temperatur yang tinggi hingga 38°C akan merusak akurasi membran dan tidak dapat digunakan untuk pemakaian membran dalam periode yang lama.

f) *Suspended Solid* (SS) dan Molekul Organik

Ukuran partikel berperan dalam penentuan transport partikel menuju dan melewati membran. Bila partikel dipindahkan melalui membran, ukurannya akan menentukan bagaimana partikel masuk ke dalam pori membran dan apakah akan mempengaruhi resistensi hidrolis lapisan deposit. Sebagaimana dalam kasus ini bahan koloid, ukuran dan bentuk molekul organik akan penting dalam penentuan transport molekul masuk dan melewati membran dan ini juga penting untuk penetrasi kedalam pori membran.

Hubungan antara konsentrasi *suspended solid* dan laju alir *permeate* melalui membran menunjukkan bahwa fluks menurun dengan peningkatan konsentrasi *suspended solid*. Penurunan fluks disebabkan *fouling* pada membran.

2.4.10. Membran ultrafiltrasi

Proses membran Ultrafiltrasi (UF) merupakan upaya pemisahan dengan membran yang menggunakan gaya dorong beda tekanan sangat dipengaruhi oleh ukuran dan distribusi pori membran. Ukuran pori membrane ini berkisar antara $0,05 \mu\text{m}$ -1 nm. Membran UF merupakan membrane porous dimana rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran. Membran UF memiliki struktur yang asimetrik dengan lapisan atas yang lebih dense (ukuran pori lebih kecil dengan porositas permukaan lebih rendah) sehingga tahanan hidrodinamikanya lebih besar. Ketebalan lapisan membrane UF umumnya kurang dari $1 \mu\text{m}$ (Wenten,1999). Membran ini beroperasi pada tekanan antara 1-5 bar dan batasan permeabilitasnya adalah $10\text{-}50 \text{ l/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$. (Mallevalle, 1996)

Membran UF secara komersial biasanya dibuat dari material polimer dan teknik inverse fasa. Polimer yang umum digunakan antara lain adalah teknik inverse fasa. Polimer yang umum digunakan antara lain polisulfon, polietersulfon, polivinilidid flourida, poliakrinoritol, selulose asetat, dan sebagainya (Wenten,1999)

Terapan Teknologi Membran ini untuk dapat menghasilkan air bersih dengan syarat kualitas air minum. Air baku dimasukkan ke bejana yang berisi membran semipermeabel, dengan memberikan tekanan. Ini merupakan proses fisis yang memisahkan zat terlarut dari pelarutnya. Membran hanya dilalui pelarut, sedangkan terlarutnya, baik elektrolit maupun organik, akan ditolak (rejeksi), juga praktis untuk menghilangkan zat organik. Kontaminan lainnya seperti koloid akan tertahan oleh struktur pori yang berfungsi sebagai penyaring (sieve) molekul.

2.5.Kesadahan Total

Air sadah adalah air yang mengandung mineral dari kation logam bervalensi dua dalam jumlah yang berlebihan. Biasanya yang sering menimbulkan kesadahan adalah kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} , juga oleh Mn^{2+} dan Fe^{2+} .

Kesadahan dalam air sebagian besar berasal dari kontak air dengan tanah dan pembentukan batuan. Pada umumnya air sadah berasal dari daerah dimana lapisan atas tanah tebal dan ada pembentukan batu kapur.

Yang dimaksudkan dengan kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} secara bersama – sama. Berdasarkan peraturan MENTERI KESEHATAN RI NOMOR : 907/MENKES/SK/VII/2002. TANGGAL : 29 Juli 2002, untuk parameter kesadahan kadar maksimum yang diperbolehkan sebesar 500 mg/l.

2.6.Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Statistik merupakan salah satu metode analisis dalam penelitian yang hasil analisisnya dapat digunakan sebagai alat bantu mengambil suatu keputusan dalam suatu penelitian. Pada intinya, analisis data statistik berkaitan dengan konsep-konsep mengumpulkan, menyajikan dan menyorikan data. Hasil intepretasi analisis data statistik yang telah dilakukan akan membantu peneliti dalam mengambil suatu kesimpulan atas penelitian yang telah dilakukan. Metodologi statistik didasarkan pada proses analisisnya yang meliputi analisis deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi).

Pengolahan data secara statis membutuhkan ketelitian dan kesabaran yang cukup tinggi. Pekerjaan mengolah data statistik bisa dimudahkan dengan menggunakan program aplikasi untuk mengolah data statistik. Salah satu program aplikasi statistik adalah Minitab.

2.6.1. Analisis Data statistik Dalam Minitab

Minitab merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mempermudah pengolahan data statistik. Minitab dapat digunakan dalam pengolahan data statistik untuk tujuan sosial maupun teknik. Minitab menyediakan beberapa pengolahan data untuk melakukan analisis regresi,

membuat ANOVA, membuat alat pengendali kualitas statistika, membuat desain eksperimen, membuat peramalan dengan analisis time series, analisis reliabilitas, dan analisis multivariat, serta menganalisis data kualitatif (Iriawan dan Astuti, 2006)

2.6.2. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subyektif dalam pembuatan analisisnya.

Analisis statistik deskriptif menunjukkan ukuran kecenderungan pusat seperti rata-rata (Mean), median, Kuartil 1 (Q1), kuartil 3 (Q3), serta ukuran penyebaran data seperti standar deviasi (StDev) dan standar error of mean (SE Mean). Statistik deskriptif menyediakan pula informasi data tertinggi (Maksimum) dan terendah (Minimum) yang berguna untuk mengukur range sebagai ukuran penyebaran data.

Minitab menyediakan alat statistik untuk analisis deskriptif yaitu *Display Descriptive Statistic* yang merupakan sub menu dari menu utama yaitu *Basic Statistic* atau statistik sederhana (Iriawan dan Astuti, 2006)

2.6.3. Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisa data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan. Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih obyektif terutama dalam proses pengambilan keputusan yang ditunjang dengan adanya nilai tingkat kesalahan pengukuran. Statistik inferensi selanjutnya akan dijabarkan kembali ke dalam penaksiran titik dan penaksiran selang dari suatu nilai parameter dan juga pengujian hipotesis dari suatu masalah. Beberapa analisa yang terdapat dalam statistik inferensi adalah sebagai berikut :

1. Analisis korelasi

Untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel digunakan analisis korelasi. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan, terutama untuk data kuantitatif dinamakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan, meliputi kekuatan hubungan dan bentuk atau arah hubungan. Nilai hubungan berada pada selang tertutup (-1, 1). Untuk membaca besarnya derajat keeratan dari hubungan terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yakni :

- Melihat tanda dari derajat keeratan, positif atau negatif. Hubungan statistika kedua peubah akan negatif apabila salah satu variabel memiliki hubungan yang bertolakbelakang dengan peubah lainnya. Atau dengan kata lain, apabila nilai satu peubah membesar maka nilai peubah lainnya mengecil. Sedangkan hubungan statistika kedua peubah akan bernilai positif jika hubungan kedua peubah searah atau dengan kata lain apabila satu peubah nilainya membesar maka peubah lainnya ikut membesar dan sebaliknya.
- Melihat besarnya nilai derajat keeratan. Untuk membaca nilai dari derajat keeratan dapat digunakan klasifikasi hubungan statistika dua peubah menurut *Guilford* pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Koefisien Korelasi *Guilford*

Nilai Hubungan Statistika Dua Peubah	Keterangan
< 0,2	Tidak terdapat hubungan antara kedua peubah
Antara 0,2 s/d 0,4	Hubungan kedua peubah lemah
Antara 0,4 s/d 0,7	Hubungan kedua peubah sedang
Antara 0,7 s/d 0,9	Hubungan kedua peubah kuat
Antara 0,9 s/d 1	Hubungan kedua peubah sangat kuat

(Sumber : Soleh, 2005)

Sebagai catatan penting, nilai hubungan statistika dua peubah sama dengan '1' memiliki makna bahwa terdapat hubungan yang sempurna antara kedua peubah. Atau dengan kata lain, nilai suatu peubah dapat dengan tepat atau pasti dijelaskan oleh peubah lainnya. Lain halnya dengan nilai statistika dua peubah sama dengan '0' menunjukkan tidak adanya hubungan diantara kedua peubah atau terjadi hubungan nonlinier (Iriawan dan Astuti, 2006)

➤ Hipotesis.

Hipotesis hasil uji korelasi:

- H_0 = Tidak ada korelasi antarvariabel ($\rho = 0$).
- H_1 = Ada korelasi antara dua variabel ($\rho \neq 0$)

Dasar pengambilan keputusan:

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

➤ Input data dalam software Minitab 14 (Iriawan dan Astuti, 2006)

- a. Pilih basic statistic > Correlation
- b. Pada kotak dialog, klik dua kali pada semua variabel (variabel bebas dan variabel terikat)
- c. Untuk menampilkan p-value, pilih display p-value.
- d. Klik ok.

2. Analisis regresi

Analisis regresi adalah suatu analisa yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor, mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respons dan untuk memprediksi pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respons (Iriawan dan astuti, 2006).

Model regresi memiliki variabel prediktor atau variabel bebas (x) dan variabel respons atau variabel terikat (y). Kedua variabel dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika. Bentuk persamaan regresi secara umum adalah :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

Dimana :

Y = Variabel respons.

β_0 = Intersep (nilai Y ketika variabel bebas bernilai nol)

$\beta_1 \dots \beta_k$ = Parameter model regresi untuk variabel $X_1, X_2 \dots X_k$

$X_{1,2,\dots,k}$ = Variabel bebas

Pada analisis regresi juga diperlukan beberapa pengujian, yaitu :

- Uji F yang digunakan untuk mengetahui kelinieran model regresi.

Hipotesis:

$H_0 = Y$ tidak memiliki hubungan linier dengan X_1 dan X_2

$H_1 = Y$ memiliki hubungan linier dengan X_1 dan X_2

Pengambilan Keputusan :

Dengan membandingkan statistik F hitung dengan F tabel. Apabila F hitung $>$ dari F tabel, maka kesimpulannya adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima. Atau variabel Y (variabel terikat) dengan X (variabel bebas) mempunyai hubungan linier

- Uji T digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dari variabel bebas.

Hipotesis:

$H_0 =$ koefisien regresi tidak signifikan

$H_1 =$ koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan:

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung $<$ statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung $>$ statistik t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

- Input data dalam software Minitab 14 (Iriawan dan Astuti, 2006)

- a. Pilih stat $>$ Regression $>$ Regression
- b. Dalam Response, masukan variabel terikat dengan cara klik dua kali pada variabel terikat.
- c. Dalam Prediktor, masukan variabel bebas dengan cara klik dua kali pada semua variabel bebas.
- d. Klik option $>$ muncul kotak dialog option.

- e. Di bawah display, pilih variance inflation factors. (Untuk mengidentifikasi adanya multikolinier dalam model)
- f. Pada kotak dialog option, klik ok.
- g. Pada kotak dialog regression klik ok.

3. Analisis varian

Pengujian menggunakan analisa varian dalam statistika parametrik diantara kelompok yang saling memiliki perbedaan sebagai akibat adanya perlakuan dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA). Uji ini dilakukan berdasarkan distribusi nilai F.

Hipotesis hasil uji Two Way ANOVA:

- $H_0 =$ Rata-rata sampel perlakuan adalah identik.
($\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$)
- $H_1 =$ Rata-rata sampel perlakuan adalah tidak identik.
($\tau_i \neq 0$)

Dasar pengambilan keputusan:

Berdasarkan pada perbandingan F hitung dengan F tabel.

- Jika statistik hitung (angka F *output*) > statistik tabel (tabel F), H_0 ditolak.
 - Jika statistik hitung (angka F *output*) < statistik tabel (tabel F), H_0 diterima.
- Input data dalam software Minitab 14 (Iriawan dan Astuti, 2006)
- a. Pilih stat > ANOVA > Two-Way Anova.
 - b. Muncul kotak dialog Two-way Analysis of Variance.
 - c. Dalam Response, masukan variabel terikat dengan cara klik dua kali pada variabel terikat.
 - d. Dalam Prediktor, masukan variabel bebas dengan cara klik dua kali pada semua variabel bebas
 - e. Klik ok.

2.6.4. Generalisasi dan Kesimpulan Analisa Data

Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisa penelitian. Generalisasi yang dibuat harus berkaitan dengan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan.

Generalisasi ini dibuat setelah interpretasi data atau penemuan yang telah dilakukan. Setelah melakukan generalisasi, selanjutnya dibuat kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat (Hasan, M. Iqbal, 2002 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Secara garis besar, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk proses desalinasi air payau dengan tekanan dan waktu operasi yang bervariasi yang ditunjukkan dengan nilai fluks dan rejeksi yang tertinggi pada berbagai variasi penelitian.

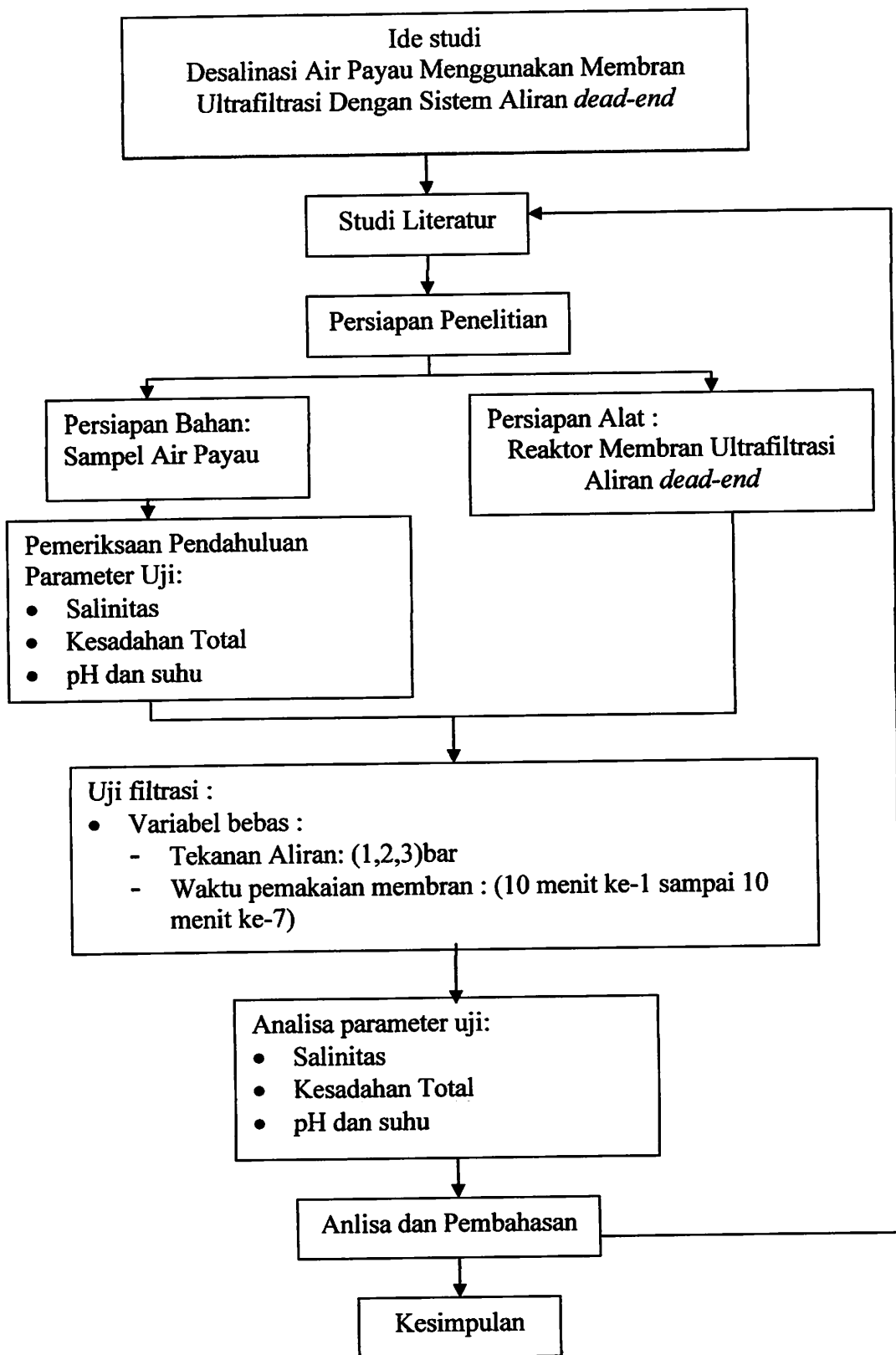
Adapun variasi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah variasi tekanan dan waktu dengan sistem pengaliran yang sama yaitu sistem pengaliran *dead-end*.

3.2. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian adalah acuan atau skema kerja yang akan dilaksanakan pada penelitian ini. Susunan kerja yang dilakukan dimulai dari persiapan alat dan bahan, analisis awal sampel air payau, uji filtrasi dengan menggunakan membran ultrafiltrasi aliran *dead-end*, analisa kualitas akhir sampel hasil penelitian, dan di akhiri dengan penyusunan laporan.

Tujuan yang ingin dicapai seperti yang dipaparkan sebelumnya adalah untuk mengetahui sejauh mana membran ultrafiltrasi dapat dipergunakan dalam proses desalinasi air payau, dan mencari variasi tekanan dan waktu optimum dalam kurun waktu operasi yang menghasilkan nilai fluks dan persen rejeksi tertinggi.

Adapun susunan dan skema kerja yang akan dilaksanakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Bagan Kerangka Penelitian

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Air Baku

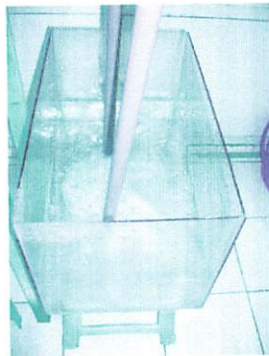
Air baku adalah air payau yang berasal dari kawasan pantai sendang biru dengan titik pengambilan sampel 200 meter dari Pantai Sendang Biru Kabupaten Malang.

3.3.2. Peralatan Penelitian

Alat adalah salah satu unsur penting untuk melakukan penelitian. Beberapa alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah bak penampung air baku, reaktor UF, membran, wadah penampung *permeate*.

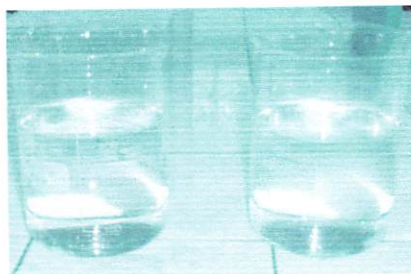
1. Wadah air baku

Wadah air baku terbuat dari kaca dengan volume ± 30 L.



Gambar 3.2. Wadah air baku

2. Wadah penampung *permeate* adalah *beaker glass* dengan ukuran daya tampung 1000 mL.



Gambar 3.3. Wadah *Permeate*

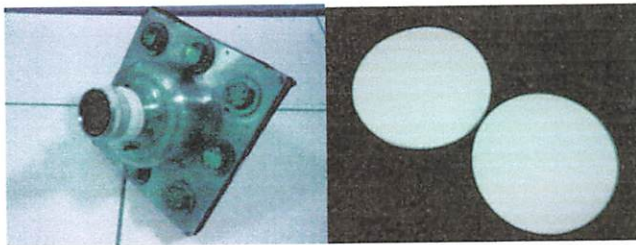
3. Rangkaian reaktor ultrafiltrasi

Terdiri dari beberapa komponen seperti :

- a. Pompa, dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Pompa air sumur dangkal dengan merk Big One, tipe AJ 250A.
 - Debit (Q) maksimum 40 l/menit.
 - Daya hisap 11 m.
 - Daya dorong 35 m.
 - Daya listrik 250 watt.
 - Diameter pipa *in* dan *out* 1".
- b. *Pressure gauge* berjumlah 2 buah untuk mengatur tekanan aliran.
- c. Valve berjumlah 2 buah untuk menagatur debit aliran air.
- d. Pipa PVC 0,5 inc sebagai pipa distribusi.

4. Membran ultrafiltrasi berbahan dasar Cellulose Asetat, dengan spesifikasi:

- Ukuran pori (0,002 – 0,05) μm
- Temperatur maksimum 80 °C.
- *Surface Area* : 0,001734 m²
- Tipe *flat sheet*.



Gambar 3.4. Modul membran dan membran UF

3.3.3. Parameter Penelitian

Penelitian ini, lebih dititikberatkan pada uji kemampuan membran UF dalam proses desalinasi air payau dengan sistem pengaliran dead-end dalam berbagai variasi tekanan operasi dan waktu operasi. Parameter yang digunakan adalah yang berhubungan dengan kuantitas hasil yaitu laju aliran dan kualitas hasil yaitu angka salinitas dan konsentrasi Kesadahan Total.

3.4. Variabel Penelitian

Adapun variabel penelitian secara kontinyu proses dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Variabel terikat
 - a) Fluks
 - b) Penurunan salinitas
 - c) Penurunan Kesadahan Total
2. Variabel bebas
 - a) Tekanan aliran : 1 bar, 2 bar, 3 bar.

Penentuan variasi tekanan aliran berdasarkan *range* tekanan untuk membran ultrafiltrasi yaitu 1-5 bar (Mallevalle,1996) dan kapasitas reaktor yang mencapai 4 bar.

- b) Waktu pemakaian operasi membran: selama 70 menit dengan pengambilan sample 10 menit ke-1 sampai dengan 10 menit ke-7.

Penentuan waktu operasi penggunaan membran berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah ada dan mempertimbangkan proses penelitian tanpa pretreatment.

3.5. Tahapan Penelitian

Pada awal tahap penelitian dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal air payau yang akan diolah. Parameter yang dianalisa adalah salinitas, Kesadahan Total, pH dan suhu.

Setelah dilakukan uji kualitas air awal, kemudian dilakukan proses filtrasi dengan menggunakan membran ultra filtrasi dengan tahapan proses sebagai berikut :

- Menyiapkan air payau yang akan di filtrasi dalam bak penampung (*feed*).
- Mengatur tekanan air yang disalurkan oleh pompa pada *valve* sesuai dengan variasi tekanan dan melihat nilai yang terukur pada *pressure gauge*.
- Melakukan proses filtrasi pada unit membran dan mengambil sampel tiap sepuluh menit, dimana proses penghitungan waktu dimulai setelah sampel air payau melewati membran dengan adanya tekanan aliran.
- Mengukur pH dan suhu tiap sampel yang diambil.
- Melakukan pergantian membran tiap variasi tekanan yang berbeda.
- Menganalisa parameter salinitas, kesadahan pada tiap sampel yang diambil.

3.6. Analisis Parameter Uji

Dari percobaan yang dilakukan, parameter utama yang diukur adalah salinitas, kesadahan dan parameter tambahan yaitu pH dan suhu.

Adapun analisa parameter uji dilakukan berdasarkan standar prosedur analisa yang terdapat pada Standard Methods (APHA,1998) dan Metode penelitian Air (Alaerts dan Santika, 1978), yaitu :

- Salinitas dengan metode Konduktometri.
- Kesadahan total dengan metode titrimetri.
- pH dengan pH meter.
- Suhu dengan alat thermometer.

3.7. Analisis Data

Data yang digunakan adalah dengan replikasi ($n = 2$). Data-data interval yang diperoleh, diolah dengan metode analisis deskriptif, analisis varian, uji korelasi dan regresi. Analisis deskriptif ditujukan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya. Analisis varian (Anova) untuk mengetahui apakah terdapat

perbedaan nyata atau tidak secara statistik antara dua variasi yang dilakukan (variasi waktu dan tekanan pompa) terhadap penurunan salinitas dan penurunan Kesadahan Total. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antar variabel bebas (tekanan dan waktu operasi) dan variabel terikat (fluks, penurunan salinitas, penurunan Kesadahan Total). Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas (tekanan dan waktu operasi) dapat memprediksi variabel terikat (fluks, penurunan salinitas, penurunan Kesadahan Total).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Air Baku

Air baku yang diambil, adalah jenis air payau yang berasal dari kawasan Pantai Sendang Biru- Kabupaten Malang. Adapun hasil analisis karakteristik air baku tersebut seperti yang terdapat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Air Baku

NO.	PARAMETER	SATUAN	HASIL	KEPMENKES NO. 907/MENKES/SK/ VII/2002	http://wikipedia.org
1.	Suhu	⁰ C	26.5	-	-
2.	pH	-	8.04	6.5 – 8.5	-
3.	Salinitas	(⁰ / ₀₀)	10	-	< 0,5 ⁰ / ₀₀
4.	Kesadahan total	mg/L	636,64	500	-

Sumber : Hasil Penelitian, 2008

Dari hasil analisa di atas menunjukkan bahwa kualitas air tersebut tidak memenuhi standar kualitas air minum. Hal ini dapat dilihat dari parameter Kesadahan total pada air baku sebesar 636,64 mg/L, melebihi batas maksimal kandungan Kesadahan total berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan NO. 907/MENKES/SK/VII/2002 untuk parameter Kesadahan total yaitu sebesar 500 mg/L. Untuk parameter salinitas, terlihat bahwa sampel air baku masuk dalam range salinitas untuk air payau 0,5 ⁰/₀₀ – 30 ⁰/₀₀, sehingga tidak dapat langsung digunakan layaknya air tawar, yang memiliki batas kandungan salinitas < 0,5 ⁰/₀₀ (<http://id.wikipedia.org/wiki/salinitas>).

4.2 Hasil Penelitian

Sampel air payau yang telah di ketahui karakteristiknya melalui uji awal kemudian dipersiapkan untuk diolah melalui proses filtrasi menggunakan teknologi membran, dalam hal ini membran ultrafiltrasi dengan sistem pengaliran dead-end.

Parameter yang menentukan kuantitas *permeate* yang dihasilkan dalam teknologi membran adalah laju aliran atau fluks.

Hasil perhitungan nilai fluks dan hasil pengukuran konsentrasi zat terlarut dalam *permeate* dapat dilihat pada tabel 4.2 sampai dengan tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Fluks Membran Pada Berbagai Tekanan

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Fluks (*)	Total fluks (**)
1	10	3570,00	7328,01
	20	1665,00	
	30	655,00	
	40	476,25	
	50	380,40	
	60	316,50	
	70	264,86	
2	10	6300,00	13279,52
	20	2374,50	
	30	1583,00	
	40	1178,25	
	50	790,20	
	60	625,00	
	70	428,57	
3	10	9300,00	20581,36
	20	3870,00	
	30	2500,00	
	40	1807,50	
	50	1386,00	
	60	1075,00	
	70	642,86	

Sumber : Hasil Penelitian,2008

Tabel 4.3 Nilai Konsentrasi Akhir Salinitas

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Salinitas (‰)¹⁾
1	10	9.30
	20	9.27
	30	9.26
	40	9.25
	50	9.23
	60	9.21
	70	9.15
2	10	8.30
	20	8.27
	30	8.25
	40	8.20
	50	8.18
	60	8.16
	70	8.15
3	10	7.70
	20	7.35
	30	6.90
	40	6.85
	50	6.80
	60	6.70
	70	6.30

Sumber: Hasil Penelitian, 2008

Tabel 4.4 Nilai Konsentrasi Akhir Kesadahan Total

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	kesadahan total (mg/l)
1	10	436.64
	20	425.40
	30	415.60
	40	410.50
	50	356.55
	60	345.45
	70	340.35
2	10	335.61
	20	331.45
	30	325.55
	40	305.10
	50	370.60
	60	255.10
	70	250.45
3	10	245.50
	20	241.60
	30	236.16
	40	230.40
	50	170.64
	60	165.32
	70	155.64

Sumber: Hasil Penelitian, 2008

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Suhu dan pH Pada Berbagai Tekanan

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Suhu Rata-rata (°C)		pH Rata-rata	
		Feed	Permeate	Feed	Permeate
1	10	20	22	7	8
	20	22	23	7	8
	30	23	24	7	8
	40	24	25	7	8
	50	25	26	7	8
	60	26	26	7	8
	70	26	27	7	8
2	10	22	23	7	8
	20	23	24	7	8
	30	24	25	7	8
	40	25	26	7	8
	50	26	27	7	8
	60	27	28	7	8
	70	28	28	7	8
3	10	22	24	7	8
	20	24	25	7	8
	30	25	26	7	8
	40	26	28	7	8
	50	28	29	7	8
	60	29	30	7	8
	70	30	32	7	8

Sumber: Hasil Penelitian, 2008

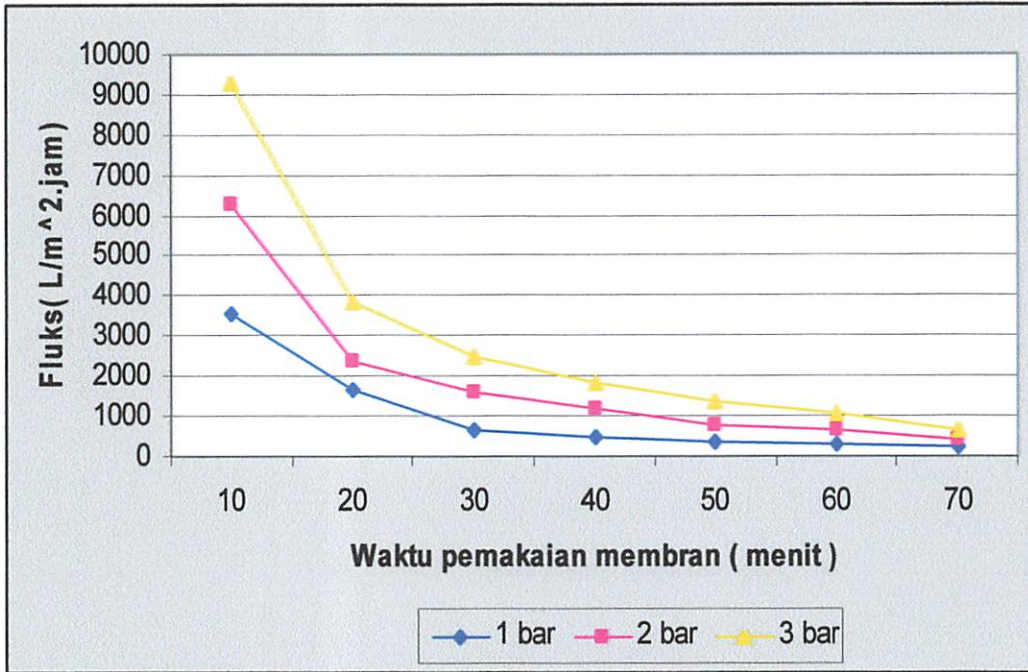
4.3 Analisis Statistik

4.3.1. Analisis Deskriptif

4.3.1.1. Analisis Deskriptif Fluks

Hasil perhitungan pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa fluks meningkat seiring bertambah besarnya tekanan. Namun fluks mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu operasi. Terjadi peningkatan nilai fluks yang signifikan dari tekanan 2 bar ke tekanan 3 bar, hal ini terlihat dari fluks total yang dihasilkannya. Fluks total yang dihasilkan tekanan 2 bar dan 3 bar berturut-turut ialah 13279,52L/m².jam dan 20581,36 L/m².jam, dimana mengalami peningkatan 7301,84 L/m².jam. Sedangkan pada tekanan 1 bar menghasilkan fluks total

sebesar 7328,01 L/m².jam yang mengalami peningkatan sebesar 5951,51 L/m².jam dari tekanan 2 bar. Hasil perhitungan pada tabel 4.2 diplotkan ke dalam grafik seperti pada gambar 4.1.



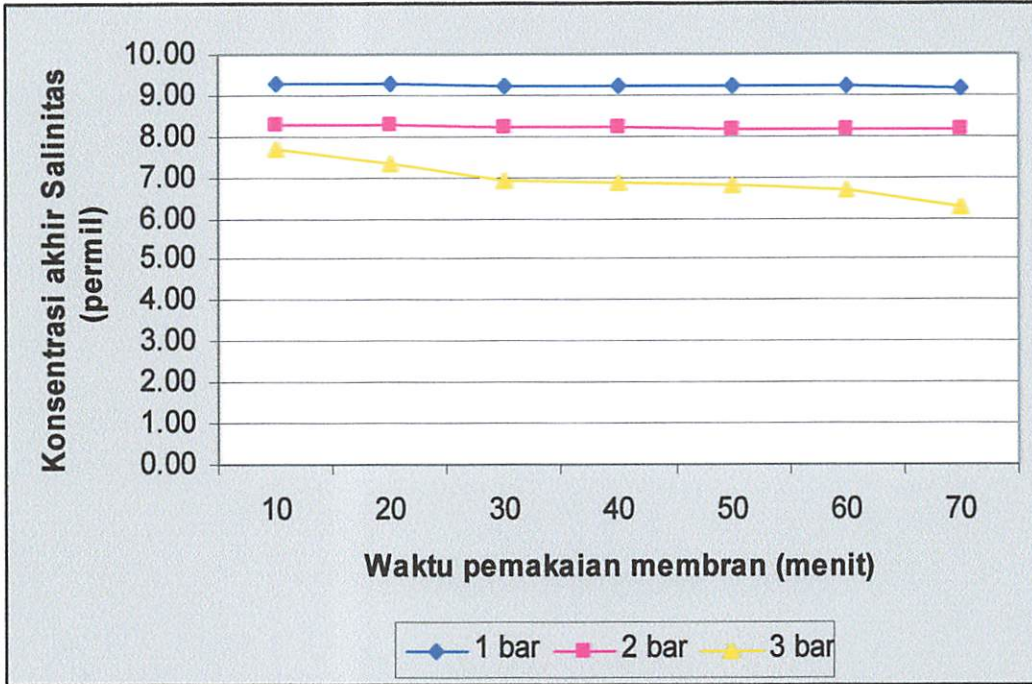
Gambar 4.1. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap Fluks Yang Dihasilkan

Gambar 4.1. menunjukkan bahwa nilai fluks yang tertinggi terjadi pada tekanan 3 bar, di mana pada menit ke-10 memiliki nilai 9300 L/m².jam dan pada menit ke-70 memiliki nilai 642,86 L/m².jam. Sedangkan nilai fluks yang terendah terjadi pada tekanan 1 bar, dimana pada menit ke-10 memiliki nilai 3570 L/m².jam dan pada menit ke-70 memiliki nilai 264,86 L/m².jam.

4.3.1.2. Analisis Deskriptif Salinitas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa angka salinitas menurun seiring dengan pertambahan waktu dan peningkatan tekanan. Hasil yang ditampilkan dari tabel 4.3. diplotkan dalam gambar grafik 4.2 berikut ini.

Gambar 4.2. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap Angka salinitas Yang Dihasilkan



Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.2 menunjukkan nilai konsentrasi akhir salinitas yang terendah terjadi pada tekanan 3 bar menit ke-70 yaitu 6,30⁰/₀₀. Sedangkan nilai konsentrasi akhir salinitas tertinggi terjadi pada tekanan 1 bar menit ke-10 yaitu 9,30⁰/₀₀.

Untuk mengetahui efisiensi membran dalam penyisihan salinitas berdasarkan variasi tekanan dan waktu operasi, maka dilakukan perhitungan persentase rejeksi (%R) membran. Perhitungan persentase rejeksi menggunakan persamaan 4-5 yaitu:

$$R = 1 - \left(\frac{C_p}{C_f} \right) \times 100\% \text{ (Mulder, 1996).....(4-5)}$$

Dimana:

%R = persentase rejeksi

C_p = konsentrasi *permeate*; C_f = konsentrasi umpan (*feed*)

Hasil perhitungan persentase rejeksi dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.6. Nilai %Rejeksi Salinitas Pada Berbagai Tekanan Selama Waktu Operasi

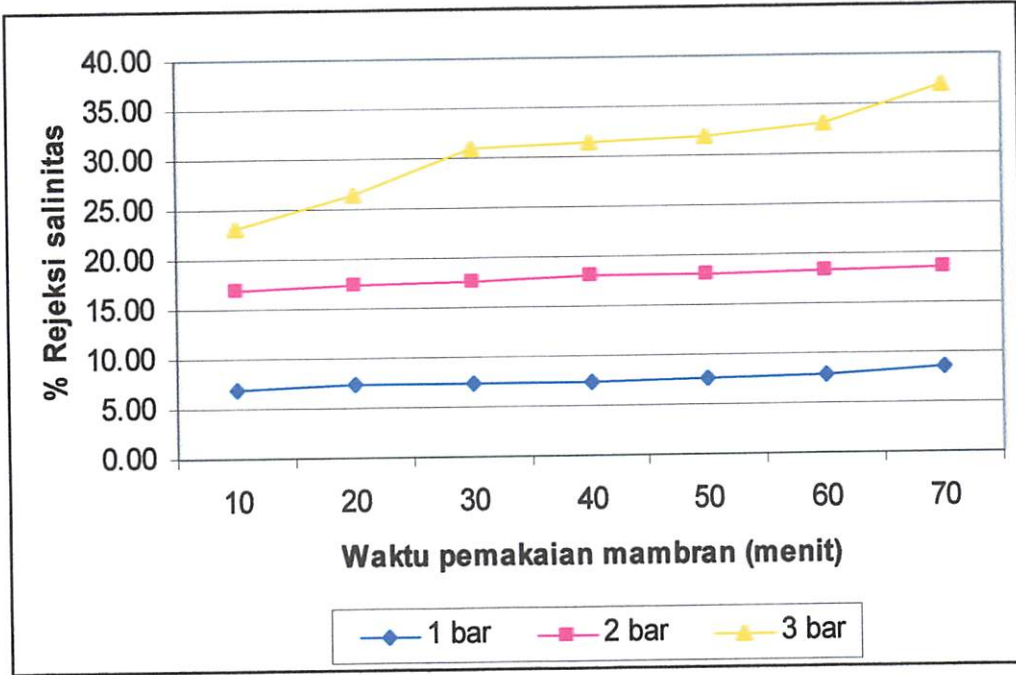
Tekanan (bar)	Waktu (menit)	%R Salinitas *) (%)
1	10	7.00
	20	7.30
	30	7.40
	40	7.50
	50	7.70
	60	7.90
	70	8.50
2	10	17.00
	20	17.30
	30	17.50
	40	18.00
	50	18.20
	60	18.40
	70	18.50
3	10	23.00
	20	26.50
	30	31.00
	40	31.50
	50	32.00
	60	33.00
	70	37.00

Sumber : Hasil Penelitian, 2008

*) : Nilai persen rejeksi salinitas rata-rata dari 2 replika data. (Data terlampir).

Berdasarkan tabel 4.6 diperoleh persentase rejeksi terbesar pada tekanan 3 bar menit ke-70 yaitu 37%, sedangkan persentase rejeksi terendah terjadi pada tekanan 1 bar menit ke-10 yaitu 7%. Tabel 4.6 diplotkan ke dalam bentuk grafik garis yang dapat dilihat pada gambar 4.3.

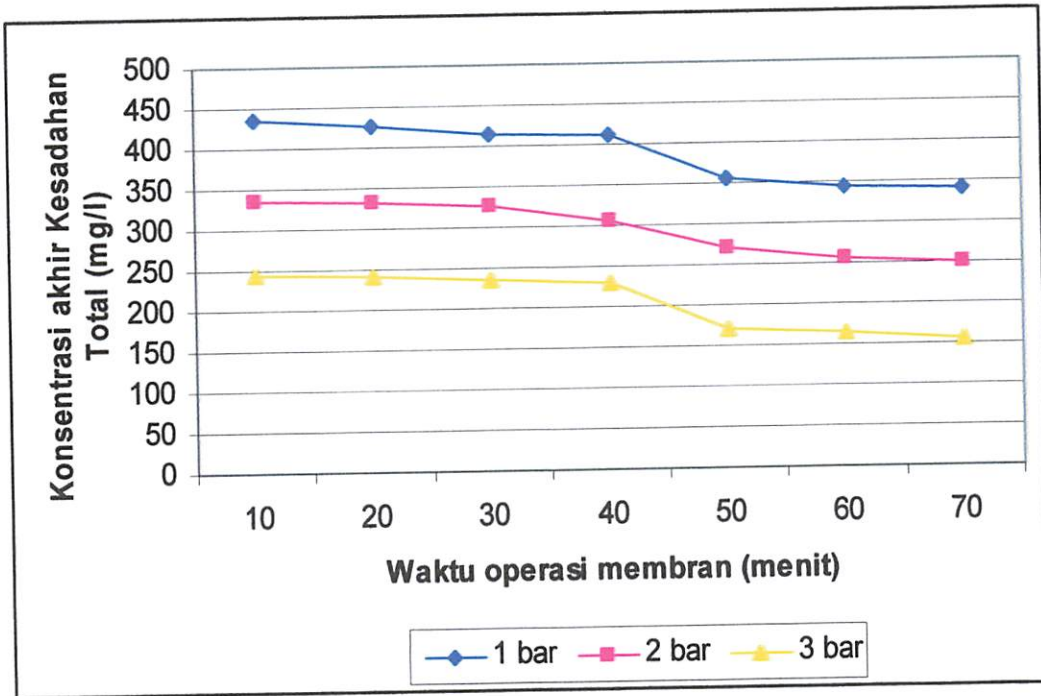
Gambar 4.3. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap %Rejeksi salinitas



4.3.1.3. Analisis Deskriptif *Kesadahan Total*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Kesadahan Total menurun seiring dengan pertambahan waktu dan peningkatan tekanan. Hasil yang ditampilkan dari tabel 4.4, diplotkan dalam gambar grafik 4.4 berikut ini.

Gambar 4.4. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap Konsentrasi Akhir Kesadahan Total Dihadirkan



Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.4 menunjukkan nilai konsentrasi akhir Kesadahan Total yang terendah terjadi pada tekanan 3 bar menit ke-70 yaitu 155,64 mg/L. Sedangkan nilai konsentrasi akhir Kesadahan total tertinggi terjadi pada tekanan 1 bar menit ke-10 yaitu 436,64 mg/L.

Untuk mengetahui efisiensi membran dalam penyisihan Kesadahan Total berdasarkan variasi tekanan dan waktu operasi, maka dilakukan perhitungan persentase rejeksi (%R) membran. Hasil perhitungan persentase rejeksi menggunakan persamaan 4-5 dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4.7. Nilai %R Kesadahan Total Pada Berbagai Tekanan Selama Waktu Operasi

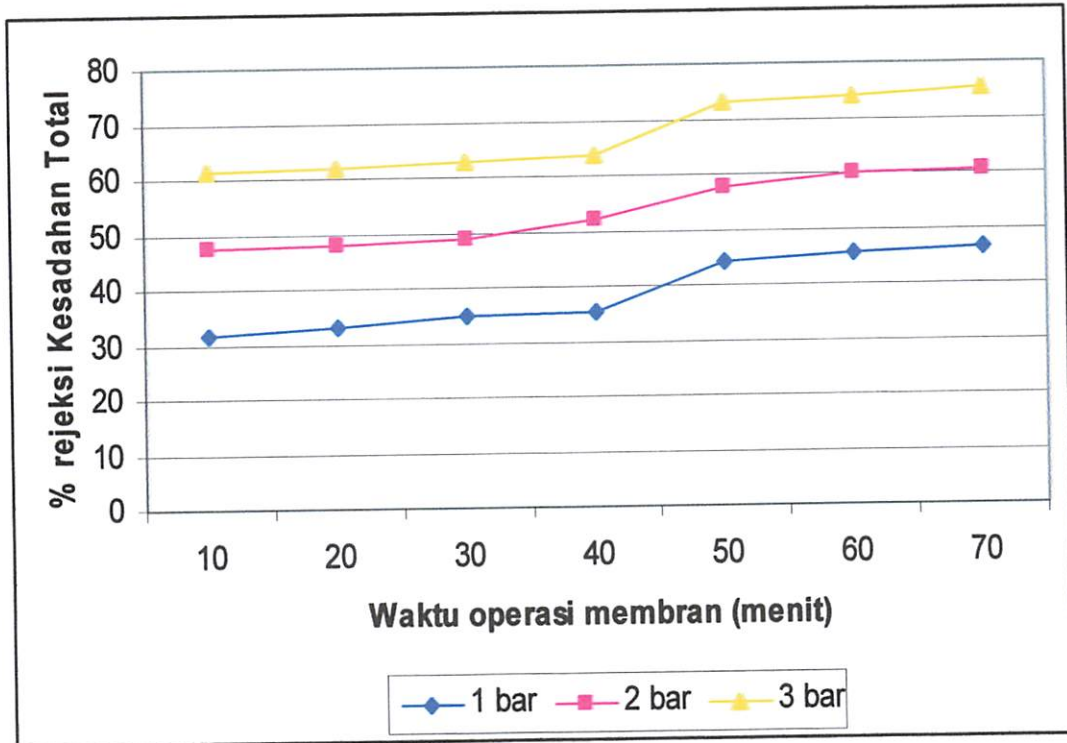
Tekanan (bar)	Waktu (menit)	%R Kesadahan Total^{*)} (%)
1	10	31.41
	20	33.18
	30	34.72
	40	35.52
	50	44.00
	60	45.74
	70	46.54
2	10	47.28
	20	47.94
	30	48.86
	40	52.08
	50	57.50
	60	59.93
	70	60.66
3	10	61.44
	20	62.05
	30	62.91
	40	63.81
	50	73.20
	60	74.03
	70	75.55

Sumber : Hasil Penelitian, 2008

*) : Nilai %R Kesadahan Total rata-rata dari 2 replika data. (Data terlampir).

Berdasarkan tabel 4.7 diperoleh persentase rejeksi terbesar pada tekanan 3 bar menit ke-70 yaitu 75,55%, sedangkan persentase rejeksi terendah terjadi pada tekanan 1 bar menit ke-10 yaitu 31,41%. Tabel 4.7 diplotkan ke dalam bentuk grafik garis yang dapat dilihat pada gambar 4.5.

Gambar 4.5. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap %R Kesadahan Total



4.3.2. Analisis ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang dihasilkan Variabel Bebas (tekanan dan waktu operasi membran) terhadap nilai variabel terikat (fluks, persen rejeksi salinitas dan persen rejeksi Kesadahan Total), maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor.

Tabel 4.8. Hasil Uji ANOVA Variabel Terikat (Fluks, Persen Rejeksi Salinitas, Persen Rejeksi Kesadahan Total) Versus Variabel Bebas (Tekanan dan Waktu Operasi)

Variabel Terikat	Hasil Uji Two Way Anova					
	Source	DF	SS	MS	F	P
Fluks	Waktu Operasi	6	78170220	13028370	15.89	0.000
	Tekanan	2	12589935	6294967	7.68	0.007
	Error	12	9835920	819660		
	Total	20	100596075			
	S = 905.4 R-Sq = 90.22% R-Sq(adj) = 83.70%					
%R Salinitas	Waktu Operasi	6	61.50	10.251	3.86	0.170
	Tekanan	2	1851.90	925.949	168.01	0.000
	Error	12	66.14	5.511		
	Total	20	1979.54			
	S = 2.348 R-Sq = 96.66% R-Sq(adj) = 94.43%					
%R Kesadahan Total	Waktu Operasi	6	36.524	6.0874	159.41	0.000
	Tekanan	2	156.002	78.0012	2042.59	0.000
	Error	12	0.458	0.0382		
	Total	20s	192.985			
	S = 0.1954 R-Sq = 99.76% R-Sq(adj) = 99.60%					

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2008

Hipotesis hasil uji ANOVA:

- H_0 = Ke-15 perlakuan adalah identik.
- H_1 = Ke-15 perlakuan adalah tidak identik.

Dasar pengambilan keputusan:

Berdasarkan pada perbandingan F hitung dengan F tabel.

- Jika statistik hitung (angka F *output*) > statistik tabel (tabel F), H_0 ditolak.
- Jika statistik hitung (angka F *output*) < statistik tabel (tabel F), H_0 diterima.

Keputusan:

1. Analisis Fluks

Terlihat bahwa F hitung dari *output* untuk tekanan, waktu operasi berturut-turut adalah 7,68 dan 15,89, sedangkan F tabel dengan α

toleransi 5% atau 0,05 adalah 2,80. Karena nilai F hitung *output* lebih besar dari F tabel, maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) yaitu ke-21 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik. Kesimpulannya adalah variasi tekanan dan waktu memberikan hasil yang berbeda nyata pada nilai fluks.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Terlihat bahwa F hitung dari *output* untuk tekanan, waktu berturut-turut adalah 168,01, 3,86. Jika dilihat F hitung pada tabel F adalah 2,80 dengan α toleransi 5%. Karena nilai F hitung *output* lebih besar dari F tabel, maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) yaitu ke-21 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik. Kesimpulannya adalah variasi tekanan dan waktu memberikan hasil yang berbeda nyata pada nilai persen rejeksi salinitas.

3. Analisis Persen Rejeksi Kesadahan Total

Terlihat bahwa F hitung dari *output* untuk tekanan dan waktu berturut-turut adalah 2042,59 dan 159,41. Jika dilihat F hitung pada tabel F adalah 2,80 dengan α toleransi 5%. Karena nilai F hitung *output* lebih besar dari F tabel, maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) yaitu ke-21 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik. Kesimpulannya adalah variasi tekanan dan waktu memberikan hasil yang berbeda nyata pada nilai persen rejeksi Kesadahan Total.

4.3.3. Analisa BNT

Untuk melihat perbedaan nyata atau tidak yang disebabkan oleh variable bebas terhadap variable terikat untuk setiap perlakuan dilakukan uji BNT.

4.3.3.1 Analisa BNT Salinitas

Hasil uji BNT untuk nilai konsentrasi akhir Salinitas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 4.9 Perlakuan Dua Arah (Tekanan dan Waktu Operasi)
Terhadap Nilai Konsentrasi Akhir Salinitas**

Perlakuan	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Total	Rerata
B1	9.30	9.27	9.26	9.25	9.23	9.21	9.15	64.67	4.62
B2	8.30	8.27	8.25	8.20	8.18	8.16	8.15	57.51	4.11
B3	7.70	7.35	6.90	6.85	6.80	8.70	6.30	50.60	3.61
Total	25.30	24.89	24.41	24.30	24.21	26.07	23.60	172.78	
Rerata	4.22	4.15	4.07	4.05	4.04	4.35	3.93		

Tabel 4.10. Analisa Sidik Ragam

SK	DB	JK	KT	F hitung	F tabel		Notasi
					0.05	0.01	
Kelompok	1	2.54	2.54	21.54	4.36	8.10	**
Perlakuan	20	8.94	0.45	3.80	2.12	2.94	**
B (Tekanan)	2	7.07	3.54	30.03	3.49	5.85	**
M (Waktu)	6	0.66	0.11	0.94	2.6	3.87	tn
B X M	12	1.21	0.10	0.85	2.28	3.23	tn
Galat	20	2.35	0.12				
Total	42	13.83					

Keterangan

** = sangat nyata

tn = tidak nyata

**Tabel 4.11. Output Hasil Uji BNT Untuk Konsentrasi Akhir Salinitas Yang
Dipengaruhi Oleh Variasi Tekanan**

Perlakuan	Rata - rata	Notasi $\alpha(0,05/2) - 0.273$
B3	3.61	a
B2	4.11	b
B1	4.62	c

Tabel 4.12. Output Hasil Uji BNT Untuk Konsentrasi Akhir Salinitas Yang Dipengaruhi Oleh Variasi Waktu

Perlakuan	Rata - rata	Notasi $\alpha(0,05/2)-0.4172$
M7	3.93	a
M5	4.04	a
M4	4.05	a
M3	4.07	a
M2	4.15	a
M1	4.22	a
M6	4.35	a

Berdasarkan tabel 4.11. dan tabel 4.12. dapat disimpulkan bahwa variasi tekanan operasi memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap nilai konsentrasi akhir Salinitas, sedangkan variasi waktu tidak memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap nilai konsentrasi akhir Salinitas.

4.3.3.2 Analisa BNT Kesadahan Total

Hasil uji BNT untuk nilai konsentrasi akhir Kesadahan Total dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.13. Perlakuan Dua Arah (Tekanan dan Waktu Operasi) Terhadap Nilai Konsentrasi Akhir Kesadahan Total

Perlakuan	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Total	Rerata
B1	436.64	425.40	415.60	410.50	356.55	345.45	340.35	2730.49	195.04
B2	335.61	331.45	325.55	304.10	370.60	255.10	250.45	2172.86	155.20
B3	244.50	241.60	230.40	236.16	170.64	165.32	155.64	1444.26	103.16
Total	1016.75	998.45	971.55	950.76	897.79	765.87	746.44	6347.61	
Rerata	169.46	166.41	161.93	158.46	149.63	127.65	124.41		

Tabel 4.14. Analisa Sidik Ragam

SK	DB	JK	KT	F hitung	F tabel		Notasi
					0.05	0.01	
Kelompok	1	3.40	3.40	39.69	4.36	8.10	**
Perlakuan	20	75129.22	3756.46	43850.84	2.12	2.94	**
B (Tekanan)	2	59433.26	29716.63	346895.39	3.49	5.85	**
M (Waktu)	6	12045.26	2007.54	23434.94	2.6	3.87	**
B X M	12	3650.71	304.23	3551.36	2.28	3.23	**
Galat	20	1.71	0.09				
Total	42	75134.34					

Keterangan

** = sangat nyata

tn = tidak nyata

Tabel 4.15. Output Hasil Uji BNT Untuk Konsentrasi Akhir Kesadahan Total

Perlakuan	rata - rata	notasi $\alpha(0,05/2)$ - 0.626	notasi $\alpha(0,01/2)$ - 0.854
B3M7	77.820	a	a
B3M6	82.660	b	b
B3M5	85.320	c	c
B3M3	115.200	d	d
B3M4	118.080	e	e
B3M2	120.800	f	f
B3M1	122.250	g	g
B2M7	125.225	h	h
B2M6	127.550	i	i
B2M4	152.050	j	j
B2M3	162.775	k	k
B2M2	165.725	l	l
B2M1	167.805	m	m
B1M7	170.175	n	n
B1M6	172.725	o	o
B1M5	178.275	p	p
B2M5	185.300	q	q
B1M4	205.250	r	r
B1M3	207.800	s	s
B1M2	212.700	t	t
B1M1	218.320	u	u

Berdasarkan tabel 4.15. dapat disimpulkan bahwa variasi tekanan dan Waktu operasi memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap nilai konsentrasi akhir Kesadahan Total.

4.3.4. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, dalam hal ini hubungan antara fluks, persen rejeksi salinitas, persen rejeksi Kesadahan Total dengan perbedaan tekanan dan waktu. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.16. Korelasi Antara Variabel Terikat (Fluks, Persen Rejeksi Salinitas, Persen Rejeksi Kesadahan Total) Versus Variabel Bebas (Tekanan dan Waktu Operasi)

Hasil Uji Analisa Korelasi				
Variabel Terikat	Tekanan		Waktu Operasi	
	Pearson Corelation	P-Value	Pearson Corelation	P-Value
Fluks	0.753	0.000	-0.234	0.001
%R Salinitas	0.965	0.000	0.470	0.046
%R Kesadahan Total	0.899	0.000	0.415	0.032

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2008

Tabel 4.16. menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasinya yaitu:

1. Analisis Fluks

Besar hubungan antara tekanan dengan fluks adalah 0,753. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara selang 0,7 dengan 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar tekanannya maka nilai fluks yang dihasilkan akan meningkat.

Sedangkan besar hubungan antara waktu operasi dengan fluks adalah -0,234. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena berada di antara 0,2 dengan 0,4 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel bertolak belakang hal ini ditunjukkan dengan adanya

tanda negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasi maka fluks yang dihasilkan akan semakin menurun.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Besar hubungan antara tekanan dengan %Rejeksi salinitas adalah 0,965. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada di antara selang 0,9 dengan 0,1 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar tekanannya maka persen rejeksi yang dihasilkan akan meningkat

Besar hubungan antara waktu operasi dengan %rejeksi salinitas adalah 0,470. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada di antara 0,4 dengan 0,7 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya tanda negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasi maka persen rejeksi yang dihasilkan akan semakin meningkat.

3. Analisis Persen Rejeksi Kesadahan Total

Besar hubungan antara tekanan dengan %Rejeksi Kesadahan total adalah 0,899. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara selang 0,7 dengan 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar tekanannya maka persen rejeksi Kesadahan Total yang dihasilkan akan meningkat.

Besar hubungan antara waktu operasi dengan persen rejeksi adalah 0,415. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada di antara 0,4 dengan 0,7 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya tanda negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasi maka persen rejeksi yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis probabilitas:

Hipotesis hasil uji korelasi:

- H_0 = Tidak ada korelasi antara dua variabel.
- H_1 = Ada korelasi antara dua variabel.

Dasar pengambilan keputusan:

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

Keputusan:

1. Analisis Fluks

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.16. memperlihatkan bahwa nilai P untuk variasi tekanan adalah 0,000. Karena nilai P lebih kecil dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah ada korelasi antara variabel tekanan dan fluks, dimana 75,3% peningkatan nilai fluks pada masing-masing waktu operasi dipengaruhi oleh variasi tekanan. Sedangkan nilai P untuk variasi waktu adalah 0,001. Karena nilai P lebih kecil dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan ada korelasi antara dua variabel. Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah ada korelasi antara variabel waktu dan fluks, dimana 23,4% penurunan nilai fluks pada masing-masing tekanan dipengaruhi oleh waktu operasi membran.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.16. memperlihatkan bahwa nilai P untuk variasi tekanan adalah 0,000. Karena nilai P lebih kecil dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah ada korelasi antara variabel tekanan dan persen rejeksi, dimana 96,5% peningkatan persen rejeksi pada masing-masing waktu operasi dipengaruhi oleh variasi tekanan. Sedangkan nilai P untuk variasi

waktu pemakaian membran adalah 0,046. Karena nilai P lebih kecil dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan ada korelasi antara dua variabel. Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah ada korelasi antara variabel waktu dan persen rejeksi, dimana 47% peningkatan nilai %rejeksi salinitas pada masing-masing tekanan dipengaruhi oleh waktu operasi membran.

3. Analisis Persen Rejeksi Kesadahan Total

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.16. memperlihatkan bahwa nilai P untuk variasi tekanan adalah 0,000. Karena nilai P lebih kecil dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah ada korelasi antara variabel tekanan dan persen rejeksi, dimana 89,9% peningkatan persen rejeksi pada masing-masing waktu operasi dipengaruhi oleh variasi tekanan. Sedangkan nilai P untuk variasi waktu pemakaian membran adalah 0,032. Karena nilai P lebih kecil dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan ada korelasi antara dua variabel. Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah ada korelasi antara variabel waktu dan persen rejeksi, dimana 41,5% peningkatan nilai %rejeksi Kesadahan Total pada masing-masing tekanan dipengaruhi oleh waktu operasi membran.

4.3.5. Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas (tekanan dan waktu pemakaian membran) dan variabel terikat (fluks, persen rejeksi salinitas, persen rejeksi Kesadahan Total) digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Taksiran parameter model yang digunakan adalah regresi berganda, karena memiliki lebih dari 1 variabel bebas. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Koefisien Persamaan Regresi Nilai Fluks, Persen Rejeksi Salinitas, Persen Rejeksi Kesadahan Total

Variabel Terikat	Hasil Uji Persamaan Regresi					
	Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Fluks	Constant	3280.8	992.6	3.31	0.004	
	Tekanan	946.7	366.6	2.58	0.009	1.0
	Waktu	-80.32	14.96	-5.37	0.000	1.0
	S = 1371.52 R-Sq = 86.3% R-Sq(adj) = 82.6%					
Fluks = 3281 + 947 Tekanan – 80.3 Waktu Operasi						
%R Salinitas	Constant	-7.586	1.503	-5.05	0.000	
	Tekanan	11.4786	0.5549	20.69	0.000	1.0
	Waktu	0.08262	0.02265	3.65	0.000	1.0
	S = 2.07624 R-Sq = 96.1% R-Sq(adj) = 95.6%					
%R Salinitas = -7.59 + 11.5 Tekanan + 0.0826 Waktu Operasi						
%R Kesadahan Total	Constant	65.4438	0.3339	196.00	0.000	
	Tekanan	3.3379	0.1233	27.07	0.000	1.0
	Waktu	0.062845	0.005034	12.49	0.000	1.0
	S = 0.461339 R-Sq = 98.0% R-Sq(adj) = 97.8%					
%R Kesadahan Total = 65.4 + 3.34 Tekanan + 0.0628 Waktu Operasi						

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2008

A. Uji multikolinear

Multikolinear adalah kejadian adanya korelasi kuat antar variabel bebas. Jika antarvariabel bebas berkorelasi, maka taksiran parameter model tidak tepat (Nur I. dan Septin P.A., 2006). Untuk mengidentifikasi adanya multikolinear maka digunakan *Variance Inflation Factor* (VIF). Apabila $VIF > 1$, berarti ada korelasi antarvariabel prediktor sehingga ada ketidaksesuaian model (Nur I. dan Septin P.A., 2006). Pada tabel 4.17 terlihat bahwa nilai VIF untuk variabel tekanan dan waktu operasi membran berturut-turut adalah 1,0 dan 1,0

sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada multikolinear dan taksiran model regresi berganda yang digunakan tepat.

B. Persamaan Regresi

1. Analisis Fluks

$$Y = 3281 + 947 X_1 - 80,3 X_2 \dots\dots\dots(4-4)$$

Dimana:

Y = Nilai fluks (L/m².Jam)

X₁ = variasi tekanan (bar)

X₂ = variasi waktu (menit)

Konstanta sebesar 3281 menyatakan bahwa jika variasi tekanan dan variasi waktu konstan nilai fluks adalah sebesar 3281 L/m².Jam. Koefisien regresi sebesar 947 untuk variabel tekanan (X₁) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 bar tekanan akan meningkatkan nilai fluks sebesar 947 L/m².jam dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi -80,3 untuk variabel waktu operasi (X₂) menyatakan bahwa setiap penambahan 10 menit waktu operasi akan menurunkan nilai fluks sebesar 80,3 L/m².jam dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

$$Y = - 7.59 + 11.5 X_1 + 0.0826 X_2 \dots\dots\dots(4-5)$$

Dimana:

Y = %rejeksi salinitas (%)

X₁ = variasi tekanan (bar)

X₂ = variasi waktu (menit)

Koefisien regresi sebesar 11,5 untuk variabel tekanan (X₁) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 bar tekanan akan meningkatkan persen rejeksi sebesar 11,5 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi 0,0826 untuk variabel waktu operasi (X₂) menyatakan bahwa setiap penambahan 10 menit waktu operasi akan meningkatkan % rejeksi salinitas sebesar 0,0826 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

3. Analisis Persen Rejeksi Kesadahan Total

$$Y = 65.4 + 3.34 X_1 + 0.0628 X_2 \dots\dots\dots(4-6)$$

Dimana:

Y = % rejeksi Kesadahan Total (%)

X₁ = variasi tekanan (bar)

X₂ = variasi waktu (menit)

Koefisien regresi sebesar 3,34 untuk variabel tekanan (X₁) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 bar tekanan akan meningkatkan persen rejeksi sebesar 3,34 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi 0,0628 untuk variabel waktu operasi (X₂) menyatakan bahwa setiap penambahan 10 menit waktu operasi akan meningkatkan nilai persen rejeksi Kesadahan Total sebesar 0,0628 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

C. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independent.

Hipotesis:

H₀ = koefisien regresi tidak signifikan

H₁ = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan:

- ♦ Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H₀ diterima dan H₁ ditolak. Jika statistik t hitung > statistik t tabel, maka H₀ ditolak dan H₁ diterima.

1. Analisis Fluks

Nilai t tabel adalah 2,093, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.11 adalah 3,31 (konstanta), 2,58 (variasi tekanan), 5,37 (variasi waktu). Semua nilai t hitung lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi signifikan.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Nilai t tabel adalah 2,093, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.11 adalah 20,69 (variasi tekanan), 3,65 (variasi waktu). Nilai t hitung untuk variasi tekanan dan waktu operasi > dari t tabel, maka koefisien regresi untuk variasi waktu dan tekanan signifikan.

3. Analisis Persen Rejeksi Kesadahan Total

Nilai t tabel adalah 2,093, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.11 adalah 196 (konstanta), 27,07 (variasi tekanan), 12,49 (variasi waktu). Nilai t hitung untuk konstanta, variasi tekanan dan waktu operasi > dari t tabel, maka koefisien regresi untuk konstanta, variasi waktu dan tekanan signifikan.

- ♦ Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis probabilitas :

Hipotesis :

- i. Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima.
- ii. Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak.

1. Analisis Fluks

Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.17) adalah 0,000 yang berarti probabilitas jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau variasi tekanan dan waktu operasi benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan nilai fluks.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.17) adalah 0,000 yang berarti probabilitas jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau variasi tekanan dan waktu operasi benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan rejeksi salinitas.

3. Analisis Persen Rejeksi Kesadahan Total

Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.17) adalah 0,000 yang berarti probabilitas jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau variasi tekanan dan waktu operasi benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan rejeksi Kesadahan Total.

♦ Nilai R Square

1. Analisis Fluks

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 86,3%, hal ini berarti 86,3%, peningkatan nilai fluks dapat dijelaskan oleh variasi tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 13,7% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model, yaitu pH, suhu, dan fouling.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 96,1%, hal ini berarti 96,1%, peningkatan nilai persen rejeksi dapat dijelaskan oleh variasi tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 3,9% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

3. Analisis Persen Rejeksi Kesadahan total

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 98%, hal ini berarti 98%, peningkatan nilai persen rejeksi dapat dijelaskan oleh variasi tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 2% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

D. Uji F untuk uji kelinieran model regresi

Untuk menguji kelinieran model regresi, menggunakan tabel analisis ANOVA untuk regresi dengan memperhatikan nilai F dan P. Adapun tabel analisa ANOVA regresi untuk fluks, persen rejeksi salinitas dan persen rejeksi Kesadahan total diperlihatkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Hasil ANOVA Untuk Analisa Regresi Fluks, Persen Rejeksi Salinitas, Persen Rejeksi Kesadahan Total

Variabel Terikat	Hasil ANOVA Untuk Analisa Regresi					
	Source	DF	SS	MS	F	P
Fluks	Regresion	2	66737027	33368513	17.74	0.000
	Residual Error	18	33859048	1881058		
	Total	20	100596075			
%R Salinitas	Regresion	2	1901.94	950.97	220.60	0.000
	Residual Error	18	77.59	4.31		
	Total	20	1979.54			
%R Kesadahan Total	Regresion	2	189154	94.577	444.37	0.000
	Residual Error	18	3.831	0.213		
	Total	20	192.985			

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2008

Hipotesis:

$H_0 = Y$ tidak memiliki hubungan linier dengan X_1 dan X_2

$H_1 = Y$ memiliki hubungan linier dengan X_1 dan X_2

Dasar pengambilan keputusan :

- Berdasarkan pada perbandingan F hitung dengan F tabel.

- i . Jika statistik hitung (angka F output) > statistik tabel (tabel F), H_0 ditolak.
- ii . Jika statistik hitung (angka F output) < statistik tabel (tabel F), H_0 diterima.

- Uji hipotesis probabilitas :

i . Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima.

ii . Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

1. Analisis Fluks

Pengambilan keputusan berdasarkan nilai F. Dari uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung 17,74. Dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,38. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah variabel Y (variabel terikat) dengan X (variabel bebas) mempunyai hubungan linier atau nilai fluks dengan tekanan dan waktu operasi mempunyai hubungan linier. Nilai probabilitas 0,000, jauh lebih kecil dari 0,05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi nilai fluks

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Pengambilan keputusan berdasarkan nilai F. Dari uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung 220,60. Dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,38. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah variabel Y (variabel terikat) dengan X (variabel bebas) mempunyai hubungan linier atau nilai persen rejeksi dengan tekanan dan waktu operasi mempunyai hubungan linier. Nilai probabilitas 0,000, jauh lebih kecil dari 0,05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi nilai persen rejeksi salinitas.

3. Analisis Persen rejeksi Kesadahan Total

Pengambilan keputusan berdasarkan nilai F. Dari uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung 444,37. Dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,38. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah variabel Y (variabel terikat) dengan X (variabel bebas) mempunyai hubungan linier atau nilai persen rejeksi dengan tekanan dan waktu operasi mempunyai hubungan linier. Nilai probabilitas 0,000, jauh lebih kecil dari 0,05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi nilai persen rejeksi.

4.4 Waktu Terjadinya Fouling

Penurunan kemampuan membran akan terjadi selama kurun waktu operasional tertentu. Hal ini disebabkan oleh proses fouling. Akibat adanya fouling maka secara keseluruhan performa membran akan menurun dengan wujud penurunan fluks seiring dengan waktu. Dampak adanya *fouling* adalah ketika dilakukan variasi tekanan dan waktu operasi maka akan membuat nilai fluks tidak mempunyai perbedaan yang signifikan.

Fouling yang terjadi pada menit-menit awal filtrasi dapat disebabkan oleh konsentrasi *suspended solid* yang tinggi pada *feed* dan tanpa perlakuan pretreatment pada proses membran. Seperti diketahui, proses penyaringan pada membran, air umpan memiliki kandungan partikel – partikel kontaminan yang hendak ditahan oleh membran. Ada dua fenomena yang menyebabkan terjadinya fouling yaitu polarisasi dan deposisi. *Polarisasi* merupakan peristiwa peningkatan lokal konsentrasi *solute* (kontaminan) pada permukaan membran (Wenten,1995). Sedangkan *deposisi* partikel adalah pengendapan dan pelekatan partikel kontaminan dalam penelitian ini berupa garam pada permukaan membran atau bisa juga di dalam pori-pori membran. Pembentukan deposit inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan fluks terus – menerus seiring dengan penambahan waktu operasi.

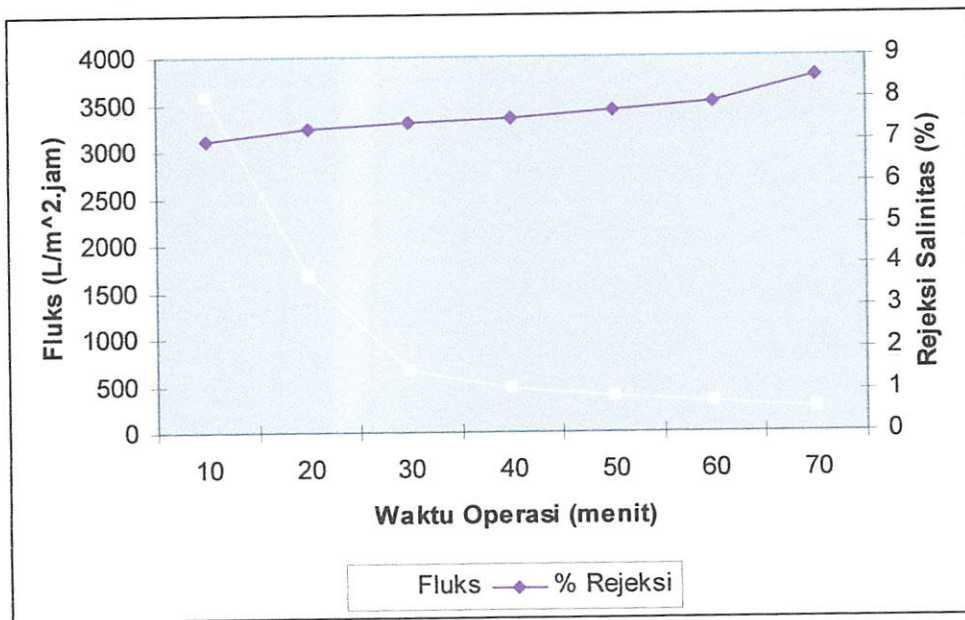
Saat permeate melewati membran, kebanyakan dari garam-garam terlarut yang terkandung dalam umpan air payau akan terhenti, mengendap dan melekat pada permukaan membran. Secara otomatis, konsentrasi garam – garam terlarut di permukaan membran akan meningkat. Akibat terjadinya polarisasi dan deposisi secara terus menerus selama waktu operasi membran, maka akan menimbulkan *fouling* yang lebih besar pada membran. *Fouling* pada membran dapat terjadi di permukaan dan di dalam pori-pori membran (Ujang, 2004).

Terbentuknya *fouling* pada membran akan meningkatkan tahanan hidrodinamika (resistensi) baik dipermukaan maupun di dalam pori-pori membran, sehingga fluks akan menurun seiring lamanya waktu operasi.

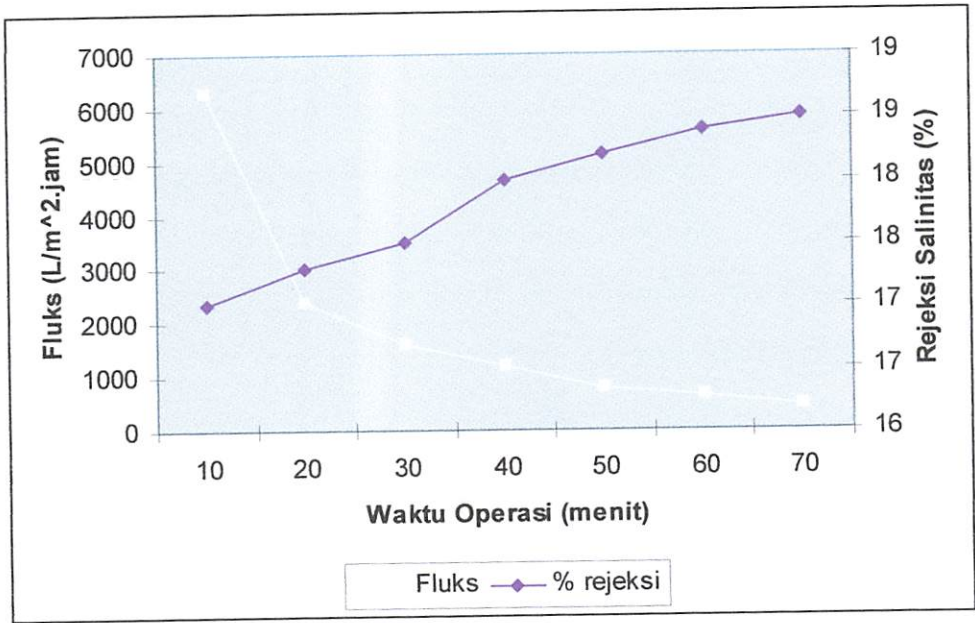
Fouling pada membran terjadi pada saat volume fluks mengalami penurunan secara signifikan sedangkan persen rejeksinya mengalami peningkatan tiap satuan

waktu. Waktu terjadinya fouling didapatkan dengan memotong grafik persen rejeksi salinitas dan kesadahan total dengan fluks permeate yang dihasilkan di tiap – tiap variasi tekanan operasi. Titik potong antara nilai fluks dan persen rejeksi selanjutnya ditarik garis kebawah untuk mendapatkan waktu terjadinya fouling pada membran (Prasetyo 2002, dalam Citrasari 2004).

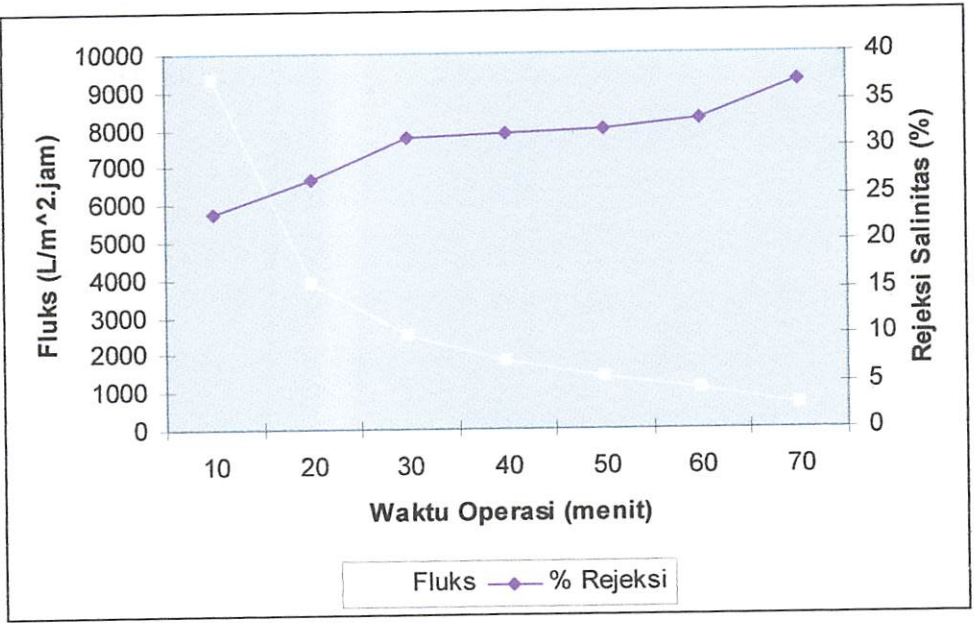
Grafik perpotongan persen rejeksi salinitas dengan fluks permeate untuk masing – masing tekanan operasi dapat dilihat pada gambar 4.6, Gambar 4.7, Gambar 4.8.



Gambar 4.6. Tekanan 1 Bar

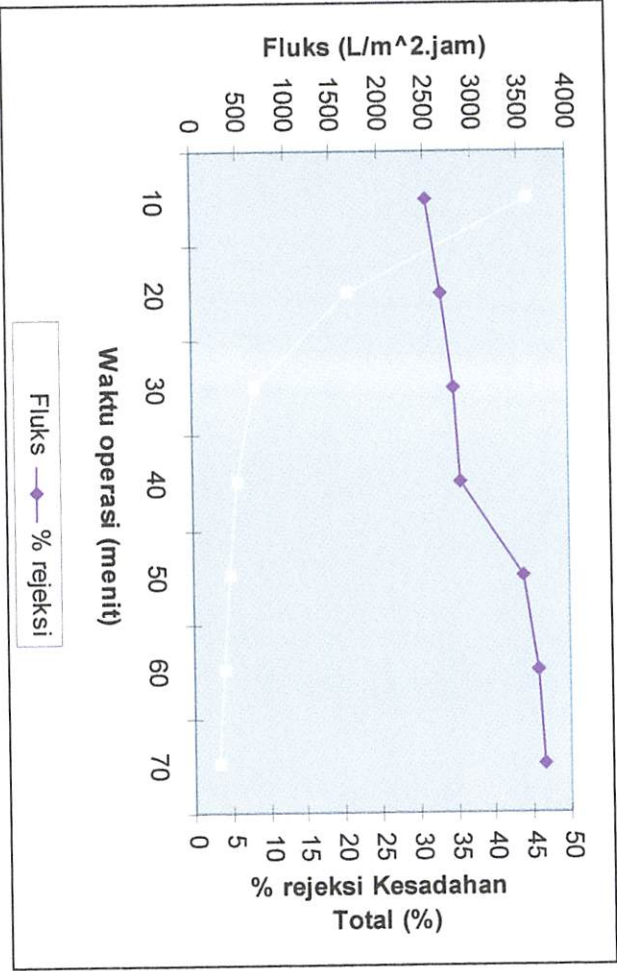


Gambar 4.7. Tekanan 2 Bar

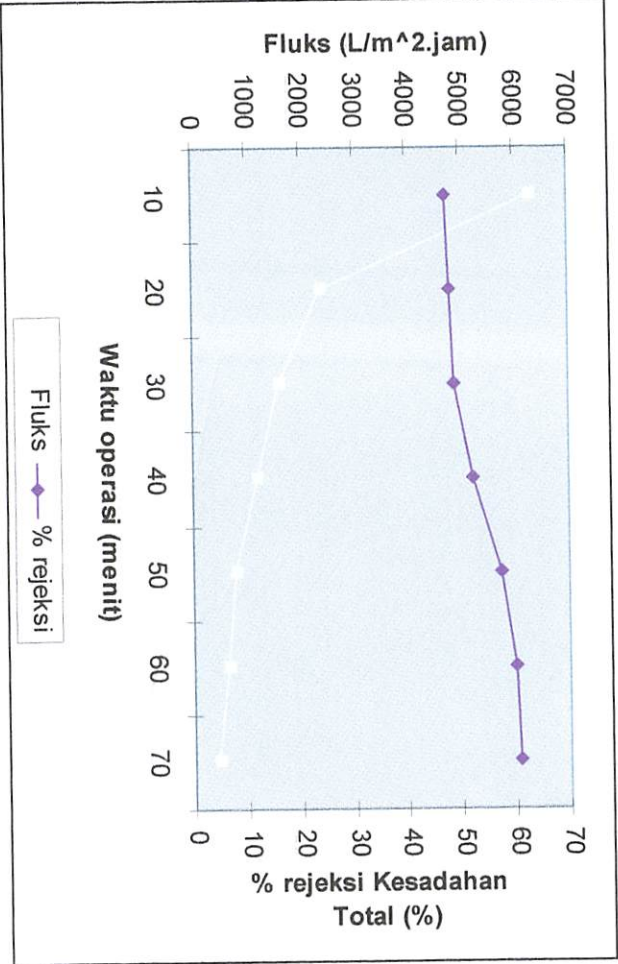


Gambar 4.8. Tekanan 3 Bar

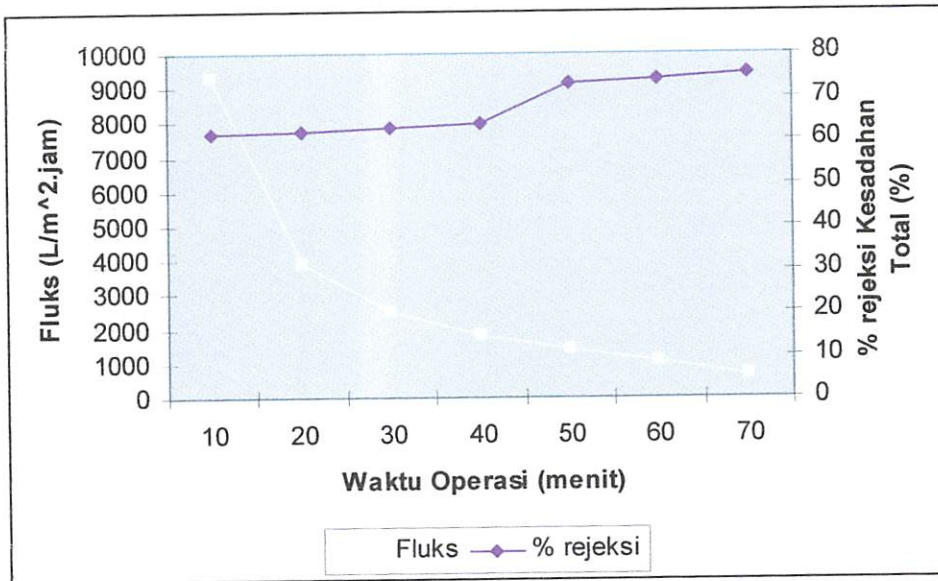
Grafik perpotongan persen rejeksi Kesadahan Total dengan fluks permeate untuk masing – masing tekanan operasi dapat dilihat pada gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11.



Gambar 4.9. Tekanan 1 Bar



Gambar 4.10. Tekanan 2 Bar



Gambar 4.11. Tekanan 3 Bar

Gambar grafik perpotongan persen rejeksi dengan fluks permeate untuk masing – masing tekanan operasi menunjukkan waktu terjadinya fouling pada membran untuk proses penurunan salinitas, yang paling lambat diperoleh pada tekanan 2 bar yaitu menit ke 17. Sedangkan untuk proses penurunan kesadahan total, fouling paling lambat terjadi pada tekanan 1 bar yaitu menit ke 15. Rata – rata terjadinya fouling pada penurunan salinitas terjadi pada menit ke 15. Dan rata – rata waktu terjadinya fouling pada penurunan kesadahan total terjadi pada menit 14.

Terbentuknya *fouling* pada membran akan meningkatkan tahanan hidrodinamika (resistensi) baik dipermukaan maupun di dalam pori-pori membran, sehingga fluks akan menurun seiring lamanya waktu operasi.

4.5. Pembahasan Analisis Fluks

Pada proses filtrasi, air payau dipompakan ke modul membran ultrafiltrasi dengan berbagai variasi tekanan dan dilakukan pengambilan sampel tiap 10 menit selama 70 menit untuk di analisa kuantitas dan kualitas hasil penyisihan.

Kuantitas yang dihasilkan dalam suatu proses membran dinyatakan sebagai fluks. Fluks adalah laju aliran permeate per satuan luas membran (Mulder,1996).

4.5.1. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Fluks Membran

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan variasi tekanan operasi pada 1 bar, 2 bar dan 3 bar, diperoleh fluks maksimal sebesar 9300 L/m².Jam pada tekanan maksimal 3 bar. Pada tabel 4.2 dan gambar 4.1 terlihat bahwa terjadi peningkatan nilai fluks yang signifikan dari tekanan 2 bar ke tekanan 3 bar.

Peningkatan tekanan operasi akan menyebabkan fluks yang dihasilkan bertambah besar. Pengaruh tekanan operasi terhadap fluks dapat dilihat pada nilai koefisien korelasi antara tekanan dan fluks. Pada tabel 4.16 terlihat nilai koefisien korelasi yang diperoleh sebesar 0,753, yang artinya hubungan kedua variabel kuat (Soleh, 2005). Hubungan fluks dan perbedaan tekanan diberikan pada persamaan berikut ini :

$$J_v = K \times \Delta P \text{ (Mulder, 1996)} \dots\dots\dots(4-3)$$

Dimana:

J_v = fluks (L/m².jam)

K = konstanta permeabilitas

ΔP = tekanan operasi (bar)

Pada persamaan tersebut menjelaskan bahwa tekanan operasi yang besar akan menghasilkan fluks yang besar pula.

Dari gambar 4.1 juga dapat dilihat bahwa secara rata – rata, kestabilan nilai fluks terdapat pada tekanan 1 bar dalam range waktu operasi 70 menit. Hal ini dapat dilihat dari rata – rata penurunannya yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan tekanan 2 bar dan 3 bar. Dimana pada tekanan 1 bar, rata- rata penurunannya mencapai 550,86 L/m². jam sedangkan untuk tekanan 2 bar, rata – rata penurunannya mencapai 978,57 L/m².jam, dan tekanan 3 bar rata – rata penurunannya mencapai 1442,86 L/m².jam. Hal ini berhubungan dengan teriadinya fouling yang akan dielakkan selaniutnya.

Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan tekanan operasi akan meningkatkan nilai fluks yang dihasilkan.

4.5.2. Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Fluks Membran

Dari hasil penelitian sebagaimana tergambar dalam grafik pada gambar 4.1, dalam tiap range waktu 10 menit selama waktu operasi 70 menit, fluks dari proses filtrasi mengalami penurunan. Pada tekanan 1 bar, 2 bar, 3 bar, nilai fluks pada menit ke 10 berturut – turut sebesar 3570 L/m².jam, 6300 L/m².jam, 9300 L/m².jam dan pada saat operasi ke 70 menit pada tekanan 1 bar, 2 bar, 3 bar, nilai fluks menurun berturut – turut mencapai 264,86 L/m².jam, 428,57 L/m².jam, 642,86 L/m².jam.

Hal ini menggambarkan, terjadi hubungan yang bertolak belakang antara waktu operasi dengan fluks. Hubungan ini terlihat pada koefisien korelasinya yang bernotasi negatif, dimana nilai yang diperoleh sebesar -0,234. Nilai koefisien tersebut menyatakan hubungan kedua variabel lemah, karena berada diantara 0,2 dengan 0,4 (Soleh, 2005), dimana semakin lama waktu operasi maka fluks yang dihasilkan akan semakin menurun.

Penurunan fluks tersebut tidak terlepas dari proses pembentukan fouling pada permukaan membran: yaitu terakumulasinya substansi – substansi secara permanen sebagai akibat dari proses filtrasi itu sendiri.

Selama proses filtrasi membran, suhu yang terus meningkat akan menyebabkan viskositas *feed* menurun dan dapat meningkatkan fluks. Viskositas yang rendah akan memudahkan *feed* untuk lolos melalui pori-pori membran dan akan meningkatkan fluks. Namun selama proses filtrasi ini pula akan terjadi peningkatan konsentrasi *feed*. Konsentrasi *feed* yang terus meningkat dan waktu operasi membran yang lama akan menjadikan ketebalan *cake layer* terus bertambah. Sehingga pengaruh suhu terhadap fluks sangat kecil.

Hasil penelitian pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa pH meningkat seiring dengan penambahan waktu operasi dan penurunan fluks. Pada pH terendah dari masing-masing variasi tekanan menghasilkan fluks tertinggi melalui membran dan sebaliknya pada pH tertinggi dari masing-masing variasi tekanan menghasilkan fluks terendah melalui membran. Hal ini disebabkan karena pada pH rendah, senyawa-senyawa yang ada dalam umpan air payau membentuk ikatan hidrogen, oleh karena itu larutan dapat melewati membran dengan mudah karena membran bermuatan negatif.

Untuk mengetahui besarnya hubungan nilai fluks terhadap variabel tekanan dan waktu dapat menggunakan persamaan regresi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa 86,3% peningkatan nilai fluks berhubungan dengan variasi tekanan dan waktu operasi. sedangkan sisanya 13,7% dapat dipengaruhi oleh suhu, pH dan *fouling*.

4.6. Pembahasan Salinitas

Prinsip utama dalam proses membran adalah proses penyaringan. Proses penyaringan terjadi jika partikel kontaminan yang hendak disisihkan berukuran lebih besar dari ukuran pori-pori membran yang digunakan. Fraksi kontaminan yang tertahan atau yang tidak dapat melewati membran dinyatakan dalam bentuk persentase rejeksi. Besar kecilnya nilai persentase rejeksi sangat dipengaruhi oleh permeabilitas membran, ukuran pori dan bentuk pori.

Permeabilitas membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran untuk menahan atau melewatkan suatu spesi tertentu (Mulder,1996). Membran ultrafiltrasi yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk flat sheet atau lembaran dengan struktur yang tidak seragam atau asimetrik, oleh karena itu ukuran pori membran menjadi tidak merata dan tidak teratur. Dalam proses membran, struktur seperti ini dapat memberikan resistensi hidrodinamik yang lebih rendah dengan tekanan hidrodinamik yang lebih tinggi serta dapat menahan partikel pada permukaan membran saja dan tidak terserap ke dalam matrik

membran sehingga penurunan permeabilitas membran dapat di tekan seminimal mungkin, dengan demikian persen rejeksi akan lebih stabil.

Material membran yang berbahan sellulosa asetat juga memungkinkan proses desalinasi air payau karena sifat bahan ini mampu merejeksi garam dengan baik. Kombinasi seperti ini, sulit ditemukan pada material membran lainnya.

Kemampuan membran ultrafiltrasi dalam merejeksi garam sangat berkaitan erat dengan konsentrasi akhir salinitas yang terkandung dalam *permeate*. Salinitas adalah fraksi yang menyatakan besarnya kandungan gram garam dalam 1 kilogram air dan umumnya dinyatakan dalam satuan $^0/_{00}$ (bagian per seribu). Sampel umpan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel umpan air payau. Air payau memiliki kadar salinitas yang lebih rendah dari pada air laut, dengan fraksi garam – garam terlarut berwujud ion. Pada umumnya air payau memiliki komposisi kimia utama berupa Calcium, magnesium, chloride, sulphate, carbonate, dan bicarbonate. Ion – ion yang menjadi komposisi utama yang terkandung dalam sampel umpan air payau, memiliki kisaran ukuran antara 0,00001–0,0099 μm (Table Of Periodic Properties Of The Elements, Sargent Welch Scientific Of Company dalam Alaerts, G.,1984), sedangkan ukuran membran ultrafiltrasi berada dalam selang (0,002 – 0,05) μm , oleh karena itu tidak semua ion yang menjadi komposisi utama yang terkandung dalam sampel air payau tersebut dapat tertahan oleh pori membran, hal ini dapat dilihat dari hasil % rejeksi salinitas seperti ditabelkan dibawah ini.

4.6.1 Pengaruh Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap Persen Rejeksi Salinitas

Hubungan antara waktu operasi dan tekanan operasi terhadap persen rejeksi salinitas diperlihatkan pada tabel 4.6 dan gambar 4.3. Dari gambar dan tabel tersebut dapat dengan jelas diketahui bahwa jika tekanan operasi ditingkatkan untuk masing – masing periode operasi, maka persen rejeksi salinitas juga meningkat.

Hasil penelitian sebagaimana ditampilkan pada gambar 4.3, menunjukkan bahwa waktu operasi yang semakin panjang menyebabkan persen rejeksi salinitas

yang dihasilkan makin besar pula. Dalam tiap range waktu 10 menit selama waktu operasi 70 menit, persen rejeksi salinitas mengalami peningkatan. Pada tekanan 1 bar, 2 bar, 3 bar, nilai persen rejeksi salinitas pada menit ke 10 berturut – turut sebesar 7%, 17% dan 23%. Nilai persen rejeksi terus meningkat sampai pada saat operasi ke 70 menit pada tekanan 1 bar, 2 bar, 3 bar, nilai persen rejeksi salinitas berturut – turut mencapai 8,5%, 18,5% dan 37%, sedangkan rata – rata persen rejeksi salinitas dalam kurun waktu operasi masing – masing berturut – turut pada tekanan 1 bar, 2 bar, dan 3 bar adalah sebesar 7,61%, 17,84%, dan 30,57%.

Peningkatan tekanan operasi dan peningkatan periode waktu operasi akan menyebabkan persen rejeksi yang dihasilkan bertambah besar. Pengaruh tekanan operasi dan waktu operasi terhadap persen rejeksi salinitas dapat dilihat pada nilai koefisien korelasi antara tekanan dan waktu operasi terhadap persen rejeksi salinitas. Pada tabel 4.16 terlihat nilai koefisien korelasi yang diperoleh untuk variasi tekanan operasi dan waktu operasi terhadap persen rejeksi yang dihasilkan berturut – turut adalah sebesar 0,965 dan 0,470. Artinya hubungan antara variabel tekanan operasi dengan persen rejeksi salinitas adalah sangat kuat sedangkan hubungan antara waktu operasi dengan persen rejeksi salinitas adalah sedang (Soleh, 2005).

Terjadinya kenaikan persen rejeksi salinitas dalam rentang tekanan operasi kemungkinan juga disebabkan oleh kompaksi (compaction). Kompaksi adalah peristiwa deformasi pada matrik polimer membran yang terjadi pada membran bergaya pendorong tekanan. Pada peristiwa ini struktur pori membran menjadi lebih rapat sehingga ukuran pori efektif menjadi berkurang. (Wenten, 1995). Makin berkurangnya pori efektif membran maka, makin berkurang pula konsentrasi solute yang melewati membran sehingga persen rejeksi akan semakin meningkat.

Pada membran yang mengalami kompaksi, kedudukan rantai-rantai polimer akan semakin rapat, sehingga kekuatan ikatan sekunder antara gugus polar dari satu rantai polimer dengan rantai polimer lainnya semakin meningkat, hal ini mengakibatkan kefleksibelan rantai polimer tersebut berkurang sehingga tahanan perpindahan di dalam membran lebih tinggi dan solute lebih susah berdifusi ke dalamnya. (Seader dan Henley, 1998).

Hal ini menunjukkan bahwa dalam proses penyisihan garam – garam terlarut pada proses desalinasi dengan menggunakan membran ultrafiltrasi, ukuran pori memiliki peran penting.

Untuk mengetahui besarnya hubungan nilai persen rejeksi salinitas terhadap variabel tekanan dan waktu dapat menggunakan persamaan regresi. Hasil yang diperoleh menunjukkan 96,1% peningkatan nilai persen rejeksi salinitas berhubungan dengan variasi tekanan dan waktu operasi.

4.7. Pembahasan Kesadahan Total

Air sadah adalah air yang mengandung mineral dari kation logam bervalensi dua dalam jumlah yang berlebihan. Biasanya yang sering menimbulkan kesadahan adalah kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} , juga oleh Mn^{2+} dan Fe^{2+} . Yang dimaksudkan dengan kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} secara bersama – sama.

Dalam penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa terdapat hubungan antara proses membran dengan konsentrasi akhir Kesadahan Total. Seperti diketahui, Kesadahan total merupakan material yang mampu melewati filter yang berukuran pori rata – rata $2 \mu\text{m}$, sedangkan ukuran membran ultrafiltrasi berada dalam selang $(0,002 - 0,05) \mu\text{m}$. Sampel umpan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel umpan air payau. Air payau memiliki kandungan Kesadahan Total bervariasi, yang dapat mencapai 700 mg/L. Dalam penelitian ini, konsentrasi Kesadahan Total dalam sampel umpan sebesar 636,64 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian, rejeksi Kesadahan Total dalam selang terendah hingga tertinggi adalah sebesar 31,41% - 75,55%.

4.7.1. Pengaruh Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap Persen Rejeksi Kesadahan Total

Hubungan antara waktu operasi dan tekanan operasi terhadap persen rejeksi Kesadahan Total diperlihatkan pada tabel 4.7 dan gambar 4.5. Dari gambar dan tabel tersebut dapat dengan jelas diketahui bahwa jika tekanan operasi

ditingkatkan untuk masing – masing periode operasi, maka persen rejeksi Kesadahan Total juga meningkat.

Hasil penelitian sebagaimana ditampilkan pada gambar 4.5, menunjukkan bahwa waktu operasi yang semakin panjang menyebabkan persen rejeksi Kesadahan Total yang dihasilkan makin besar pula. Dalam tiap range waktu 10 menit selama waktu operasi 70 menit, persen rejeksi Kesadahan Total mengalami peningkatan. Pada tekanan 1 bar, 2 bar, 3 bar, nilai persen rejeksi Kesadahan Total pada menit ke 10 berturut – turut sebesar 31,41%, 47,28% dan 61,44%. Nilai persen rejeksi terus meningkat sampai pada saat operasi ke 70 menit pada tekanan 1 bar, 2 bar, 3 bar, nilai persen rejeksi Kesadahan Total berturut – turut mencapai 46,54%, 60,66% dan 75,55%, sedangkan rata – rata persen rejeksi Kesadahan Total dalam kurun waktu operasi masing – masing berturut – turut pada tekanan 1 bar, 2 bar, dan 3 bar adalah sebesar 38,73%, 53,46%, dan 67,57%.

Peningkatan tekanan operasi dan peningkatan periode waktu operasi akan menyebabkan persen rejeksi yang dihasilkan bertambah besar. Pengaruh tekanan operasi dan waktu operasi terhadap persen rejeksi Kesadahan Total dapat dilihat pada nilai koefisien korelasi antara tekanan dan waktu operasi terhadap persen rejeksi Kesadahan total. Pada tabel 4.16 terlihat nilai koefisien korelasi yang diperoleh untuk variasi tekanan operasi dan waktu operasi terhadap persen rejeksi yang dihasilkan berturut – turut adalah sebesar 0,899 dan 0,415. Artinya hubungan antara variabel tekanan operasi dengan persen rejeksi Kesadahan Total adalah kuat sedangkan hubungan antara waktu operasi dengan persen rejeksi Kesadahan Total adalah sedang. (Soleh, 2005).

Terjadinya kenaikan persen rejeksi Kesadahan Total dalam rentang tekanan operasi kemungkinan juga disebabkan oleh kompaksi (compaction). Kompaksi adalah peristiwa deformasi pada matrik polimer membran yang terjadi pada membran bergaya pendorong tekanan. Pada peristiwa ini struktur pori membran menjadi lebih rapat sehingga ukuran pori efektif menjadi berkurang. (Wenten, 1995). Makin berkurangnya pori efektif membran maka, makin berkurang pula konsentrasi solute yang melewati membran sehingga persen rejeksi akan semakin meningkat.

Hal ini menunjukkan bahwa dalam proses penyisihan zat padat terlarut pada proses desalinasi dengan menggunakan membran ultrafiltrasi, ukuran pori memiliki peran penting.

Untuk mengetahui besarnya hubungan nilai persen rejeksi Kesadahan Total terhadap variabel tekanan dan waktu dapat menggunakan persamaan regresi. Hasil yang diperoleh menunjukkan 98% peningkatan nilai persen rejeksi Kesadahan Total berhubungan dengan variasi tekanan dan waktu operasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka untuk menjawab poin – poin penting yang tertuang dalam perumusan masalah dan tujuan yang telah dirumuskan, penyusun menyimpulkan:

1. Efektivitas kerja membran dalam proses desalinasi air payau mencapai angka lebih dari 35%. Efektivitas kerja membran sendiri, berhubungan dengan nilai fluks dan persentase rejeksi yang dicapai.
2. Pada tekanan 3 bar dengan waktu operasi 70 menit, diperoleh nilai fluks tertinggi yaitu sebesar 9300 L/m².jam.
3. Persen rejeksi terbesar dari hasil penelitian ini adalah 37 % dan 75,55 %, masing – masing untuk parameter salinitas dan kesadahan total yang beroperasi pada tekanan 3 bar dengan waktu operasi 70 menit

5.2. Saran

1. Untuk proses desalinasi dengan menggunakan membran ultrafiltrasi perlu dilakukan penelitian mengenai pengolahan pendahuluan untuk mengaktifkan kerja membran.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi tekanan yang lebih besar dalam batasan tekanan membran ultrafiltrasi dan periode operasi yang lebih lama untuk mendapatkan persentasi penurunan sebagai pembandingan.

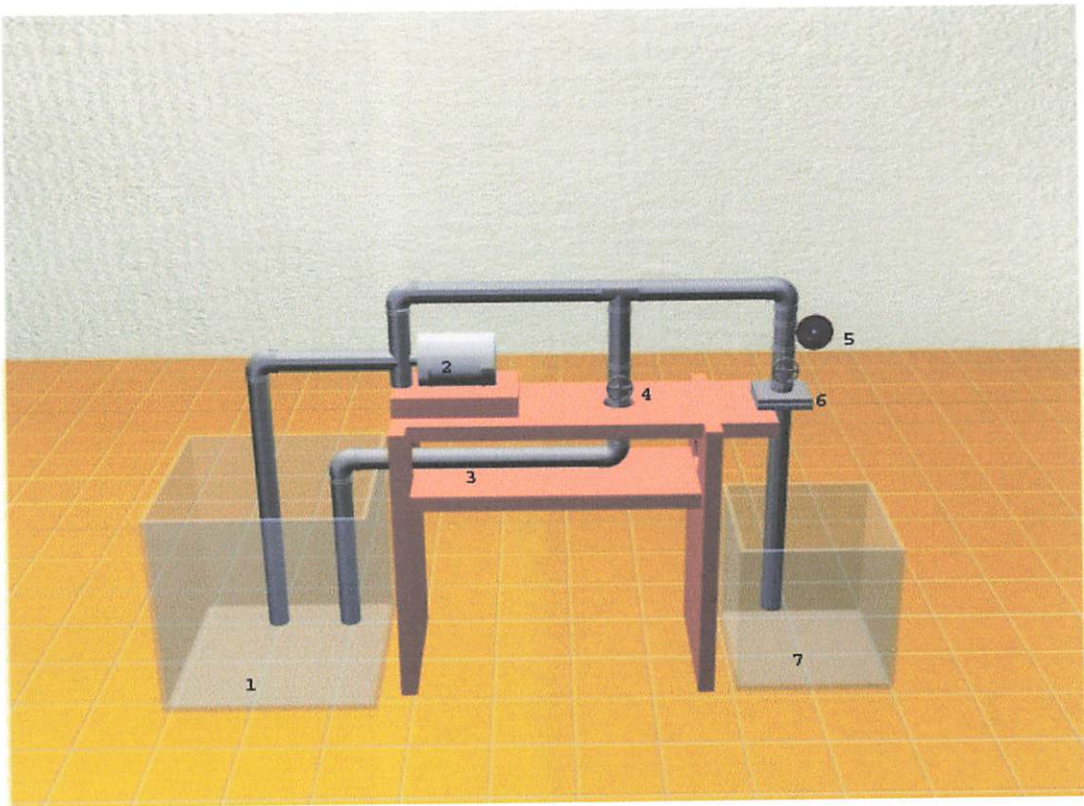
DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sri Simestri Santika. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasioanl, Surabaya.
- Artifiantinosa Nassa. 2004. *Studi Efektifitas Pengolahan Pendahuluan Pada Membran Ultrafiltrasi*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Astuti P. Septin, Iriawan Nur. 2006. *Mengolah Data Statitistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: Andi
- Citrasari S. Vina. 2004. *Penurunan Warna Reaktif dengan Pengolahan Kombinasi Koagulan PAC dan Membran Mikrofiltrasi*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Eckenfelder Wesley W. 2000. *Industrial Water Pollution Control* (3rd ed). Singapore: McGraw-Hill International Edition.
- Hapsari, Nur. 2002. *Perpindahan massa Pada Proses Pemisahan Ion Cr Dengan Membran Ultrafiltrasi*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Desalinasi>. Diakses tanggal 22-08-2007. Jam 11:00
- <http://www.bppt.org/wiki/payau>. Diakses tanggal 25-08-2008. jam 9:45
- <http://www.wikipedia.org/wiki/Salinitas>. Diakses tanggal 25-08-20078. jam 9:50
- Mallevalle, Joel., et al. 1996. *Water Treatment Membran Processes.*, AWWA, Lyonnaise des Eaux, Water Research Commision of South Africa ; McGraw Hill. New York .
- Mulder M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology.*, Kluwer Academic Publishers, Netherlan.
- Samudro, Ganjar. 2005. *Pengolahan air payau menjadi air bersih : kajian penurunan khlorida dengan pembubuhan besi (II) sulfat menggunakan media pasir silica*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Scott Keith. 1995. *Handbook of Industrial Membranes* (1st ed). Oxford: Elsevier Advanced Technology.

- Seader JD dan Henley. 1998. *Separation Process Principles*. Wiley Interscience. USA.
- Soleh, Achmad Zanbar. 2005. *Ilmu Statistika Pendekatan Teoritis dan Aplikatif disertai Contoh Penggunaan SPSS*, Rekayasa Sains, Bandung.
- Ujang Zaini. 2004. *Workshop on Membrane Technology For Water and Wastewater Treatment*. Makalah disajikan dalam Pelatihan Pengenalan dan Aplikasi Membran di Surabaya, ITS, Surabaya, 12-13 April 2004.
- Wenten, I.G. 1999. *Teknologi Membran Industrial.*, Bandung.

LAMPIRAN

**GAMBAR SKEMA ALAT DESALINASI AIR PAYAU MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI MEMBRAN ULTRAFILTRASI DENGAN SISTEM
ALIRAN *DEAD-END* UNTUK PENYEDIAAN AIR TAWAR**

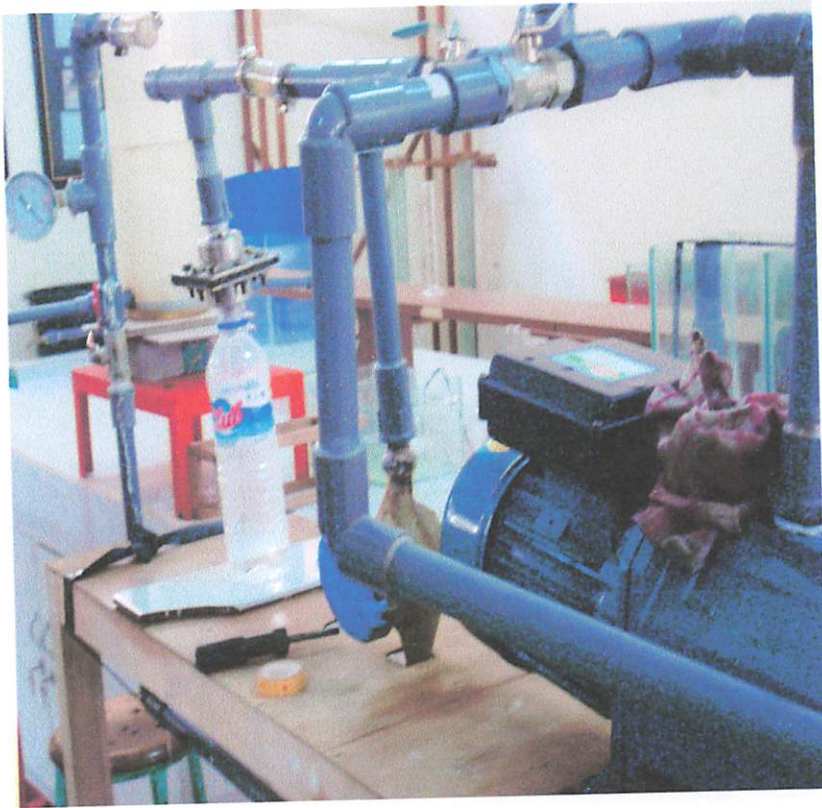


Keterangan :

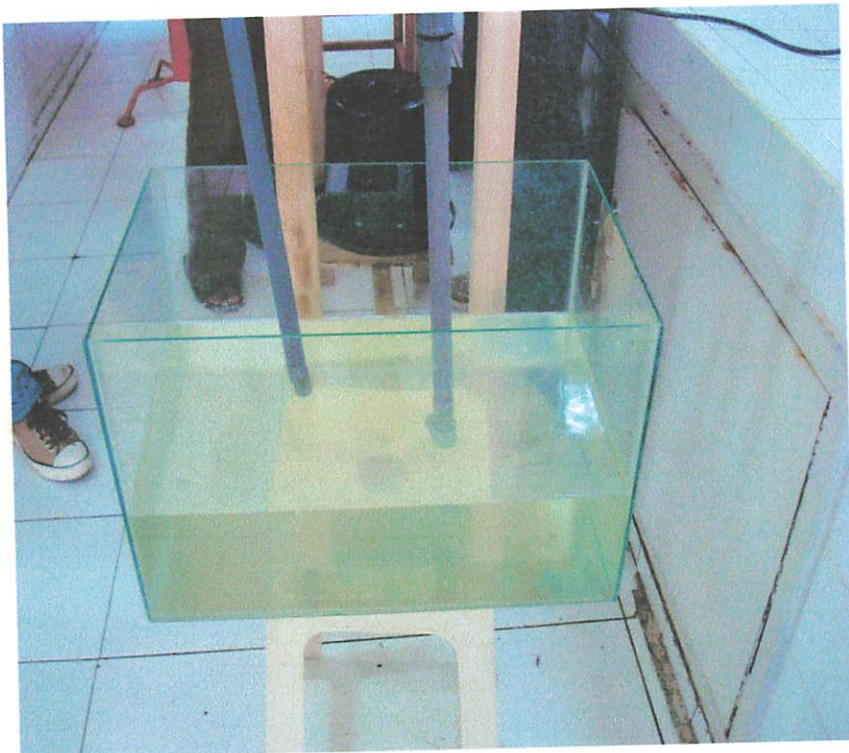
1. Bak Umpan (feed)
2. Pompa
3. Saluran Pelimpah
4. Valve
5. Pressure Gauge
6. Membran Ultrafiltrasi
7. Bak Permeate



Gambar 1. Modul Membran Untuk Aliran Dead-end



Gambar 2. Reaktor



Gambar 3. Bak Umpan (feed)



Gambar 4. Permeate

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976, E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id
Ds. Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Telp. (0321) 331860 & Fax. (0321) 395134

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 257 S/LKA MLG/VII/08

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

Nama : Lalu Erwin
Name

Alamat : Jl. Bendungan Sigura -Gura No. 3 E Malang
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 287-294/AB/VII/2008/349-356
Sample Code

Jenis Contoh Uji : Air Payau Hasil Penelitian
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Laboratorium ITN Malang
Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 28 Juli 2008 Jam 14:25 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji : -
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 06 Agustus 2008
Place/ Date of Issue



Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I

Inni Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Contoh uji dibuat oleh Lalu Erwin Tanggal, 27 Juli 2008
15:30 WIB

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id

Nomor : 257 S/LKA MLG/VII / 08

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

ntoh Uji : Ext. 287-294/AB/ VII / 2008 /349 - 356
ode
Pengambilan Contoh Uji : -
Method
Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Analysis
Analisa : 29 Juli – 04 agustus 2008
Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Hasil Penelitian				
Del 1.10.1				
ahan Total	mg/L	436.64	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
tas	gr/L	9,3	Konduktometri	-
Del 1.10.2				
ahan Total	mg/L	425.40	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
tas	gr/L	9,27	Konduktometri	-
Del 1.10.3				
ahan Total	mg/L	415.60	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
tas	gr/L	9,26	Konduktometri	-
Del 1.10.4				
ahan Total	mg/L	410.50	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
tas	gr/L	9,25	Konduktometri	-
Del 1.10.5				
ahan Total	mg/L	356.55	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
tas	gr/L	9,23	Konduktometri	-
Del 1.10.6				
ahan Total	mg/L	345.45	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
tas	gr/L	9,21	Konduktometri	-
Del 1.10.7				
ahan Total	mg/L	340.35	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
tas	gr/L	9,15	Konduktometri	-



oran ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
ate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
is Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation.

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976

Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134

E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id

Nomor : 257 S/LKA MLG/VII / 08

Halaman 3 dari 3
Page 3 of 3

Contoh Uji : Ext. 287-294/AB/ VII / 2008 /349 - 356
Code

Pengambilan Contoh Uji : -
Uji Method

Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Analysis

Analisa : 29 Juli – 04 Agustus 2008
Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Hasil Penelitian				
Uji 2.10.1				
kekeruhan Total	mg/L	335.61	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kekeruhan	gr/L	8.30	Konduktometri	-
Uji 2.10.2				
kekeruhan Total	mg/L	331.45	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kekeruhan	gr/L	8.27	Konduktometri	-
Uji 2.10.3				
kekeruhan Total	mg/L	325.55	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kekeruhan	gr/L	8.25	Konduktometri	-
Uji 2.10.4				
kekeruhan Total	mg/L	305.10	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kekeruhan	gr/L	8.20	Konduktometri	-
Uji 2.10.5				
kekeruhan Total	mg/L	370.60	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kekeruhan	gr/L	8.18	Konduktometri	-
Uji 2.10.6				
kekeruhan Total	mg/L	255.10	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kekeruhan	gr/L	8.16	Konduktometri	-
Uji 2.10.7				
kekeruhan Total	mg/L	250.45	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kekeruhan	gr/L	8.15	Konduktometri	-



Laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id

Nomor : 257 S/LKA MLG/VII / 08

Halaman 4 dari 4
Page 4 of 4

Uji : Ext. 287-294/AB/ VII / 2008 /349 - 356

Uji
ode

ngambilan Contoh Uji : -
Method

Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Analisa : 29 Juli – 04 Agustus 2008
ate(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Hasil Penelitian				
Uji 3.10.1				
kepekatan Total	mg/L	245.50	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kepekatan	gr/L	7.70	Konduktometri	-
Uji 3.10.2				
kepekatan Total	mg/L	241.60	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kepekatan	gr/L	7.35	Konduktometri	-
Uji 3.10.3				
kepekatan Total	mg/L	230.40	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kepekatan	gr/L	6.90	Konduktometri	-
Uji 3.10.4				
kepekatan Total	mg/L	236.16	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kepekatan	gr/L	6.85	Konduktometri	-
Uji 3.10.5				
kepekatan Total	mg/L	170.64	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kepekatan	gr/L	6.80	Konduktometri	-
Uji 3.10.6				
kepekatan Total	mg/L	165.32	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kepekatan	gr/L	6.70	Konduktometri	-
Uji 3.10.7				
kepekatan Total	mg/L	155.64	APHA. Ed. 20. 2340 Hardness, 1998	-
kepekatan	gr/L	6.30	Konduktometri	-



Laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation