

SKRIPSI

DESALINASI AIR PAYAU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MEMBRAN ULTRAFILTRASI DENGAN SISTEM ALIRAN *CROSS FLOW*



Oleh :
EVELYN ASRILA SARE
0126036

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

1988

INSTITUT TEKNOLOGI PURWADARAJA
KEMENTERIAN PERTANIAN DAN PERUMAHAN
KEMENTERIAN PERTANIAN
JALAN PETAHURAN 100
BOGOR

0150000

1 ALAM PURWADARAJA

1988



0150000

KEMENTERIAN PERTANIAN DAN PERUMAHAN
KEMENTERIAN PERTANIAN
JALAN PETAHURAN 100
BOGOR

1988

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

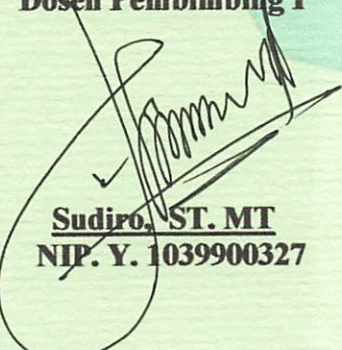
**DESALINASI AIR PAYAU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MEMBRAN
ULTRAFILTRASI DENGAN SISTEM ALIRAN *CROSS FLOW***

Oleh :

**Evelyn Asrila Sare
0126036**

**Menyetujui
Tim Pembimbing**

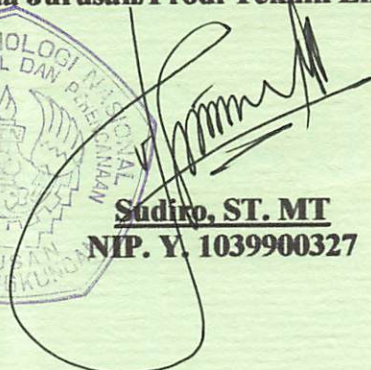

Dosen Pembimbing I


**Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327**

Dosen Pembimbing II


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

**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 *CROSS FLOW***

Oleh :

Evelyn Asrila Sare

0126036

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S1) pada tanggal 20 September 2008, dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik.

**Mengetahui
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi**



Sekretaris
Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

Evy Hendriarianti, ST, MMT.
NIP. P. 1030300382

Dosen Penguji II

Hardianto, ST. MT
NIP. P. 1030000350

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji Syukur untuk rahmatMu Ya TUHAN... yang terus melimpah dalam setiap sisi hidupku. Untuk bimbingan roh KudusMu yang telah mengilhami, menguatkan dan memampukanku untuk menyelesaikan semuanya.....

Kupersembahkan skripsi ini untuk begitu banyak orang2 yang hadir dalam kehidupanku, yang menyentuh aku dengan cara mereka sendiri2, teriring ucapan terima kasih sebesar-besarnya.....

Istana yang paling indah adalah KELUARGA, puisi yang paling bermakna adalah...KELUARGA.... Terima kasih tak terhingga untuk Papa Gabriel Gae, Mama Caesilia Vera Vince, yang selalu mencintaiku dengan cinta yang tak pernah berakhir, yang mengajarkan ku menjadi manusia yang penuh kasih, Yang menerimaku apa adanya, memaafkanku, Yang selalu menyiapkan pelukan terhangat bagiku ketika aku merasa membutuhkan kelepasan.. yang membantu aku membangun rasa percaya diri, yang selalu mendengarkan, yang mengajarku menjadi Evelyn yang peka dan HARUS JUJUR, yang selalu peduli dengan berbagai permasalahan yang ku hadapi. Bapakku inspirasiku...Mamaku, malaikatku...

Buat saudara-saudariku tercinta, Kakak Erlinda Patricia Gae, Kak Dominikus Dion dan Dito Meluk ponakanku, Kak Suster Alvaresta P.Karm, Adek Helen Fransiska Gae, Adek Fernando Hugo yang selama ini mendukung aku dalam masa sakit dan harus menyelesaikan studi yang tertunda. Buat Om Jolanh sekeluarga, keluarga Napungliti dan Nangablo, Paul, Yanik, Andrew, Huber.

Buat semua Guru dan Dosen ku tercinta, yang telah membagikan ilmu, memberikan arahan, membimbing, menjadi orang tua pengganti dan selalu memberikan motivasi positif. Terima kasih Pahlawan Tanda Jasa ku.. Semoga tiap kata-kata dan ilmu yang Engkau bagikan membawa berkah.

Buat Abang Noven yang selalu membantu dan mendukung aku. Yang selalu menjadi tempat pelarianku untuk berbagi, mengajarkan padaku bagaimana cara memaknai anugrah cinta yang Tuhan hadirkan di antara kita. Buat Inang dan Amang di Medan yang mendukung aku dengan doa-doa. Bapak dan Ibu Bin yang selalu mendengarkanku. Papa dan Mama di Banyuwangi, Mas Marcel. Buat Bapak dan Ibu Sulis

Buat semua yang hadir dan memberikan dukungan padaku.

Buat para suster putri karmel dan para frater CSE. Suster Elfrida CIJ dan para suster CIJ komunitas Riung, Buat Frs projo di Geovanni (Viktor Taufan, Lupus, Diri, Hans, Dris, Ventus, Yosi). Fr. Eddy di Australia. Buat Lili, santy, nila, eva, manik, Nona Ana.. mbak Devy, buat mas Zaky mbak eka mbak Baby k Lies, mas ewin, abang gafur, abang bayu, Mas Nesta, Abang Doddy pengusaha, mas pay Apay, Ardhy, Zainal, Azizi., Teguh, Andy, Hendra, Andrew, Kak Timo, Reni, Chia, Teman2 TL 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, mas Toyol, Buat teman2 mudika dan warga st Kristoforus tercinta.. Ance, Maria, lilies, Angel, Ani, rini, aty, Vicky, jacko, luis, Paul, mas Dony, Tensi, Marko, Maler, Anggi Chika, ibu suwardi, Pak Sukari, Sr. Ima, sisters Congregatio passionis Jesu Christi sigura-gura, k Domi, teman2 dari Maumere, Yoris, Yuyun dan Itong, Opie Jo dan Hendra, Angel, K Ani dan K Emil, teman-teman IKMM semuanya, teman-teman PMKRI Malang, Dan buat teman-teman kos tercinta : Eka, Nining, Eni, Endah, Nini, Anung, Ridha, Antic, Rini, Lilis, Ani.

Semoga Tuhan Membalas kebaikan mu.....

ABSTRAKSI

Sare, Evelyn Asrila., Sudiro., Candra Dwi Ratna. 2008. Desalinasi Air Payau Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Dengan Sistem Aliran Cross Flow. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional Malang.

Air menjadi kebutuhan mendasar disemua sisi kehidupan manusia. Pada daerah–daerah pesisir pantai, kebutuhan akan air bersih menjadi masalah yang rumit. Air laut ataupun air payau adalah contoh – contoh sumber air yang paling banyak ditemukan di daerah sekitar pantai ataupun muara dan merupakan sumber yang potensial untuk memberikan pasokan air tawar bagi penduduk yang bermukim di sekitar pesisir pantai. Namun masalah utama dalam pemanfaatan sumber air ini adalah tingginya kadar garam dan material terlarut yang menyebabkan air berasa asin.

Dalam penelitian ini, air payau didesalinasi secara fisis menggunakan teknologi membran Ultrafiltrasi (UF) aliran *crossflow* untuk mengurangi kandungan garam sehingga dapat menurunkan kadar salinitas dan jumlah zat padat terlarut. Membran UF merupakan membran porous dimana rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran. Sedangkan sistem *cross flow*, aliran umpan akan searah dengan permukaan membran sehingga menghindari terakumulasinya *solute* di permukaan membran. Pada saat operasi membran, variasi perlakuan antara lain variasi tekanan yaitu 1 bar, 3 bar dan 4 bar juga variasi lama pemakaian membran yaitu tiap 15 menit dalam kurun waktu operasi 90 menit. Analisa kandungan salinitas dilakukan dengan menggunakan metode refraktometrik dan TDS dengan metode perhitungan dari hasil analisa Daya Hantar Listrik (DHL).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk proses desalinasi air payau. Dalam penelitian ini, air payau memiliki konsentrasi salinitas awal sebesar 10 permil ($^{\circ}/_{100}$) dan konsentarsi awal *Total Dissolved Solid* (TDS) sebesar 2750 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, nilai fluks tertinggi dicapai pada variasi perlakuan tekanan 4 bar menit ke-30 yaitu sebesar 163,200 L/m².jam. Konsentrasi akhir salinitas terendah sebesar 4,9⁰/₁₀₀ pada variasi perlakuan tekanan 4 bar menit ke 90 atau dapat dinyatakan dalam persentasi rejeksi tertinggi yaitu sebesar 51%. Konsentrasi akhir TDS terendah sebesar 990 mg/L pada variasi perlakuan tekanan 4 bar menit ke 90 atau dapat dinyatakan dalam persentasi rejeksi tertinggi yaitu sebesar 64%.

Kata kunci : *Cross Flow*, Desalinasi, Membran Ultrafiltrasi.

ABSTRACT

Sare, Evelyn Asrila, Sudiro., Candra Dwi Ratna. 2008. Brackish Water Desalination Using The Technology Of Ultrafiltration Membrane With Crossflow System. Thesis From Environment Engineering, National Technology Institute of Malang.

Water is the basic need in every sides of human life. On the seaboards, the need of water is become complicated problem. On the seaboards or mouth river areas, sea water or brackish water are examples of sources that be used by people who live there. But, the main problem, this sources contain high salinity and dissolved material. This facts, of course, cause the water be salted.

In this research, we used ultrafiltration membrane (UF) technology to make desalination process physically on the brackish water to reduce it's salinity. UF membrane is porous membrane which dissolved matter's rejection is impressed by the size of dissolved matter that relative with the size of membrane's pore. While, on the crossflow's system, the current will be direct with the membrane's surface, so that solute's accumulation in the membrane's surface can be avoided. When membrane's operation was going on, pressure's variation was given: 1 bar, 3 bars and 4 bars. The variation of membrane's use was also be done: every 15 minutes as long as 90 minutes operation. Salinity's content analysis used refraktometrik method. And TDS analysis used calculation method of the DHL result.

The result of research shows that ultrafiltration's membrane can be used to make desalination process on the brackish water. In this research brackish water have preeliminary concentration of salinity 10 part per thousand ($^{\circ}/_{00}$) and preliminary concentration of Total Dissolved Solid (TDS) 2750 mg/L. The result of research shows that the highest fluks's value, that is 163,200 L/m²/hour, is achieved on pressure's variation 4 bars, on the 30's minutes. The last concentration of lowest salinity 4.9⁰/₀₀ on the pressure 4 bars, on the 90's minutes or can be manifested in the highest rejection's percentage, that is 51%. The last concentration of lowest TDS 990 mg/L on the pressure 4 bars, on the 90's minutes or can be manifested in the highest rejection's percentage, that is 64%.

KEY WORDS: Crossflow, Desalination, Ultrafiltration Membrane.

KATA PENGANTAR

Setiap tahunnya sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk, kebutuhan akan penyediaan air bersihpun semakin meningkat. Namun hal ini tidak sejalan dengan ketersediaan air bersih yang sumber-sumbernya semakin langka ditemukan dan eksploitasinya yang bertabrakan dengan upaya pelestarian lingkungan.

Masalah penyediaan air tawar ini semakin rumit khususnya bagi masyarakat yang menetap di daerah pesisir pantai ataupun di daerah pulau – pulau, karena sumber air bersih yang berada di sekitar wilayah tempat mereka bermukim adalah air dengan kadar salinitas yang lebih tinggi dari kadar salinitas normal yang ada di air tawar. Umumnya masyarakat membuat sumur dangkal yang airnya payau atau menampung air hujan. Namun di beberapa daerah telah disediakan unit pengolahan air asin untuk penyediaan air tawar yang sumbernya berasal dari air asin, namun dengan harga jual yang sangat tinggi karena mahalny proses produksi.

Melihat fenomena ini, penulis merasa tertantang untuk mencoba menemukan solusi dengan menguji apakah membrane ultrafiltrasi yang lebih ekonomis dalam masalah penyediaan produk dapat digunakan untuk menurunkan kadar salinitas air yang bersifat payau, dengan melakukan penelitian yang dikemas dalam skripsi berjudul “Desalinasi Air Payau Menggunakan Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Cross Flow”. Adapun skripsi ini dibuat untuk memenuhi sebagian persyaratan menyelesaikan program strata satu (S-1), Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis bersyukur atas Rahmat Allah Yang Maha Kuasa dan bimbingan kuasa Roh KudusNya yang telah mengilhami, menguatkan dan memampukan penulis dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, hingga dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Penghargaan sebesar-besarnya, saya berikan kepada Bapak Sudiro, ST.MT, selaku Ketua Jurusan dan sekaligus dosen pembimbing I yang selalu

menyediakan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya. Selanjutnya saya berterima kasih kepada Ibu Candra Dwi ratna, ST.MT. selaku kepala Laboratorium lingkungan sekaligus dosen pembimbing II, yang telah mengizinkan saya melakukan penelitian di lab. Lingkungan dan sebagai dosen pembimbing telah menyediakan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya mulai dari proposal penelitian, selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada jajaran dosen Teknik lingkungan, Pak DR. Hery Setyobudiarso, MSi., Ibu Anis artiyani,ST sekaligus sebagai Sekretaris jurusan yang telah membantu keperluan administrasi, ibu Evi Hendriarianti, ST.MMT, Ibu Tuani Lidiawati S, ST.MT, Bapak Ir.Rafael sotang, Bapak Hardianto,ST.MT.

Selain itu terima kasih juga sebesar-besarnya kepada keluargaku tercinta, Bapak, Mama, Kak Linda, Kak Dion, Dito, Sr. Alvaresta P.Karm, Helen, Nando, Ito ku yang dengan setia memberikan motivasi, mendukung saya dengan doa-doa dan memenuhi semua keperluan saya selama penelitian dan penyusunan skripsi. Tidak lupa juga buat teman-teman seperjuangan, Nini, Ewin, Eka, Gofur, Bayu, Dody, Zaenal, Azizi, Baby, K Lies, Teguh, Mas pay, Nesta, Apay, Yudis,teman-teman 2000, 2002, 2003, Viktor Taufan, adek dan saudara terbaikku. Dan juga terima kasih kepada siapa saja yang dengan pelbagai cara telah dipakai Tuhan untuk mendukung saya.

Malang, Juli 2008

Penulis

Evelyn Astila sare

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

ABSTRAKSI	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Tujuan Penelitian	I-3
1.4 Ruang Lingkup	I-3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Garam	II-1
2.2 Desalinasi dan Salinitas	II-3
2.3 Teknologi Mmbran	II-5
2.3.1 Defenisi	II-5
2.3.2 Material Membran	II-5
2.3.3 Membran Sellulose Asetat	II-7
2.3.4 Bentuk Membran	II-8
2.3.5 Struktur Membran	II-11
2.3.6 OPerasi Membran	II-11
2.3.7 Proses Membran	II-13
2.3.8 Fouling	II-16
2.3.9 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Membran	II-20
2.3.10. Membran Ultrafiltrasi	II-22
2.4 Total Dissolved Solid	II-23

2.5 Metode Pengolahan Data.....	II-24
2.5.1 Analisis Statistik dalam Minitab.....	II-24
2.5.2 Statistik Deskriptif.....	II-25
2.5.3 Statistik Inferensi.....	II-25
2.5.4 Generalisasi dan Kesimpulan Analisis Data.....	II-29

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum	III-1
3.2 Kerangka Penelitian.....	III-1
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian.....	III-3
3.3.1 Air baku	III-3
3.3.2 Peralatan Penelitian.....	III-3
3.3.3 Parameter penelitian	III-5
3.4 Variabel Penelitian.....	III-5
3.5 Tahapan Penelitian.....	III-6
3.6 Analisis Parameter Uji.....	III-6
3.7 Analisis Data.....	III-8

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Baku.....	IV-1
4.2 Pengolahan Air Payau Dengan Teknologi UF Aliran <i>Crossflow</i> .	IV-2
4.3 Analisis Statistik.....	IV-5
4.3.1 Analisis Deskriptif.....	IV-5
4.3.1.1. Analisis Deskriptif Fluks.....	IV-5
4.3.1.2. Analisis Deskriptif Salinitas.....	IV-6
4.3.1.3. Analisis Deskriptif TDS.....	IV-9
4.3.2 Analisa ANOVA.....	IV-12
4.3.3 Analisa Korelasi.....	IV-16
4.3.4 Analisa Regresi.....	IV-19
4.4 Pembahasan Analisa Fluks	IV-26
4.4.1 Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Fluks Membran ...	IV-27
4.4.2 Pengaruh Waktu Terhadap Fluks Membran	IV-28

4.5 Pembahasan Analisis Salinitas dan TDS	IV-30
4.5.1 Pengaruh Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap Persentasi Rejeksi Salinitas dan TDS	IV-32
4.6 Waktu Terjadinya Fouling.....	IV-35
4.7 Ringkasan Analisis	IV-39

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Kimia CA.....	II-7
Gambar 2.2	Modul Membran Hollow Fiber.....	II-8
Gambar 2.3	Modul Membran Spiral Wound.....	II-9
Gambar 2.4	Modul Membran Tubular.....	II-10
Gambar 2.5	Modul Membran Plate and Frame.....	II-10
Gambar 2.6	Sistem Aliran <i>Dead-end</i> dan <i>Cross-flow</i>	II-12
Gambar 2.7	Mekanisme Perpindahan Material Dalam Membran.....	II-13
Gambar 2.8	Range Of Separation Processes.....	II-14
Gambar 2.9	Resisten membrane Terhadap Transpor Massa Pada Membran Berpori.....	II-17
Gambar 2.10	Peristiwa Polarisasi Pada membrane.....	II-18
Gambar 2.11	Mekanisme Bloking Pada Pori Membran.....	II-19
Gambar 3.1	Bagan Kerangka Penelitian.....	III-2
Gambar 3.2	Wadah Air Baku.....	III-3
Gambar 3.3	Wadah <i>Permeate</i>	III-3
Gambar 3.4	Rangkaian Reaktor UF.....	III-4
Gambar 3.5	Modul Membran dan Membran UF.....	III-5
Gambar 3.6	Alat Refraktometer.....	III-7
Gambar 3.7	pH Meter.....	III-7
Gambar 3.8	Termometer.....	III-8
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Fluks dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....	IV-6
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Angka Salinitas dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....	IV-7
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Persentase Rejeksi Salinitas dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....	IV-9
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Konsentrasi TDS dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan	IV-10

	Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan	IV-31
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Antara Persentase Rejeksi TDS dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....	IV-33
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Fluks dan Waktu Operasi Pada Sistem pengaliran <i>Crossflow</i>.....	IV-44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Saline Water.....	II-2
Tabel 2.2	Komposisi Air Payau.....	II-2
Tabel 2.3	Koefisien Korelasi Guilford.....	II-27
Tabel 4.1	Karakteristik Air Baku.....	IV-1
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Fluks Pada Berbagai Tekanan.....	IV-2
Tabel 4.3	Nilai Konsentrasi Akhir Salinitas.....	IV-3
Tabel 4.4	Nilai Konsentrasi Akhir TDS.....	IV-4
Tabel 4.5	Hasil Pengamatan Suhu dan pH.....	IV-4
Tabel 4.6	Hasil Uji Kesamaan Variansi Analisa Fluk.....	IV-6
Tabel 4.7	Hasil Uji ANOVA Fluks.....	IV-7
Tabel 4.8	Korelasi Antara Fluks Dengan Tekanan dan Waktu Operasi.....	IV-8
Tabel 4.9	Nilai Koefisien Persamaan Regrasi Fluks.....	IV-10
Tabel 4.10	Hasil Uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Fluks.....	IV-12
Tabel 4.11	Nilai Persentase Rejeksi Salinitas.....	IV-19
Tabel 4.12	Hasil Uji Kesamaan Variansi Analisa Persen Rejeksi Salinitas.....	IV-21
Tabel 4.13	Hasil Uji ANOVA Persentase Rejeksi Salinitas.....	IV-22
Tabel 4.14	Korelasi Antara Persentase Rejeksi Salinitas Dengan Tekanan dan waktu Operasi.....	IV-23
Tabel 4.15	Nilai Koefisien Regresi Persentase Rejeksi Salinitas.....	IV-25
Tabel 4.16	Hasil Uji ANOVA Yntuk Analisa Regresi Persentase Rejeksi Salinitas.....	IV-27
Tabel 4.17	Nilai Persentase Rejeksi TDS.....	IV-24

Tabel 4.18	Hasil Uji Kesamaan Variansi Persentase Rejeksi TDS.....	IV-34
Tabel 4.19	Hasil Uji ANOVA Persentase Rejeksi TDS.....	IV-35
Tabel 4.20	Korelasi Antara Rejeksi TDS Dengan Tekanan dan Waktu Operasi.....	IV-36
Tabel 4.21	Koefisien persamaan Rejeksi Persentase TDS	IV-38
Tabel 4.22	Uji ANOVA Analisa regresi Persentase TDS	IV-40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain Alat

Lampiran 2 Data Hasil Analisa Parameter Uji

Lampiran 3 Tabel T dan Tabel F



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Setiap tahunnya sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk, kebutuhan akan penyediaan air bersihpun semakin meningkat. Hal ini tidak sejalan dengan ketersediaan air bersih yang sumber-sumbernya semakin langka ditemukan dan eksploitasinya yang bertabrakan dengan upaya pelestarian lingkungan.

Perubahan iklim yang cukup drastis akibat pemanasan globalpun turut punya andil. Kemarau yang terjadi berlangsung cukup lama sementara periode berlangsungnya musim hujan menjadi lebih singkat. Masalah penyediaan air tawar ini semakin rumit, khususnya bagi daerah–daerah yang jauh dari sumber air tawar dan yang tersedia hanya air asin atau air payau seperti daerah – daerah pesisir pantai dan daerah kepulauan. Masyarakat yang menetap di wilayah ini umumnya membuat sumur dangkal yang airnya payau ataupun tempat menampung air hujan.

Alat pengolah air asin ada banyak macam dan metodenya, seperti destilasi, pertukaran ion, elektrodialisis dan *Reverse Osmosis* (RO). Di antara 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 (misal, pembakaran gas minyak dan kilang minyak), sehingga dapat menghemat biaya operasi dan skala produksinya besar (>500m³/hari). Sedangkan teknologi *reverse osmosis* banyak dipakai dalam skala yang lebih kecil dengan kecepatan produksi air yang lebih tinggi sehingga dirasakan lebih efektif ([www.bppt.go.id/ndex.hp?option=com_content & task = view & id=1373&Itemid=30 - 22k](http://www.bppt.go.id/ndex.hp?option=com_content&task=view&id=1373&Itemid=30-22k))

Pemakaian teknologi berbasis membran saat ini semakin terlihat atraktif sebagai alternatif pengganti proses–proses konvensional. Proses pengolahan air asin berbasis teknologi membran antara lain seperti *Reverse Osmosis*, Nanofiltrasi, dan 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. Penelitian oleh Junaedi (2004) menunjukkan bahwa rejeksi kandungan garam dalam sampel campuran dengan menggunakan membran ultrafiltrasi dan nanofiltrasi mencapai 81,2% dan glukosa mencapai 90,8%.

Ultrafiltrasi mempunyai bidang penerapan yang luas dalam teknologi membran. Penelitian Notodarmodjo dan Deniva pada tahun 2004 menunjukkan bahwa membran ultrafiltrasi mempunyai prospek yang sangat baik sebagai unit pengolahan air minum. Menurut hasil penelitian mereka, membran ultrafiltrasi dapat menurunkan zat organik penyebab kekeruhan dengan tingkat rejeksi 80% - 90%. Demikian juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Mahmud pada tahun 2002 (dalam Notodarmodjo dan Deniva pada tahun 2004). Ia menyatakan bahwa membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk mengolah air gambut menjadi air minum. Penelitian yang dilakukan oleh Hapsari (2002) juga menunjukkan bahwa membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk merejeksi kadar ion-ion logam dalam suatu larutan, salah satu diantaranya adalah ion logam cromium (Cr) dengan persentase 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 :

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

- c. Berapakah tekanan pompa dan waktu optimum dalam kurun waktu operasi pemakaian membran yang dapat memperoleh prosentase rejeksi membran terbesar?

1.3. Tujuan Penelitian

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

- a. Untuk mengetahui kemampuan membran ultrafiltrasi dalam proses desalinasi air payau.
- b. Menentukan tekanan pompa dan waktu optimum dalam kurun waktu operasi pemakaian membran yang dapat menghasilkan fluks tertinggi.
- c. 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 umpan air payau.
3. Penelitian dilakukan secara kontinyu.
4. Parameter utama yang diukur adalah penurunan salinitas dan *Total Dissolved Solid* (TDS).
5. Parameter tambahan yang diukur adalah pH dan suhu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. 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. Sebagai tambahan dalam air alami, industri juga menghasilkan air asin yang tidak dapat dipakai lagi.

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
- Garam pada timbunan, lapisan dasar yang tipis dan penyebaran pada proses pembentukan geologis
- 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, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Air Asin

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 : Hcittmann 1990, dalam Samudro 2005

Dari tabel 2.1 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 2.2.

Tabel 2.2. Komposisi Air Payau (mg/L)

Komposisi Kimia	Konsentrasi (mg/L) Pada Lokasi Air payau			
	1	2	3	4
Sodium	886	125	630	900
Calcium	118	361	116	250
Magnesium	72	69	15	70
Chloride	131	67	1054	1450
Sulfate	1943	900	115	590
Bicarbonate	473	357	78	210
Hardnes CaCO ₃	590	1073	354	912
Manganesc	1	0.1	0	0.1
Fluoride	-	-	2	-

Iron	2	1	0	0.4
Potassium	16	13	0	5
Nitrate	6.3	19	9	1
Silicate	-	-	17	-
TDS	3648	1800	2076	3475
pH	7.6	7.9	7.9	7.3
Temperature ($^{\circ}$ C)	21	21	21	21
Organic Substances (COD)	10	7.9	-	7

Sumber : Heitmann 1990 dalam Samudro 2005.

Tabel 2.2 menunjukkan komposisi TDS air payau berbeda – beda dari satu kasus ke kasus lain dan mungkin memiliki nilai mencapai 5000 mg/L.

2.2.Desalinasi dan Salinitas

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

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:

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

Definisi salinitas ditinjau kembali ketika tehnik untuk menentukan salinitas dari pengukuran konduktivitas, temperatur dan tekanan dikembangkan. Sejak tahun 1978, didefinisikan suatu satuan baru yaitu *Practical Salinity Scale* (Skala Salinitas Praktis) dengan simbol S, sebagai rasio dari konduktivitas.

Salinitas praktis dari suatu sampel air laut ditetapkan sebagai rasio dari konduktivitas listrik (K) sampel air laut pada temperatur 15°C dan tekanan satu standar atmosfer terhadap larutan kalium klorida (KCl), dimana bagian massa KCl adalah 0,0324356 pada temperatur dan tekanan yang sama. Rumus dari definisi ini adalah:

$$S = 0.0080 - 0.1692 K^{1/2} + 25.3853 K + 14.0941 K^{3/2} - 7.0261 K^2 + 2.7081 K^{5/2}$$

Penggunaan definisi baru ini, dimana salinitas dinyatakan sebagai rasio, maka satuan ‰ tidak lagi berlaku. Nilai 35‰ berkaitan dengan nilai 35 dalam satuan praktis. Beberapa oseanografer menggunakan satuan "psu" dalam menuliskan harga salinitas, yang merupakan singkatan dari "*practical salinity unit*". Karena salinitas praktis adalah rasio, maka sebenarnya ia tidak memiliki satuan, jadi penggunaan satuan "psu" sebenarnya tidak mengandung makna apapun dan tidak diperlukan. Pada kebanyakan peralatan yang ada saat ini, pengukuran harga salinitas dilakukan berdasarkan pada hasil pengukuran konduktivitas.

Salinitas di daerah subpolar (yaitu daerah di atas daerah subtropis hingga mendekati kutub) rendah di permukaan dan bertambah secara tetap (monotonik) terhadap kedalaman. Di daerah subtropis (daerah antara 23,5° - 40°LU atau 23,5° - 40°LS), salinitas di permukaan lebih besar daripada di kedalaman akibat

besarnya evaporasi (penguapan). Di kedalaman sekitar 500 sampai 1000 meter harga salinitasnya rendah dan kembali bertambah secara monotonik terhadap kedalaman. Sementara itu, di daerah tropis salinitas di permukaan lebih rendah daripada di kedalaman akibatnya tingginya presipitasi (curah hujan) (http://www.geocities.com/agus_adut/sifat_air_laut.htm).

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 = $> 5 \%$

2.3. Teknologi Membran

2.3.1. 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).

2.3.2. 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 (Artifantinoso, 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 dalam Taufikurahman 2006):

- 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.

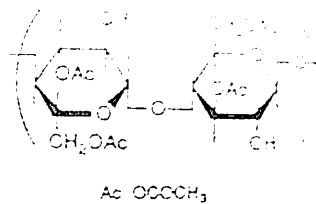
c. Miscellaneous

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

2.3.3. Membran Selulose Asetat

Selulose Asetat (CA) cukup banyak digunakan untuk membrane 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.

Gambar 2.1. memperlihatkan struktur kimia dari selulose asetat.



Gambar 2.1. Struktur Kimia CA

Ada beberapa keuntungan selulose asetat sebagai berikut yaitu (Wenten,1999):

- a) Sifatnya merejeksi garam yang tinggi, kombinasi yang jarang ada pada material membran lainnya.
- b) Relatif mudah untuk manufaktur.
- c) Bahan mentahnya merupakan sumber yang dapat diperbaharui.

Sedangkan kekurangan dari bahan ini antara lain :

- a) Memiliki range temperatur 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.

2.3.4. Bentuk Membran

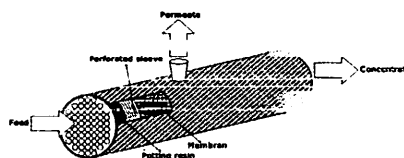
Bentuk membran yang bermacam-macam menghasilkan konfigurasi yang berbeda pada masing-masing bentuk. Bentuk membran kurang lebih ada lima (5) jenis, antara lain:

a) *Flat sheet*

Bentuk membran menyerupai lembaran kertas tipis yang kecil. Pada umumnya ukuran membran yang dijual dipasaran memiliki ukuran 47 mm.

b) *Hollow fiber*

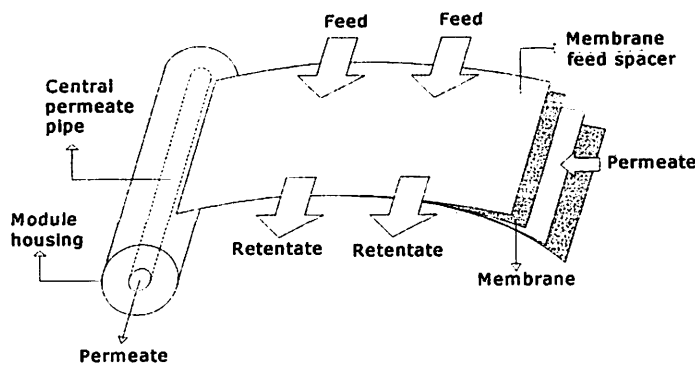
Membran ini terdiri dari membran kapiler yang digabung dengan cara diikat ujungnya menjadi satu menggunakan agensia seperti resin epoksi, karet silikon. Bundel tersebut diletakkan pada wadah atau tempat yang dapat menahan tekanan dari pompa (Wenten,1999). Arah alirannya bisa *in-outside* atau *out-inside flow*. Modul ini sangat padat dengan densitas paking mulai dari 1000 m²/m³ pada modul UF dan lebih dari 10.000 m²/m³ pada modul RO (Malleviale,1996). Modul membran *hollow fiber* diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Modul Membran Hollow Fiber
(Sumber: Malleviale,1996)

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. Diameter membran ini dapat mencapai 300mm dengan panjang modul mencapai 1,5m. Modul ini memiliki densitas paking 700–1000 m²/m³. Aliran bergerak secara spiral mengikuti alur yang ada. (Mallevalle,1996). Modul membran *spiral wound* diperlihatkan pada Gambar 2.3.

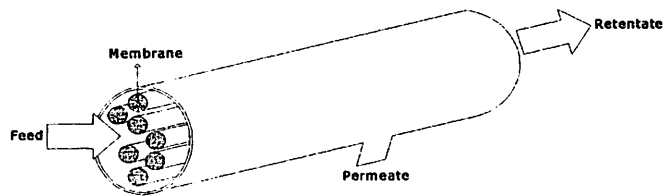


Gambar 2.3. Modul Membran Spiral Wound
(Sumber: Mallevalle,1996)

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. Modul ini memiliki

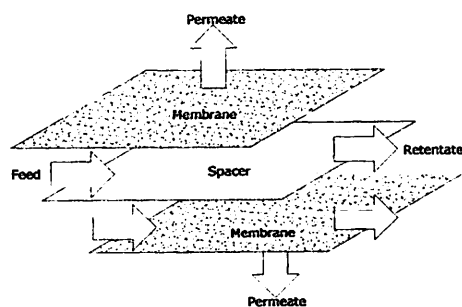
range diameter 6-40 mm dengan surface area membran 0,2-7,4 m². (Malleviale,1996).



Gambar 2.4. Modul Membran Tubular
(Sumber: Malleviale,1996)

e) *Plate and Frame*

Bentuk membran ini terdiri dari rangkaian beberapa membran *flat sheet* dengan lempeng pendukung. Ketebalan dari membran ini berkisar 0,5-3,0 mm dengan densitas paking sekitar 100-400 m²/m³. Air dilewatkan pada lapisan membran yang terhubung, dimana lempeng akan memperkuat membran dalam menahan tekanan, selain itu juga menyediakan saluran *permeate* hasil saringan (Malleviale,1996). Air dilewatkan pada dua lapisan membran yang terhubung, dimana lempeng akan memperkuat membran untuk menahan tekanan dan juga menyediakan saluran *permeate* hasil saringan. Modul membran *flat sheet* diperlihatkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Bentuk Membran *Plate and Frame*
(Sumber: Malleviale,1996).

2.3.5. Struktur Membran

Proses ultrafiltrasi bekerja berdasarkan tekanan hidrostatis dengan tipe membran, tipe membran 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.

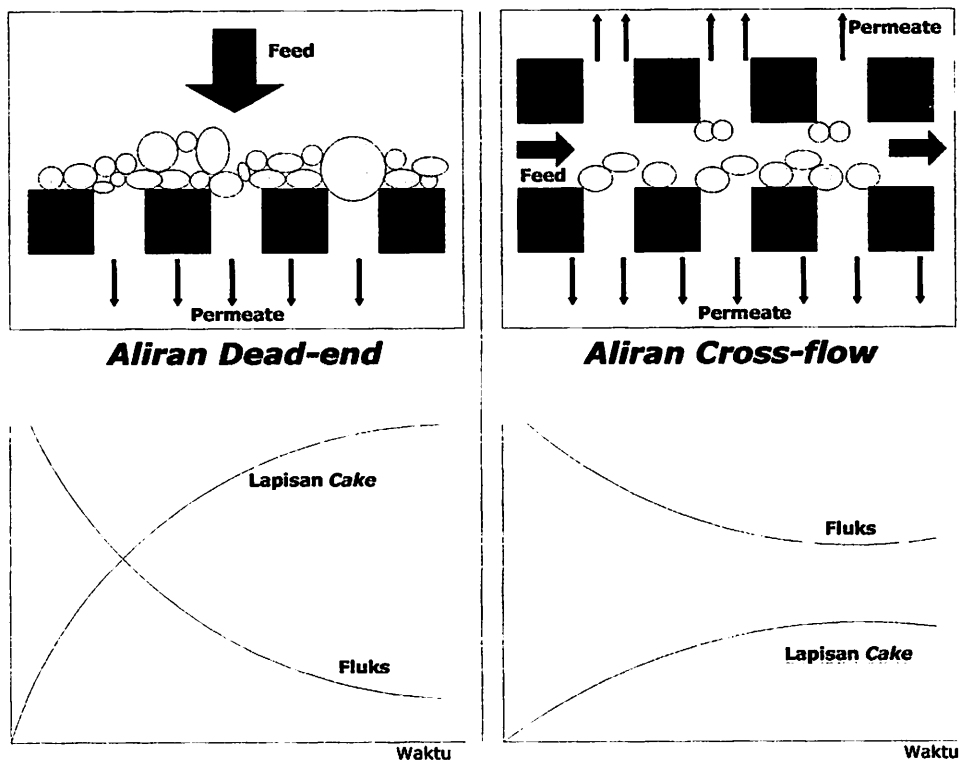
Asimetrik memiliki bentuk yang tidak seragam. Ukuran pori permukaan membran tidak merata dan tidak teratur sehingga menghasilkan ukuran pori dalam selang range tertentu. Untuk ultrafiltrasi biasanya range ukuran pori membran berkisar antara $50 - 100 \text{ nm}$. Struktur seperti ini menguntungkan dalam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

2.3.6. 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. 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>).

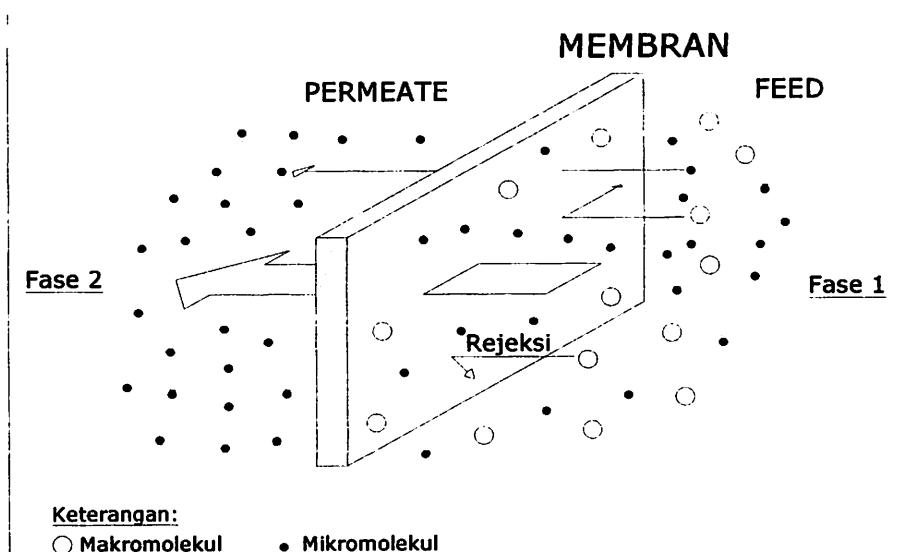


Gambar 2.6. Sistem Aliran *Dead-end* dan *Cross-flow*
(Sumber: Scott, 1995 dalam Taufikurahman 2006)

2.3.7. Proses Membran

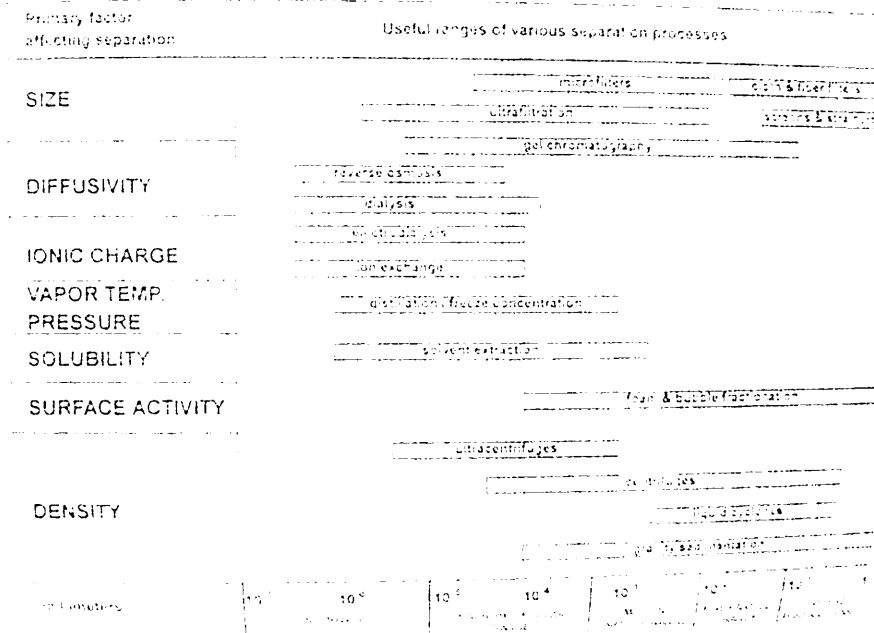
Mekanisme teknik proses pemisahan pada membran adalah perpindahan aliran fluida ataupun solute melalui membran proporsional dengan perbedaan tekanan (ΔP) pada permukaannya. Prinsip dasar proses membran untuk menahan partikel kontaminan adalah proses penyaringan. Penyaringan dapat dilakukan jika partikel 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 2.7.



Gambar 2.7. Mekanisme Perpindahan Material Dalam Membran
(Sumber: Mallevalle, 1996)

Ukuran partikel kontaminan bervariasi. Demikian juga dengan ukuran pori-pori membran. Gambar 2.8 di bawah ini adalah tabel yang akan menunjukkan ukuran partikel kontaminan dan range variasi proses penyaringan oleh membran.



Gambar 2.8. Range Of Separation Processes

(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).

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

Di mana:

J_v = fluks (L/m² jam)

V = volume *permeate* (Liter)

A = luas permukaan membran (m²)

t = waktu penyaringan (jam)

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* yang akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

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*)

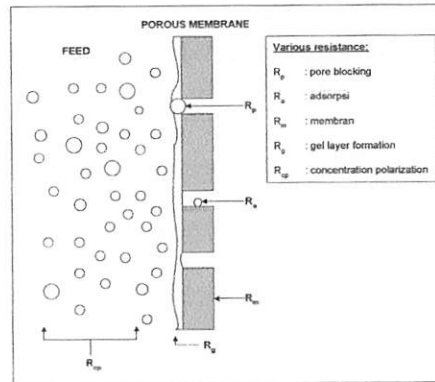
Dengan harga R berkisar antara 0 sampai 1. Jika harga $R = 1$ berarti zat kontaminan ditahan oleh membran secara sempurna

2.3.8. 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 2.9.



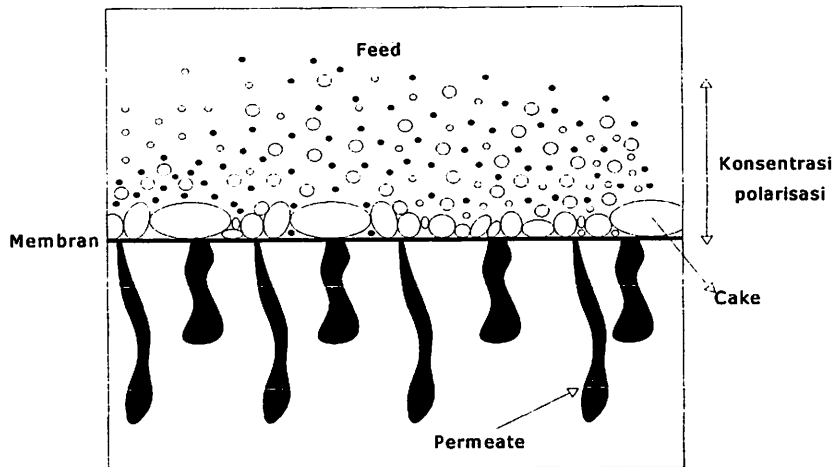
Gambar 2.9. Resistensi Membran Terhadap Transport Massa Pada Membran Berpori (Sumber: Mulder, 1996)

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 2.10.



Gambar 2.10 Peristiwa Polarisasi Pada Membran
(Sumber: Citrasari, 2004)

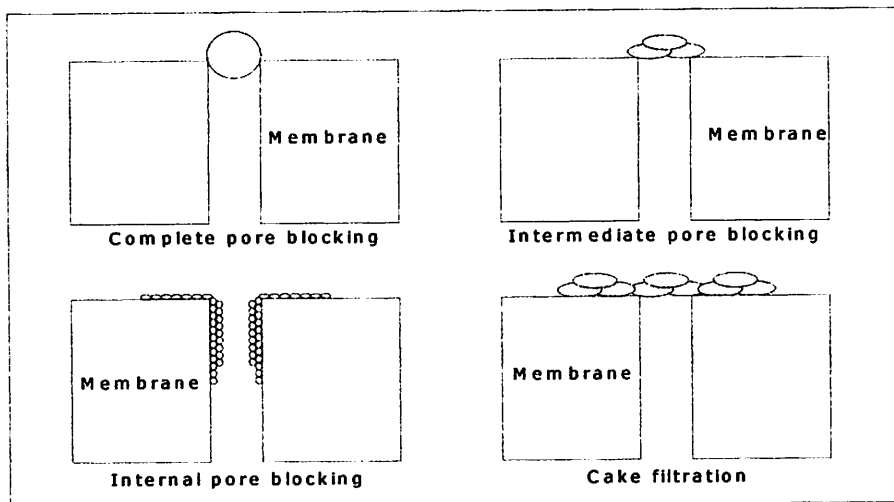
▪ Tahap II

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 2.11.



Gambar 2.11 Mekanisme Bloking Pada Pori Membran
(Sumber: Jia-Shyan, 2003 dalam Citrasari, 2004)

Gambar 2.11 dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. *Complete Pore Blocking*

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

b. *Intermediate Pore Blocking*

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 Blocking*

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.

2.3.9. 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.

2.3.10. 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 hidrodinamiknya 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 $10\text{-}50 \frac{\text{l}}{\text{m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}}$. (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.

2.4. Total Dissolved Solid (TDS)

Dalam air alam ditemukan dua kelompok zat, yaitu zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat dan kwarts, dan zat terlarut seperti garam dan molekul organik yang pada umumnya memiliki ukuran/ diameter antara ($10^{-9} - 10^{-10}$) mm. *Total Dissolved Solid* atau jumlah zat padat terlarut dapat dijadikan acuan yang merujuk pada derajat keasinan air dalam analisa parameter mutu air (Alaerts dan Santika, 1987).

Nilai zat padat terlarut dapat diketahui dari nilai daya hantar listrik, yang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$\text{Zat padat terlarut (mg/L)} = k \times \text{DHL } (\mu\text{S atau } \mu\text{mhos/cm})$$

Nilai k antara 0,55 - 0,70

Demikian juga, nilai zat padat terlarut dapat dihitung dari nilai alkalinitas dan nilai kadar kation dan anion yang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

Zat padat terlarut = $(0,6 \times \text{kadar alkalinitas}) + \text{kadar } (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{SiO}_3^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{F}^-)$, dimana semua kadar dalam satuan mg/L.

Karena zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi maka kadar total \geq kadar terlarut.

Kadar zat padat terlarut hasil pengukuran harus lebih besar dari hasil penghitungan. Hal ini disebabkan karena adanya kontribusi dari zat-zat yang tidak diperhitungkan dalam perhitungan. Jika zat padat terlarut hasil pengukuran lebih kecil dari hasil penghitungan, jumlah ion yang lebih besar atau zat padat terlarut hasil pengukuran diragukan. Jika kadar zat padat terlarut hasil pengukuran lebih besar 20% dari hasil penghitungan, jumlah ion yang kecil diragukan. Perbandingan yang dapat diterima dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$1,0 < a < 1,2$$

$$a = \frac{\text{Zat padat terlarut hasil pengukuran}}{\text{Zat padat terlarut hasil perhitungan}}$$

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI mengenai persyaratan kualitas air minum No. 907/MENKES/SK/VII/2002 Tanggal 29 juli 2002, kadar maksimum TDS yang diperbolehkan sebagai bahan kimia organik yang dapat menimbulkan keluhan pada konsumen adalah sebesar 1000 mg/L.

2.5. 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 menyarikan 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.

2.5.1. 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 analisi time series, analisis reliabilitas, dan analisis multivariat, serta menganalisis data kualitatif (Iriawan dan Astuti, 2006)

2.5.2. 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)

2.5.3. 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 dengn cara klik dua kali pada semua variabel bebas
 - e. Klik ok.

2.5.4. 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.

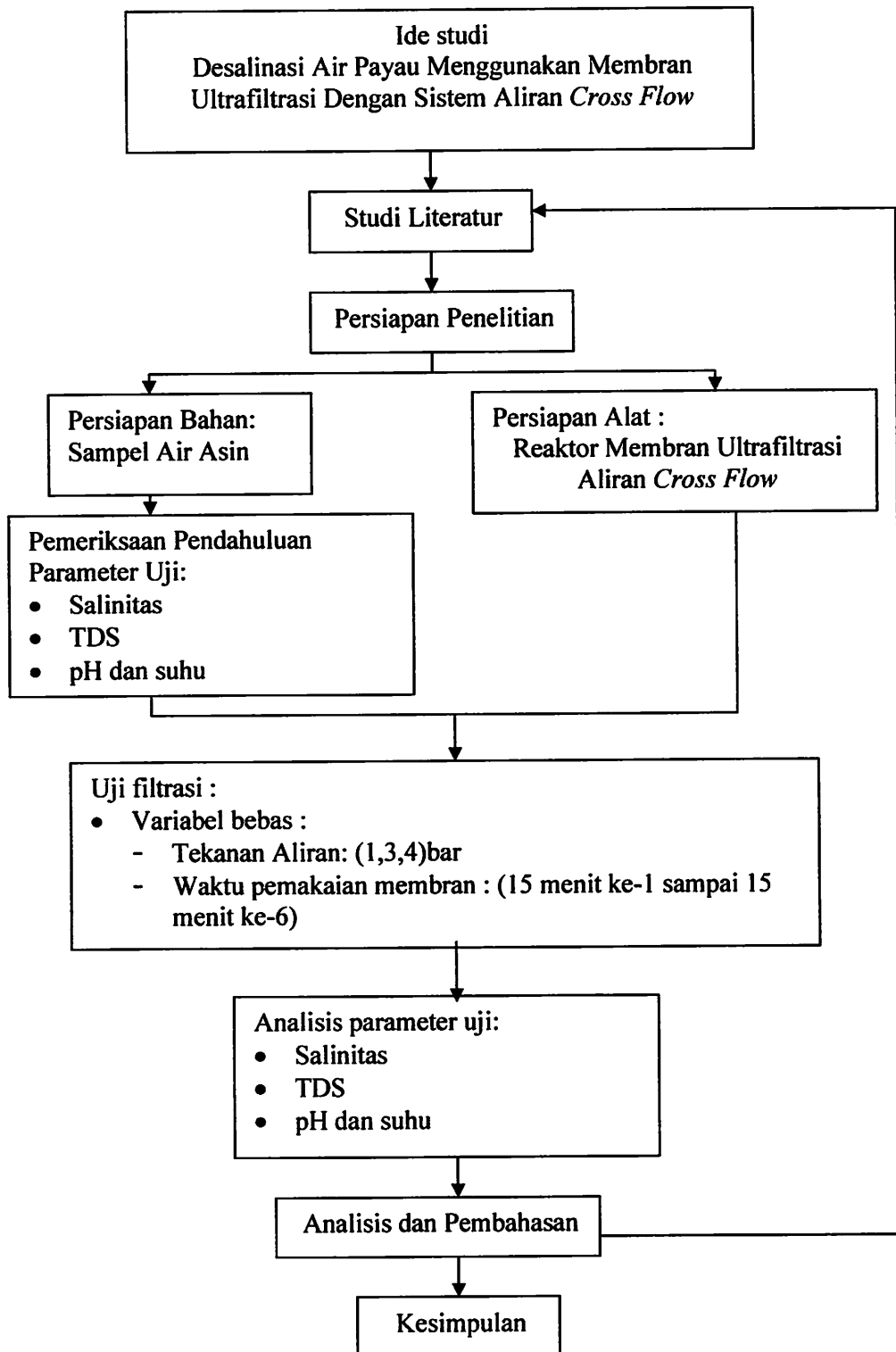
Adapun variasi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah variasi tekanan dan waktu dengan sistem pengaliran yang sama yaitu sistem pengaliran *crossflow*.

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 *crossflow*, analisa kualitas akhir sampel hasil penelitian, dan di akhiri dengan penyusunan laporan.

Tujuan yang ingin dicapai seperti yang dipaparkan sebelumnya adalah untuk mengetahui sejauhmana membrane 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 susunana dan skema kerja yang akan dilaksanakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



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.

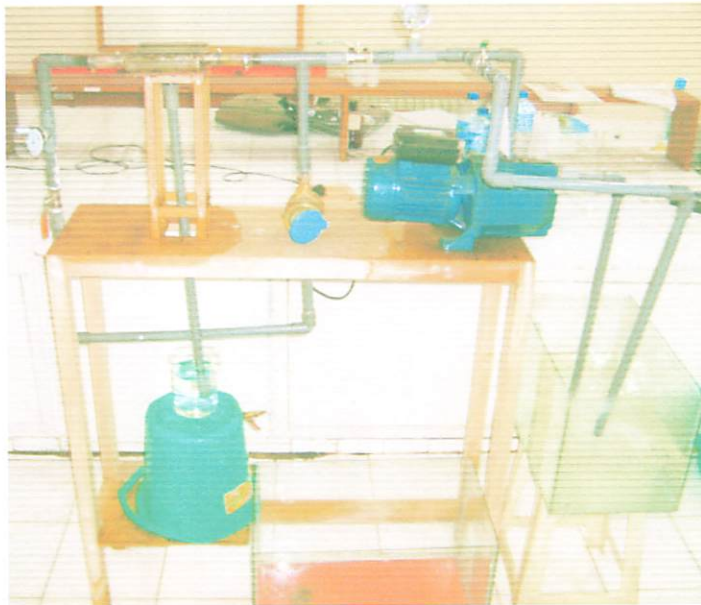


Gambar 3.3. Wadah *Permeate*

3. Rangkaian reaktor ultrafiltrasi

Terdiri dari beberapa komponen seperti :

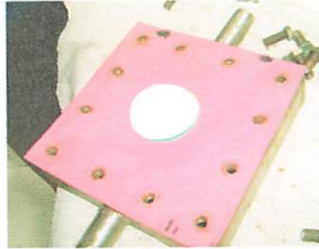
- a. Pompa, dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Pompa air sumur dangkal dengan merk Big One, tipe AJ 250A.
 - Debit (Q) maksimum 40 l/menit.
 - Daya hisap 11 m.
 - Daya dorong 35 m.
 - Daya listrik 250 watt.
 - Diameter pipa *in* dan *out* 1".
- b. *Pressure gauge* berjumlah 2 buah untuk mengatur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



Gambar 3.4. Rangkaian Reaktor UF

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 3.5. 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 *crossflow* 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 TDS.

3.4. Variabel Penelitian

Adapun variabel penelitian secara kontinyu proses dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Variabel terikat
 - a) Fluks
 - b) Penurunan salinitas
 - c) Penurunan TDS
2. Variabel bebas
 - a) Tekanan aliran : 1 bar, 3 bar, 4 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 90 menit dengan pengambilan sample 15 menit ke-1 sampai dengan 15 menit ke-6.

3.5. Tahapan Penelitian

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

Setelah dilakukan uji kualitas air awal, kemudian dilakukan proses filtrasi dengan menggunakan membran ultrafiltrasi 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 lima belas menit selama sembilan puluh menit.
- Mengukur pH dan suhu tiap sampel yang diambil.
- Menganalisa parameter salinitas dan TDS pada tiap sampel yang diambil.
- Melakukan pergantian membran tiap variasi yang berbeda.

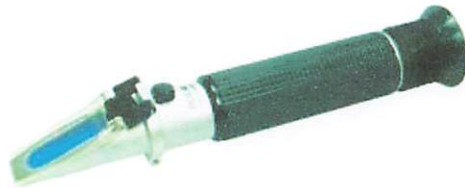
3.6. Analisis Parameter Uji

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

Adapun analisis parameter uji dilakukan berdasarkan standar prosedur analisis yang terdapat pada Standard Methods (APHA,1998) dan Metode penelitian Air (Alaerts dan Santika, 1987), yaitu :

- Salinitas dengan metode refraktometrik
Langkah pengujian (Panduan pelaksanaan laboratorium Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya) :
 - Bersihkan lensa refraktometer dengan aquadest
 - Keringkan dengan tissue halus sampai benar-benar bersih

- Ambil sampel air dengan pipet tetes, letakkan satu tetes di prisma refraktometer.
- Baca hasil analisa dengan cara diteropong di tempat yang cukup cahaya. Hasil ditunjukkan dengan indikator warna biru yang tampak pada waktu proses peneropongan.
- Catat hasil yang diperoleh.



Gambar 3.6. Alat refraktometer

- TDS diperoleh dari perhitungan hasil daya hantar listrik (DHL). DHL diuji dengan menggunakan metode analisa Konduktometri.

Rumus perhitungan :

$$\text{Zat padat terlarut (mg/L)} = k \times \text{DHL } (\mu\text{S/cm})$$

Nilai k antara 0,55 - 0,70

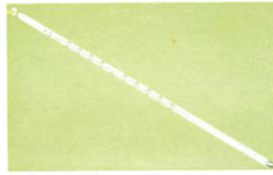
(sumber : wikipedia.org/wiki/Total_dissolved_solids - 46k -.)

- pH dengan menggunakan pH meter.



Gambar 3.7. pH meter

- Suhu dengan metode termometrik.



Gambar 3.8. Termometer

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 tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Analisis deskriptif dalam penelitian ini menggunakan data rata-rata (Mean) untuk menunjukkan ukuran kecenderungan pusat dan informasi data tertinggi (Maksimum) dan terendah (Minimum) yang berguna untuk mengukur range sebagai ukuran penyebaran data. Analisis varian (Anova) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata atau tidak secara statistik antara dua variasi yang dilakukan (variasi waktu dan tekanan pompa) terhadap nilai fluks, penurunan salinitas dan penurunan TDS. 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 TDS). Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas (tekanan dan waktu operasi) dapat memprediksi variabel terikat (fluks, penurunan salinitas, penurunan TDS).

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
1.	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	26.5	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
2.	pH	-	8.04	6.5 – 8.5
3.	Salinitas	($^{\circ}/_{\text{oo}}$)	10	$< 0.5^{\circ}/_{\text{oo}}$ *)
4.	TDS	mg/L	2750	1000

Sumber : Hasil Penelitian, 2008

Keterangan:

*) Nilai salinitas berdasarkan persentasi garam terlarut (<http://id.wikipedia.org/wiki/salinitas>)

Dari hasil analisis di atas menunjukkan bahwa kualitas air tersebut tidak memenuhi standar kualitas air minum. Hal ini dapat dilihat dari parameter TDS pada air baku sebesar 2750 mg/L, melebihi batas maksimal kandungan TDS berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan NO. 907/MENKES/SK/VII/2002 untuk parameter TDS yaitu sebesar 1000 mg/L. Untuk parameter salinitas, terlihat bahwa sampel air baku masuk dalam rentang salinitas untuk air payau ($0,5^{\circ}/_{\text{oo}} - 30^{\circ}/_{\text{oo}}$, <http://id.wikipedia.org/wiki/salinitas>) sehingga tidak dapat langsung digunakan layaknya air tawar, yang memiliki batas kandungan salinitas $< 0,5^{\circ}/_{\text{oo}}$.

4.2 Pengolahan Air Payau Dengan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Aliran *Cross Flow*

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

Dalam penelitian ini, membran ultrafiltrasi yang digunakan merupakan *Cellulose Asetat membrane tipe flat sheet*, dengan tahapan operasi dimulai dari pengaliran umpan sample air payau (*feed*) kedalam modul membran secara kontinyu selama 90 menit dengan variasi tekanan yang berbeda dan tiap 15 menit efluen yang dihasilkan (*permeate*) diambil untuk dianalisis kuantitas dan kualitas permeate yang di hasilkan.

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

Secara matematis, nilai fluks dirumuskan sebagai berikut :

$$J_v = \frac{V}{A \times t} \text{ (Mulder, 1996)..... (4-1)}$$

Dimana:

J_v = fluks (L/m^2 jam)

V = volume *permeate* (Liter)

A = luas permukaan membran (m^2)

t = waktu penyaringan (jam)

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

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Fluks Membran Pada Berbagai Tekanan

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Fluks ^{*)} (L/m^2 .Jam)	Fluks Total ^{**)}
1	30	49,594	191.054
	45	39,983	
	60	37,196	

	75	33,909	
	90	30,372	
3	30	132,636	594.441
	45	123,794	
	60	118,219	
	75	111,184	
	90	108,608	
4	30	163,200	690.574
	45	151,859	
	60	134,078	
	75	128,023	
	90	113,414	

Sumber : Hasil Penelitian,2008

Keterangan :

*) : Nilai fluks rata-rata dari 2 replika data. (Data terlampir).

**): Nilai fluks total, dari perhitungan berikut :

$$Jv_n = \frac{Vn}{A \times t} \dots\dots\dots (4-2)$$

Di mana, Jv_n : Fluks total pada tekanan n

Vn : Volume total pada tekanan n

n : Tekanan 1 bar, 3 bar, 4 bar.

Tabel 4.3 Nilai Konsentrasi Akhir Salinitas

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Konsentrasi Akhir Salinitas (‰ ^{*)})
1	30	8,3
	45	8,25
	60	8,2
	75	8,1
	90	8,15
3	30	7,7
	45	7,35
	60	6,85
	75	6,7
	90	6,3
4	30	7,1

	45	6,6
	60	5,7
	75	5,1
	90	4,9

Sumber: Hasil Penelitian, 2008

Keterangan :

*) : Nilai konsentarsi akhir salinitas rata-rata dari 2 replika data. (Data terlampir).

Tabel 4.4 Nilai Konsentrasi Akhir *Total Dissolved Solid* (TDS)

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Konsentrasi Akhir TDS (mg/L) ^{*)}
1	30	2585
	45	2543,75
	60	2227.5
	75	2131.25
	90	2035
3	30	2062.5
	45	1718,75
	60	1705
	75	1622,5
	90	1540
4	30	1471.25
	45	1443,75
	60	1251.25
	75	1072.5
	90	990

Sumber: Hasil Penelitian, 2008

Keterangan :

*) : Nilai konsentarsi akhir TDS rata-rata dari 2 replika data. (Data terlampir).

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Suhu dan pH Pada Berbagai Tekanan

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Suhu Rata-rata (°C)		pH Rata-rata	
		<i>Feed</i>	<i>Permeate</i>	<i>Feed</i>	<i>Permeate</i>
1	30	26.5	27.5	8,18	8,24
	45	30	31	8,23	8,52
	60	35	36	8,26	8,52
	75	37	38	8,42	8,56
	90	39	40.5	8,50	8,70
3	30	30	30.5	8,10	8,43
	45	32.5	34	8,14	8,56
	60	34	35.5	8,23	8,58
	75	36.5	38.5	8,39	8,63
	90	39	40	8,44	8,71
4	30	27.5	28.5	8,16	8,34
	45	29.5	31	8,24	8,46
	60	33	33	8,32	8,53
	75	35	36	8,35	8,64
	90	38	39	8,61	8,72

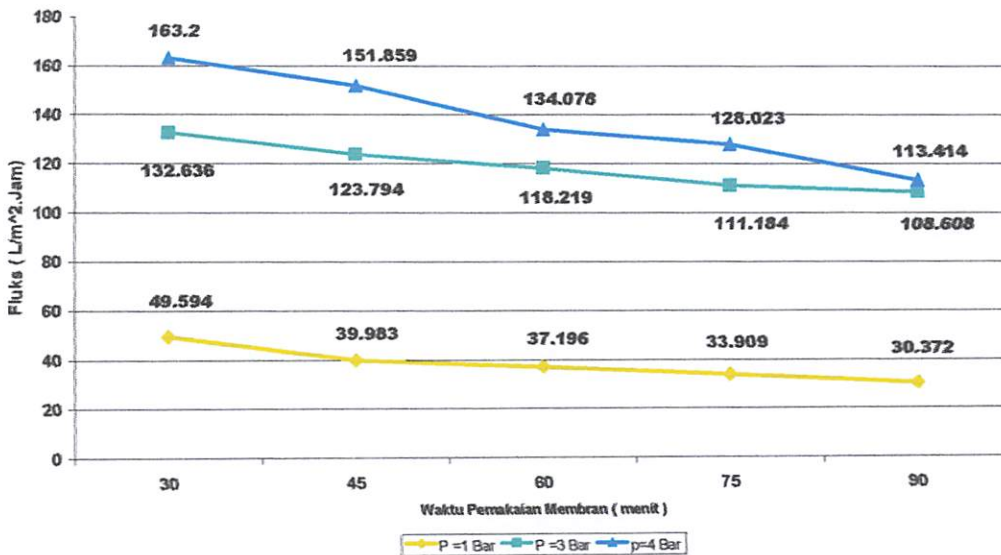
Sumber: Hasil Penelitian, 2008

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 dari tekanan 1 bar ke tekanan 3 bar, hal ini terlihat dari fluks total yang dihasilkannya. Fluks total yang dihasilkan tekanan 1 bar dan 3 bar berturut-turut ialah 191,054 L/m².jam dan 594,441 L/m².jam, dimana mengalami peningkatan 403,387 L/m².jam. Sedangkan pada tekanan 4 bar menghasilkan fluks total sebesar 690,574 L/m².jam yang mengalami peningkatan sebesar 96,132 L/m².jam dari tekanan 3 bar. Hasil perhitungan pada Tabel 4.2 diplotkan ke dalam Grafik seperti pada Gambar 4.1.



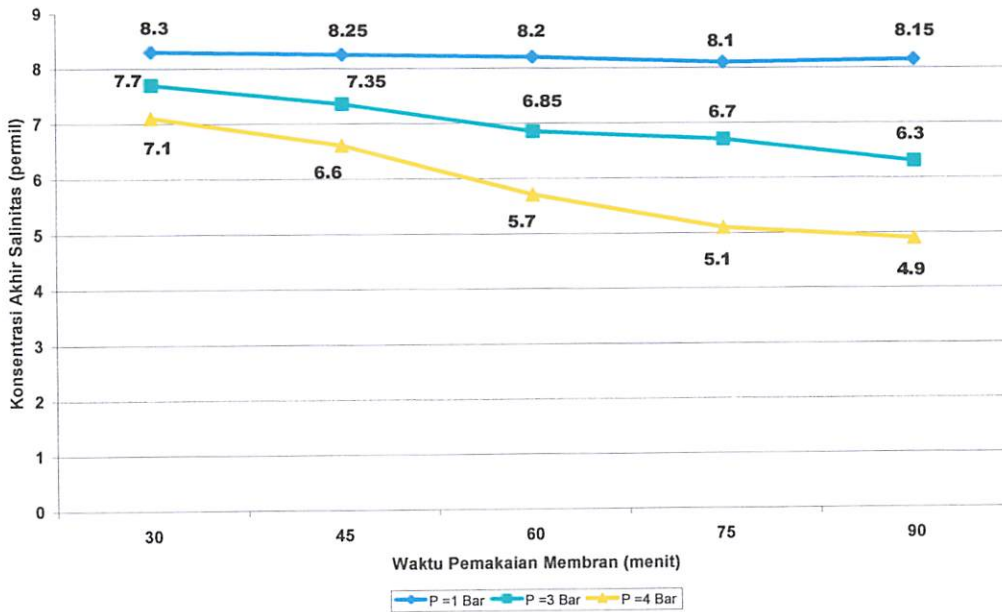
Gambar 4.1. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap Fluks Yang Dihasilkan

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai fluks yang tertinggi terjadi pada tekanan 4 bar, di mana pada menit ke-30 memiliki nilai 163,200 L/m².jam dan pada menit ke-90 memiliki nilai 113,414 L/m².jam. Sedangkan nilai fluks yang terendah terjadi pada tekanan 1 bar, dimana pada menit ke-30 memiliki nilai 49,594 L/m².jam dan pada menit ke-90 memiliki nilai 30,372 L/m².jam.

4.3.1.2. Analisis Deskriptif Salinitas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa angka salinitas menurun seiring dengan penambahan waktu dan peningkatan tekanan. Hasil yang ditampilkan dari Tabel 4.3, diplotkan dalam Gambar Grafik 4.2.

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 4 bar menit ke-90 yaitu 4,9⁰/₁₀₀. Sedangkan nilai konsentrasi akhir salinitas tertinggi terjadi pada tekanan 1 bar menit ke-30 yaitu 8,3⁰/₁₀₀.

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 4-3.

$$R = 1 - \left(\frac{C_p}{C_f} \right) \times 100\% \text{ (Mulder, 1996)} \dots\dots\dots(4-3)$$

Dimana:

%R = persentase rejeksi

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

Hasil perhitungan persentase rejeksi dapat dilihat pada Tabel 4.6.

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

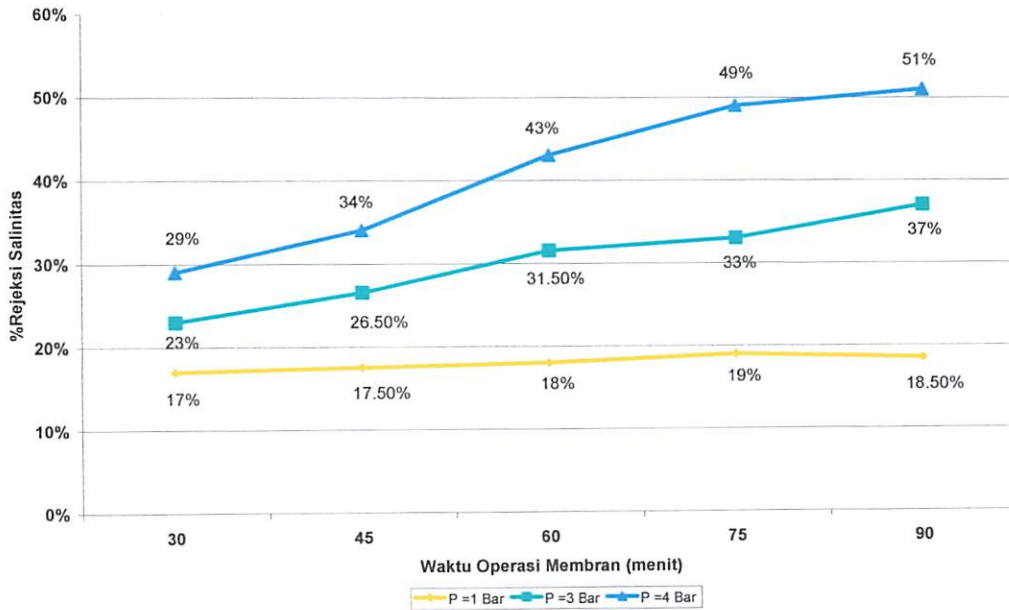
Tekanan (bar)	Waktu (menit)	%R Salinitas^{*)} (%)
1	30	17
	45	17.5
	60	18
	75	19
	90	18.5
3	30	23
	45	26.5
	60	31.5
	75	33
	90	37
4	30	29
	45	34
	60	43
	75	49
	90	51

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 4 bar menit ke-90 yaitu 51%, sedangkan persentase rejeksi terendah terjadi pada tekanan 1 bar menit ke-30 yaitu 17%. Tabel 4.6 diplotkan ke dalam bentuk grafik batang yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

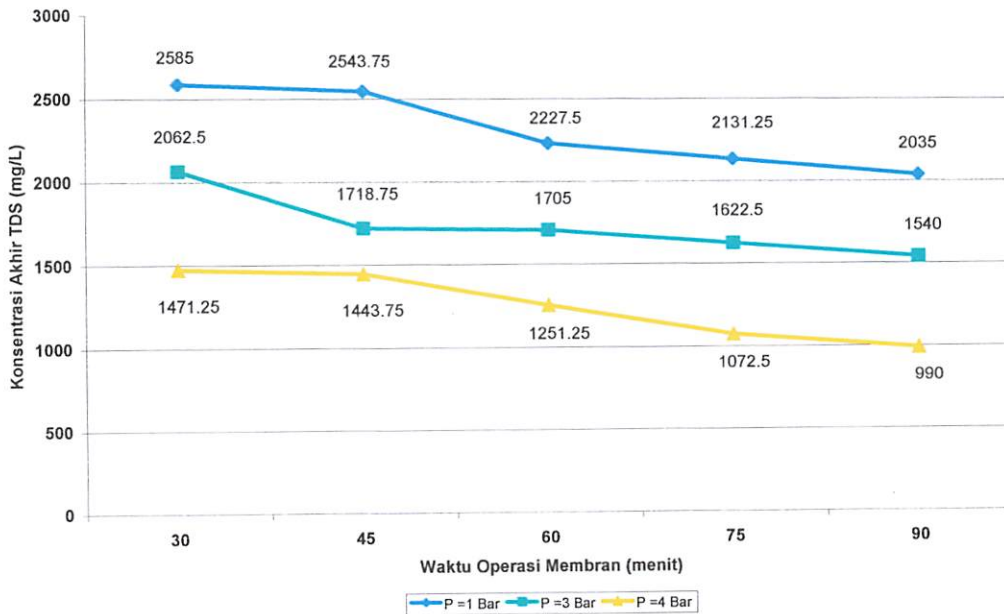
Gambar 4.3. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap %Rejeksi salinitas



4.3.1.3. Analisis Deskriptif *Total Dissolved Solid (TDS)*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi TDS menurun seiring dengan pertambahan waktu dan peningkatan tekanan. Hasil yang ditampilkan dari Tabel 4.4, diplotkan dalam Gambar Grafik 4.4.

Gambar 4.4. Hubungan Waktu Operasi Pemakaian Membran Dalam Berbagai Tekanan Operasi Terhadap Konsentrasi Akhir TDS Yang Dihasilkan



Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 menunjukkan nilai konsentrasi akhir TDS yang terendah terjadi pada tekanan 4 bar menit ke-90 yaitu 990 mg/L. Nilai konsentrasi akhir TDS tertinggi terjadi pada tekanan 1 bar menit ke-30 yaitu 2585 mg/L.

Untuk mengetahui efisiensi membran dalam penyisihan TDS berdasarkan variasi tekanan dan waktu operasi, maka dilakukan perhitungan persentase rejeksi (%R) membran. Hasil perhitungan persentase rejeksi menggunakan Persamaan 4-3 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

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

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	%R TDS ^{*)} (%)
1	30	6
	45	7.50
	60	19
	75	22.50

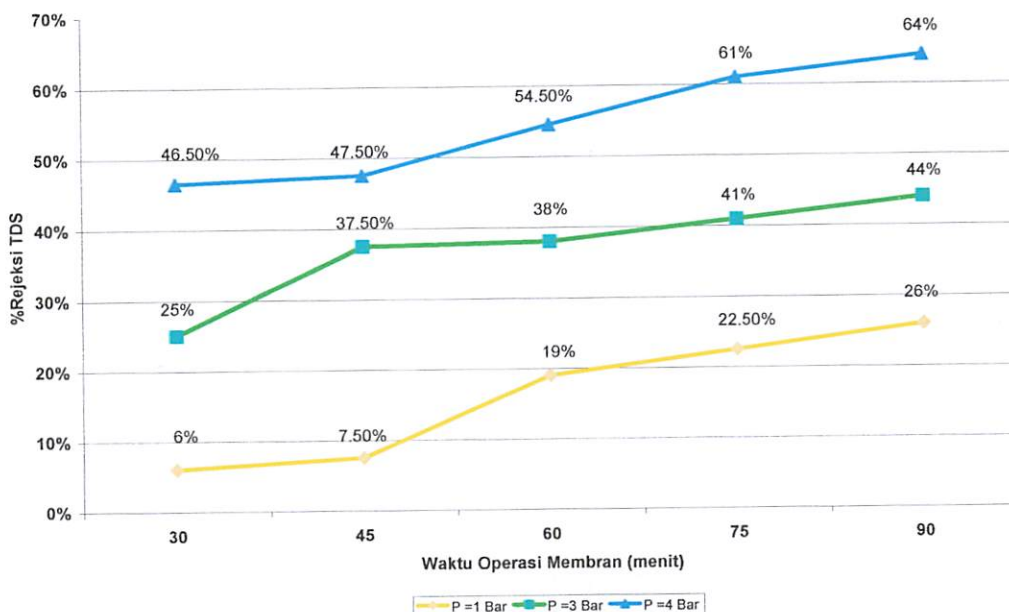
	90	26
3	30	25
	45	37.50
	60	38
	75	41
	90	44
4	30	46.50
	45	47.50
	60	54.50
	75	61
	90	64

Sumber : Hasil Penelitian, 2008

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

Berdasarkan Tabel 4.7 diperoleh persentase rejeksi terbesar pada tekanan 4 bar menit ke-90 yaitu 64%, sedangkan persentase rejeksi terendah terjadi pada tekanan 1 bar menit ke-30 yaitu 6%. 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 TDS



4.3.2. Analisis ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbedaan Variabel Bebas (tekanan dan waktu operasi membran) terhadap nilai variabel terikat (fluks, persen rejeksi salinitas dan persen rejeksi TDS), maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor. Untuk dapat menggunakan uji ANOVA, diperlukan terlebih dahulu pengujian kesamaan variansi. Hal ini dilakukan agar kehomogenan nilai data antar peubah acak dapat dipastikan hampir sama sehingga dapat dilakukan pengamatan kesamaan perilaku antar peubah acak. (Soleh, 2005). Hasil uji kesamaan variansi dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 Hasil Uji Kesamaan Variansi Analisa Fluks, Persen Rejeksi Salinitas, Persen Rejeksi TDS

Variabel Terikat	Hasil Uji Kesamaan Varian		
	Bartlett's Test (normal distribution)	Df1	Df2
Fluks	13.58	28	28
%R Salinitas	7.58	28	28
%R TDS	12.07	28	28

Sumber: Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2008

Keterangan :

Df : Degree Freedom (Derajat bebas)

P-Value : Nilai probabilitas.

Hipotesis hasil uji kesamaan variansi:

- H_0 = Ke-30 varians perlakuan adalah homogen.
- H_1 = Ke-30 varians perlakuan adalah tidak homogen.

Dasar pengambilan keputusan (Uji Chi-Square):

- Jika $\chi^2 \text{ test} < \chi^2 \text{ tabel}$, H_0 ditolak
- Jika $\chi^2 \text{ test} > \chi^2 \text{ tabel}$, H_0 diterima

Keputusan:**1. Analisis Fluks**

Pada tabel 4.8 nilai χ^2 test untuk fluks adalah sebesar 13.28. χ^2 tabel yang diperoleh sebesar 3,842. Oleh karena χ^2 test fluks $>$ χ^2 tabel, maka H_0 diterima atau ke-30 varians populasi adalah sama atau secara statistik tidak berbeda. Dengan demikian, asumsi kesamaan varians untuk uji ANOVA sudah terpenuhi.

2. Analisis Persen rejeksi Salinitas

Pada tabel 4.8 nilai χ^2 test untuk persen rejeksi salinitas adalah 7.58. χ^2 tabel yang diperoleh sebesar 3,842. Oleh karena χ^2 test persen rejeksi salinitas $>$ χ^2 tabel, maka H_0 diterima atau ke-30 varians populasi adalah sama atau secara statistik tidak berbeda. Dengan demikian, asumsi kesamaan varians untuk uji ANOVA sudah terpenuhi.

3. Analisis Persen Rejeksi TDS

Pada tabel 4.8 nilai χ^2 test untuk persen rejeksi TDS adalah 12.07. χ^2 tabel yang diperoleh sebesar 3,842. Oleh karena χ^2 test persen rejeksi TDS $>$ χ^2 tabel, maka H_0 diterima atau ke-30 varians populasi adalah sama atau secara statistik tidak berbeda. Dengan demikian, asumsi kesamaan varians untuk uji ANOVA sudah terpenuhi

Setelah ke-30 varians perlakuan terbukti identik, baru dilakukan uji ANOVA untuk menguji apakah ke-30 perlakuan mempunyai rata-rata (*mean*) yang sama. Sebagai indikator adalah jika nilai rata-rata ke-30 perlakuan sama atau identik, maka variabel tekanan dan waktu dapat dikatakan tidak mempengaruhi nilai fluks, persen rejeksi salinitas dan persen rejeksi TDS. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil Uji ANOVA Variabel Terikat (Fluks, Persen Rejeksi Salinitas, Persen Rejeksi TDS) Versus Variabel Bebas (Tekanan dan Waktu Operasi)

Variabel Terikat	Hasil Uji Two Way Anova					
	Source	DF	SS	MS	F	P
Fluks	Waktu Operasi	4	3529.0	882.2	97.29	0.000
	Tekanan	2	56198.0	28099.0	3098.56	0.000
	Interaction	8	748.5	93.6	10.32	0.000
	Error	15	136.0	9.1		
	Total	29	60611.6			
	S = 3.011 R-Sq = 99.78% R-Sq(adj) = 99.57%					
%R Salinitas	Waktu Operasi	4	655.13	163.78	10.68	0.000
	Tekanan	2	2693.60	1346.80	87.83	0.000
	Interaction	8	314.07	39.26	4.56	0.035
	Error	15	230.00	15.33		
	Total	29	3892.80			
	S = 3.916 R-Sq = 94.09% R-Sq(adj) = 88.58%					
%R TDS	Waktu Operasi	4	1420.67	355.17	13.70	0.000
	Tekanan	2	7429.40	3714.70	143.24	0.000
	Interaction	8	136.93	17.12	5.66	0.018
	Error	15	389.00	25.93		
	Total	29	9376.00			
	S = 5.092 R-Sq = 95.85% R-Sq(adj) = 91.98%					

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2008

Keterangan:

- DF : Degre Freedom (Derajat bebas)
 SS : Varian Residual = kuadrat standar deviasi
 MS : Mean Square (kuadrat rata-rata)
 P : Probabilitas
 S : Varian
 R-Sq : R-Quare : Koefisien determinasi.
 R-Sq (adj) : R-Square adjusted : Koefisien determinansi yang disesuaikan.

Hipotesis hasil uji ANOVA:

- H_0 = Ke-30 rata-rata perlakuan adalah identik.
- H_1 = Ke-30 rata-rata 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 dan interaksi peubah bebas berturut-turut adalah 3098,56, 97,29 dan 10,32, sedangkan F tabel dengan α toleransi 5% atau 0,05 adalah 4,20. 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-30 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik. Kesimpulannya adalah bahwa 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 dan interaksi berturut-turut adalah 87,83, 10,68 dan 4,56. Jika dilihat F hitung pada tabel F adalah 4,20 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-30 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik. Kesimpulannya adalah bahwa variasi tekanan dan waktu memberikan hasil yang berbeda nyata pada nilai persen rejeksi salinitas.

3. Analisis Persen Rejeksi TDS

Terlihat bahwa F hitung dari *output* untuk tekanan, waktu dan interaksi berturut-turut adalah 143,24, 13,70 dan 5,66. Jika dilihat F hitung pada tabel F adalah 4,20 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-30 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik. Kesimpulannya adalah bahwa variasi tekanan dan waktu memberikan hasil yang berbeda nyata pada nilai persen rejeksi TDS.

4.3.3. 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 TDS dengan perbedaan tekanan dan waktu. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Korelasi Antara Variabel Terikat (Fluks, Persen Rejeksi Salinitas, Persen Rejeksi TDS) 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	0.952	0.000	-0.240	0.032
%R Salinitas	0.821	0.000	0.406	0.026
%R TDS	0.881	0.000	0.487	0.035

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2008

Tabel 4.10. menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasinya yaitu:

1. Analisis Fluks

Besar hubungan antara tekanan dengan fluks adalah 0,952. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada di antara selang 0,9 dengan 1 (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 -0,240. 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 0,821. 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 yang dihasilkan akan meningkat.

Sedangkan besar hubungan antara waktu operasi dengan %rejeksi salinitas adalah 0,406. 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 TDS

Besar hubungan antara tekanan dengan %Rejeksi TDS adalah 0,881. 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 TDS yang dihasilkan akan meningkat.

Sedangkan besar hubungan antara waktu operasi dengan persen rejeksi adalah 0,487. 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:

Hipotesis hasil uji korelasi:

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

Keputusan:

1. Analisis Fluks

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.10. 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 90,6% peningkatan nilai fluks 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 fluks, dimana 5,76% penurunan nilai fluks pada masing-masing tekanan dipengaruhi oleh waktu operasi membran.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.10. 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 67,4% peningkatan persen rejeksi pada masing-masing waktu operasi dipengaruhi oleh variasi tekanan. Sedangkan nilai P untuk

variasi waktu pemakaian membran adalah 0,026. 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 16,48% peningkatan nilai %rejeksi salinitas pada masing-masing tekanan dipengaruhi oleh waktu operasi membran.

3. Analisis Persen Rejeksi TDS

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.20. 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 77,6% peningkatan persen rejeksi pada masing-masing waktu operasi dipengaruhi oleh variasi tekanan. Sedangkan nilai P untuk variasi waktu pemakaian membran adalah 0,035. 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 23,37% peningkatan nilai %rejeksi TDS pada masing-masing tekanan dipengaruhi oleh waktu operasi membran.

4.3.4. Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas (tekanan dan waktu pemakaian membran) dan variabel terikat (fluks, persen rejeksi salinitas, persen rejeksi TDS) 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 4.11.

Tabel 4.11. Koefisien Persamaan Regresi Nilai Fluks, Persen Rejeksi Salinitas, Persen Rejeksi TDS

Variabel Terikat	Hasil Uji Persamaan Regresi					
	Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Fluks	Constant	37.399	6.076	6.16	0.000	
	Tekanan	34.307	1.322	25.94	0.000	1.0
	Waktu	-0.50799	0.07775	-6.53	0.000	1.0
	S = 9.03353 R-Sq = 96.4% R-Sq(adj) = 96.1%					
	Fluks = 37.4 + 34.3 Tekanan - 0.508 Waktu Operasi					
%R Salinitas	Constant	-3.267	3.243	-3.01	0.0320	
	Tekanan	7.5000	0.7057	10.63	0.000	1.0
	Waktu	0.21778	0.04149	5.25	0.000	1.0
	S = 4.82099 R-Sq = 83.9% R-Sq(adj) = 82.7%					
	%R Salinitas = -3.27 + 7.50 Tekanan + 0.218 Waktu Operasi					
%R TDS	Constant	-16.648	3.403	-4.89	0.000	
	Tekanan	12.4929	0.7405	16.87	0.000	1.0
	Waktu	0.32222	0.04354	7.40	0.000	1.0
	S = 5.05890 R-Sq = 92.6% R-Sq(adj) = 92.1%					
	%R TDS = -16.6 + 12.5 Tekanan + 0.322 Waktu Operasi					

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2008

Keterangan :

Coef : Koefisien

SE Coef : Standard error coefisien

T : Nilai titik kritis

A. Uji multikolinear

Multikolinear adalah kejadian adanya korelasi kuat antar variabel bebas. Jika antarvariabel bebas berkorelasi, maka taksiran parameter model tidak tepat. Untuk mengidentifikasi adanya multikolinear maka digunakan *Variance Inflation Factor* (VIF). Apabila $VIF > 1$, berarti ada korelasi antarvariabel

prediktor sehingga ada ketidaksesuaian model (Iriawan dan Astuti., 2006). Pada tabel 4.11 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

$$Y = 37,4 + 34,3X_1 - 0,508X_2 \dots\dots\dots(4-4)$$

Dimana:

Y = Nilai fluks (L/m².Jam)

X₁ = variasi tekanan (bar)

X₂ = variasi waktu (menit)

Konstanta sebesar 37,4 menyatakan bahwa jika variasi tekanan dan variasi waktu adalah nol, nilai fluks adalah sebesar 37,4 L/m².Jam. Koefisien regresi sebesar 34,3 untuk variabel tekanan (X₁) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 bar tekanan akan meningkatkan nilai fluks sebesar 34,3L/m².Jam dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi -0,508 untuk variabel waktu operasi (X₂) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 menit waktu operasi akan menurunkan nilai fluks sebesar 0,508L/m².Jam dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

$$Y = -3,27 + 7,50X_1 + 0,218X_2 \dots\dots\dots(4-5)$$

Dimana:

Y = %rejeksi salinitas (%)

X₁ = variasi tekanan (bar)

X₂ = variasi waktu (menit)

Koefisien -3,27 menyatakan bahwa, jika tanpa adanya tekanan dan waktu operasi nilai persen rejeksi salinitas akan menurun sebesar 3,27%. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya faktor lain yang terjadi selama proses filtrasi. Koefisien regresi sebesar 7,50 untuk variabel tekanan (X₁)

menyatakan bahwa setiap penambahan 1 bar tekanan akan meningkatkan persen rejeksi sebesar 7,50% dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi 0,218 untuk variabel waktu operasi (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 menit waktu operasi akan meningkatkan %rejeksi salinitas sebesar 0,218% dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

3. Analisis Persen Rejeksi TDS

$$Y = -16,6 + 12,5X_1 + 0,322X_2 \dots\dots\dots(4-6)$$

Dimana:

- Y = % rejeksi TDS (%)
- X_1 = variasi tekanan (bar)
- X_2 = variasi waktu (menit)

Koefisien -16,6 menyatakan bahwa, jika tanpa adanya tekanan dan waktu operasi nilai persen rejeksi TDS akan menurun sebesar 16,6%. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya faktor lain yang terjadi selama proses filtrasi. Koefisien regresi sebesar 12,5 untuk variabel tekanan (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 bar tekanan akan meningkatkan persen rejeksi sebesar 12,5% dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi 0,322 untuk variabel waktu operasi (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan 1menit waktu operasi akan meningkatkan nilai persen rejeksi TDS sebesar 0,322 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

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

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.

1. Analisis Fluks

Nilai t tabel adalah 1,703 sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.11 adalah 6,16 (konstanta), 25,94 (variasi tekanan), 6,53 (variasi waktu). Semua nilai t hitung lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi signifikan.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Nilai t tabel adalah 1,703 sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.11 adalah 10,63 (variasi tekanan), 5,25 (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 TDS

Nilai t tabel adalah 1,703, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.11 adalah 10,63 (variasi tekanan), 5,25 (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.

◆ Berdasarkan probabilitas

Hipotesa :

- 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 4.11) 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 4.11) 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 TDS

Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.11) 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 TDS.

♦ Nilai R Square

1. Analisis Fluks

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 96,4%, hal ini berarti 96,4%, peningkatan nilai fluks dapat dijelaskan oleh variasi tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 3,6% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

2. Analisis Persen Rejeksi Salinitas

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 83,9%, hal ini berarti 83,9%, peningkatan nilai persen rejeksi dapat dijelaskan oleh variasi tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 16,1% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

3. Analisis Persen Rejeksi TDS

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 92,6%, hal ini berarti 92,6%, peningkatan nilai persen rejeksi dapat dijelaskan oleh variasi tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 7,4% 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 TDS diperlihatkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil ANOVA Untuk Analisa Regresi Fluks, Persen Rejeksi Salinitas, Persen Rejeksi TDS

Variabel Terikat	Hasil ANOVA Untuk Analisa Regresi					
	Source	DF	SS	MS	F	P
Fluks	Regression	2	58408	2920.4	357.87	0.000
	Residual Error	27	2203	82		
	Total	29	60612			
%R Salinitas	Regression	2	3265.3	1632.6	70.25	0.000
	Residual Error	27	627.5	23.2		
	Total	29	3892.8			
%R TDS	Regression	2	8685.0	4342.5	169.68	0.000
	Residual Error	27	691.0	25.6		
	Total	29	9376.0			

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

1. Analisis Fluks

Pengambilan keputusan berdasarkan nilai F. Uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung 357,87. Dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,35. 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. Uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung 70,25. Dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,35. 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 TDS

Pengambilan keputusan berdasarkan nilai F. Uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung 169,68. Dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,35. 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. Pembahasan Analisis Fluks

Pada proses filtrasi, air payau dipompakan ke modul membran ultrafiltrasi dengan berbagai variasi tekanan dan dilakukan pengambilan sampel tiap 15 menit selama 90 menit untuk di analisis kuantitas dan kualitas hasil penyisihan.

Mekanisme teknik proses pemisahan pada membran adalah perpindahan aliran fluida atau air baku atau solute melalui membran dengan perbedaan tekanan pada permukaannya (Mulder,1996). Proses penyaringan adalah prinsip utama dalam proses membran ini. Penyaringan dapat dilakukan jika partikel kontaminan yang hendak kita sisihkan berukuran lebih besar dari ukuran pori-pori membran yang kita gunakan. Kuantitas yang dihasilkan dalam suatu proses

membran dinyatakan sebagai fluks. Fluks adalah laju aliran *permeate* per satuan luas membran (Mulder,1996). Fluks terjadi karena adanya gaya dorong dalam hal ini tekanan. Nilai fluks ditentukan oleh volume permeate, luas permukaan membran, dan waktu yang dibutuhkan dalam operasi membran.

4.4.1. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Fluks Membran

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan variasi tekanan operasi pada 1 bar, 3 bar dan 4 bar, diperoleh fluks maksimal sebesar 163,2 L/m².Jam pada tekanan maksimal 4 bar. Dari hasil analisis Anova, diketahui bahwa variasi tekanan dan waktu memberikan hasil yang berbeda nyata pada nilai fluks.

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 4.11. terlihat nilai koefisien korelasi yang diperoleh sebesar 0,952, yang artinya hubungan kedua variabel sangat kuat (Soleh, 2005). Hubungan fluks dan perbedaan tekanan diberikan pada persamaan 3 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.

Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan tekanan operasi akan meningkatkan nilai fluks yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien regresi tekanan dalam memprediksi nilai fluks yaitu sebesar 34.3. Artinya, setiap penambahan tekanan 1 bar maka akan meningkatkan nilai fluks sebesar 34.3 L/m².jam.

4.4.2. Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Fluks Membran

Penentuan nilai fluks dari membran berdasarkan persamaan 4-1. Nilai fluks bergantung pada volume yang dihasilkan tiap variasi waktu. Pada penelitian ini, lama waktu operasi pemakaian membran adalah 1,5 jam dengan variasi waktu pengambilan sampel *permeate* tiap 15 menit. Data yang digunakan untuk menentukan nilai fluks dimulai dari data menit ke 30 (0,5 jam). Hal ini dikarenakan penurunan fluks untuk membran ultrafiltrasi tiap 5 menit tidak terlalu besar, sedangkan penentuan waktu operasi 1,5 jam berdasarkan waktu optimum penggunaan membran ultrafiltrasi tanpa pretreatment.

Hasil penelitian sebagaimana tergambar dalam grafik pada gambar 4.1, menunjukkan bahwa waktu operasi yang semakin panjang menyebabkan fluks yang dihasilkan menjadi semakin kecil. Dalam tiap range waktu 15 menit selama waktu operasi 90 menit, fluks dari proses filtrasi mengalami penurunan. Pada tekanan 1 bar, 3 bar, 4 bar, nilai fluks pada menit ke 30 berturut – turut sebesar 49,594 L/m².jam, 132,636 L/m².jam, 163,200 L/m².jam dan pada saat operasi ke 90 menit pada tekanan 1 bar, 3 bar, 4 bar, nilai fluks menurun berturut – turut mencapai 30,372 L/m².jam, 108,608 L/m².jam, 113,414 L/m².jam. 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.

Hal ini menggambarkan, terjadi hubungan yang bertolak belakang antara waktu operasi dengan fluks. Hubungan ini terlihat pada koefisien korelasinya yang bernilai negatif, dimana nilai yang diperoleh sebesar - 0,240. Nilai koefisien tersebut menyatakan hubungan kedua variabel lemah (Soleh, 2005).

Peranan tekanan dan waktu berbeda terhadap fluks. Dari hasil analisis Anova, diketahui bahwa variasi tekanan dan waktu memberikan hasil yang berbeda nyata pada nilai fluks. Tekanan meningkat akan menyebabkan fluks

menjadi lebih besar tetapi waktu operasi yang lama justru akan menyebabkan fluks menurun. Tekanan yang besar akan memberikan gaya pada *feed* yang besar pula. Gaya ini akan membuat *solute* (kontaminan) dan *solvent* (pelarut) yang terkandung dalam *feed* akan mudah melalui pori-pori membran. Sehingga walaupun telah terjadi *fouling*, fluks akan tetap keluar dari membran dengan kuantitas yang relatif kecil. Namun tidak demikian dengan waktu operasi. Waktu operasi membran yang lama justru akan membuat *cake layer* bertambah tebal dan pori-pori membran semakin kecil (Mulder, 1996). *Cake layer* yang semakin tebal dan pori-pori membran yang kecil akan meningkatkan resistensi membran terhadap aliran *feed*, sehingga berdampak pada penurunan fluks seiring lamanya waktu operasi. Salah satu cara mengatasi permasalahan ini adalah dengan mereduksi konsentrasi kontaminan yang terkandung dalam *feed*, misalnya dengan *pretreatment*.

Fouling terjadi baik pada proses *dead-end* maupun proses *crossflow*. Namun penggunaan sistem *crossflow* pada penelitian ini, dapat memperlambat terjadinya *fouling* dibandingkan dengan proses *dead-end*. Hal ini disebabkan laju alir yang searah dengan permukaan membran dapat membantu menggerus partikel yang menempel pada permukaan membran.

Selama proses filtrasi membran, suhu dan pH mengalami peningkatan. Peningkatan suhu disebabkan karena adanya sistem sirkulasi *feed* pada reaktor dan resistensi yang tinggi pada 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.

Hasil penelitian pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa pH terus meningkat seiring dengan pertambahan 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 berbahan dasar material organik memiliki kandungan muatan negatif. Peningkatan pH selama waktu operasi, disebabkan oleh terjadinya proses aerasi pada rangkaian proses filtrasi aliran *crossflow* terutama pada bak umpan akibat proses resirkulasi. Suplay oksigen yang diperoleh akibat adanya proses aerasi pada air payau dengan kandungan logam alkali tanah (Mg dan Ca) akan membentuk senyawa feroksida seperti MgO_2 dan CaO_2 serta meningkatkan oksida ionik seperti MgO dan CaO. Oksida ionik tersebut, jika berada dalam air dan bereaksi dengan air (H_2O) akan membentuk $MgOH_2$ dan $CaOH_2$ yang merupakan basa lemah. Dengan demikian selama proses akan terjadi peningkatan konsentrasi pH.

Untuk memprediksi nilai fluks terhadap variabel tekanan dan waktu dapat menggunakan persamaan regresi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa 96,4% peningkatan nilai fluks dapat dijelaskan oleh variasi tekanan dan waktu operasi. sedangkan sisanya 3,6% dapat dipengaruhi oleh resistensi total, suhu, pH dan *fouling*.

4.5. Pembahasan Analisis Salinitas dan Analisis TDS

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 resistansi 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. Sellulose asetat bersifat sangat hidrofilik tapi tidak larut dalam air, karena sifat kristalin dan ikatan hidrogen antara gugus hidroksil penyusunnya. Sifat inilah yang menyebabkan mambran dari material penyusun berupa sellulose asetat akan memiliki rasio permeabilitas air yang lebih tinggi dari pada garam. Kombinasi material membran seperti ini, sulit ditemukan pada material membran lainnya (Wenten, 1999).

Kemampuan membran ultrafiltrasi dalam merejeksi garam sangat berkaitan erat dengan konsentrasi akhir salinitas dan TDS yang terkandung dalam *permeate*. Salinitas adalah fraksi yang menyatakan besarnya kandungan gram garam dalam 1 kilogram air dan umumnya dinyatakan dalam satuan ‰ (bagian per seribu). TDS atau jumlah zat padat terlarut adalah parameter yang dapat dijadikan sebagai acuan yang merujuk pada derajat keasinan air.

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 $10^{-1} \text{ \AA} - 0,99 \times 10^2 \text{ \AA}$ (Table Of Periodic Properties Of The Elements, Sargent Welch Scientific Of Company dalam Alaerts, G.,1984) atau dapat di konversi kedalam satuan mikrometer (μm) yaitu sebesar (0,00001–0,0099) μm . Air payau juga memiliki kandungan TDS yang bervariasi yang dapat mencapai 5000 mg/L. Pada penelitian ini kandungan TDS air payau sebesar 2750 mg/L. TDS memiliki karakteristik yaitu mampu melewati filter berukuran pori rata-rata 2 μm . Dalam penelitian ini, ukuran pori membran ultrafiltrasi yang digunakan berada dalam selang (0,002 – 0,05) μm .

Berdasarkan hasil penelitian, rejeksi salinitas dalam selang terendah hingga tertinggi adalah sebesar 17% - 51% sedangkan rejeksi TDS dalam selang terendah hingga tertinggi adalah sebesar 6%-64%. Dengan melihat nilai persen rejeksi yang dicapai, dapat diketahui bahwa sekitar 83% - 49% ion – ion yang menjadi komposisi utama garam dan sekitar 94%-36% ukuran partikel TDS yang terkandung dalam sampel umpan dapat melewati pori-pori membran karena memiliki ukuran lebih kecil dari 0,002 μm .

4.5.1. Pengaruh Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap Persen Rejeksi Salinitas dan TDS

Hubungan antara waktu operasi dan tekanan operasi terhadap persen rejeksi salinitas dan persen rejeksi TDS diperlihatkan pada Tabel 4.6, Gambar 4.3 dan Tabel 4.7, 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 salinitas dan TDS 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 rentang waktu 15 menit selama waktu operasi 90 menit, persen rejeksi salinitas mengalami peningkatan. Pada tekanan 1 bar, 3 bar, 4 bar, nilai persen rejeksi salinitas pada menit ke 30 berturut–turut sebesar 17%, 23% dan 29%. Nilai persen rejeksi terus meningkat sampai pada saat operasi ke 90 menit pada tekanan 1 bar, 3 bar, 4 bar, nilai persen rejeksi salinitas berturut – turut mencapai 18,5%, 37% dan 51%, sedangkan rata–rata persen rejeksi salinitas dalam kurun waktu operasi masing–masing berturut–turut pada tekanan 1 bar, 3 bar, dan 4 bar adalah sebesar 18%, 30.2%, dan 40.6%.

Hasil penelitian sebagaimana ditampilkan pada gambar 4.5, menunjukkan bahwa waktu operasi yang semakin panjang menyebabkan persen rejeksi TDS yang dihasilkan makin besar pula. Dalam tiap rentang

waktu 15 menit selama waktu operasi 90 menit, persen rejeksi TDS mengalami peningkatan. Pada tekanan 1 bar, 3 bar, 4 bar, nilai persen rejeksi TDS pada menit ke 30 berturut – turut sebesar 6%, 25% dan 46.50%. Nilai persen rejeksi terus meningkat sampai pada saat operasi ke 90 menit pada tekanan 1 bar, 3 bar, 4 bar, nilai persen rejeksi TDS berturut – turut mencapai 26%, 44% dan 64%, sedangkan rata – rata persen rejeksi TDS dalam kurun waktu operasi masing – masing berturut – turut pada tekanan 1 bar, 3 bar, dan 4 bar adalah sebesar 16.2%, 37.1%, dan 54.7%.

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 dan TDS dapat dilihat pada nilai koefisien korelasi antara tekanan dan waktu operasi terhadap persen rejeksi salinitas dan TDS. Pada tabel 4.10 terlihat nilai koefisien korelasi yang diperoleh untuk variasi tekanan operasi dan waktu operasi terhadap persen rejeksi salinitas yang dihasilkan berturut – turut adalah sebesar 0,821 dan 0,406. Artinya hubungan antara variabel tekanan operasi dengan persen rejeksi salinitas adalah kuat sedangkan hubungan antara waktu operasi dengan persen rejeksi salinitas adalah sedang. Nilai koefisien korelasi yang diperoleh untuk variasi tekanan operasi dan waktu operasi terhadap persen rejeksi TDS yang dihasilkan berturut – turut adalah sebesar 0,881 dan 0,487. Artinya hubungan antara variabel tekanan operasi dengan persen rejeksi TDS adalah kuat sedangkan hubungan antara waktu operasi dengan persen rejeksi TDS adalah sedang (Soleh, 2005).

Waktu operasi membran yang lama akan membuat *cake layer* bertambah tebal dan pori-pori membran semakin kecil (Mulder, 1996). *Solute* banyak tertahan di *cake layer* yang tebal dan pori-pori membran, sehingga konsentrasi garam yang keluar dari membran kecil. Hal inilah yang menyebabkan persentase rejeksi salinitas dan TDS meningkat selama waktu operasi. Namun dalam periode waktu operasi yang lama, tidak menutup kemungkinan akan terjadinya peristiwa tertutupnya pori-pori

membran akibat terdeposisinya garam-garam terlarut pada permukaan membran atau disebut sebagai peristiwa *fouling* yang dapat menurunkan efektivitas kerja membran. Penggunaan sistem *crossflow* pada penelitian ini, dapat memperlambat terjadinya *fouling* dibandingkan dengan proses *dead-end*. Hal ini disebabkan laju alir yang searah dengan permukaan membran dapat membantu menggerus partikel yang menempel pada permukaan membran.

Persen rejeksi salinitas dan TDS yang terus meningkat sejalan dengan peningkatan tekanan operasi dikarenakan permeabilitas solven meningkat dibandingkan solute. Terjadinya kenaikan persen rejeksi salinitas dalam rentang tekanan operasi 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, 1999). Makin berkurangnya pori efektif membran maka, makin berkurang pula konsentrasi solute yang melewati membran sehingga persen rejeksi akan semakin meningkat. Hal ini membuktikan bahwa ada kaitan yang erat antara ukuran pori dengan tekanan dan waktu operasi terhadap peningkatan persentase rejeksi baik itu salinitas maupun TDS.

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 memprediksi nilai persen rejeksi salinitas dan persen rejeksi TDS dari variabel tekanan dan waktu dapat menggunakan persamaan regresi. Hasil yang diperoleh menunjukkan 83.9% peningkatan nilai persen rejeksi salinitas dapat dijelaskan oleh variasi tekanan dan waktu operasi dan 92,6% peningkatan nilai persen rejeksi TDS dapat dijelaskan oleh variasi tekanan dan waktu operasi.

4.6. 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.

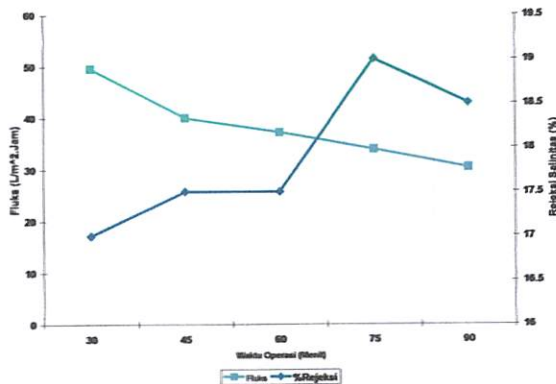
Seperti diketahui, proses penyaringan pada membran, air umpan memiliki kandungan partikel – partikel kontaminan yang hendak ditahan oleh membran. Ada dua fenomena yang menyebabkan terjadinya fouling yaitu polarisasi dan deposisi. Polarisasi merupakan peristiwa peningkatan lokal konsentrasi *solute* (kontaminan) 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 pertambahan 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). *Fouling* di permukaan membran di akibatkan oleh pertambahan jumlah solid secara terus menerus selama waktu operasi dan terakumulasi sehingga

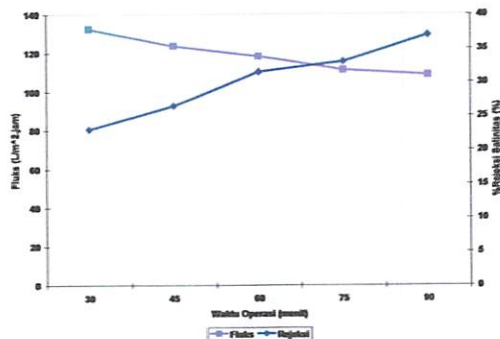
membentuk sejenis *cake layer*. *Cake layer* merupakan sejenis gelatin yang menutupi permukaan membran dan dapat berguna sebagai membran kedua (Mulder, 1996). Sedangkan *fouling* di dalam pori-pori membran yang di sebabkan teradsorbsinya partike-partikel di sekeliling dalam pori membran akan membuat diameter pori menjadi lebih kecil. Selama proses penelitian, indikasi terjadinya *fouling* dapat dilihat dari terjadinya perubahan warna pada membran akibat terakumulasinya substansi yang tertahan di permukaan membran.

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

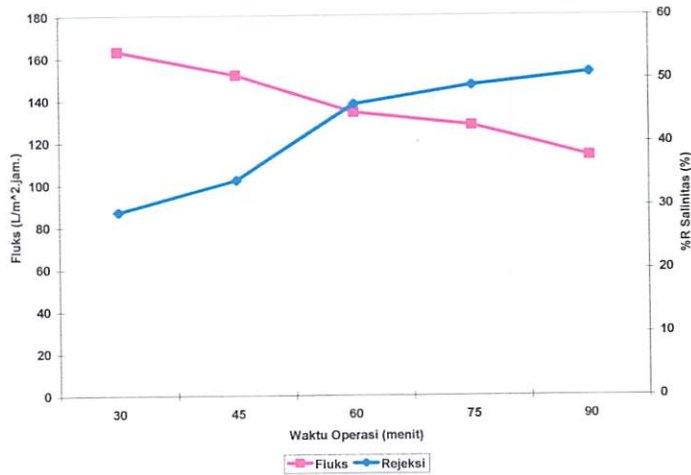
Grafik perpotongan persen rejeksi salinitas dengan fluks permeate untuk masing – masing tekanan operasi dapat dilihat pada Gambar 4.5, Gambar 4.6, Gambar 4.7.



Gambar 4.5. Tekanan 1 Bar

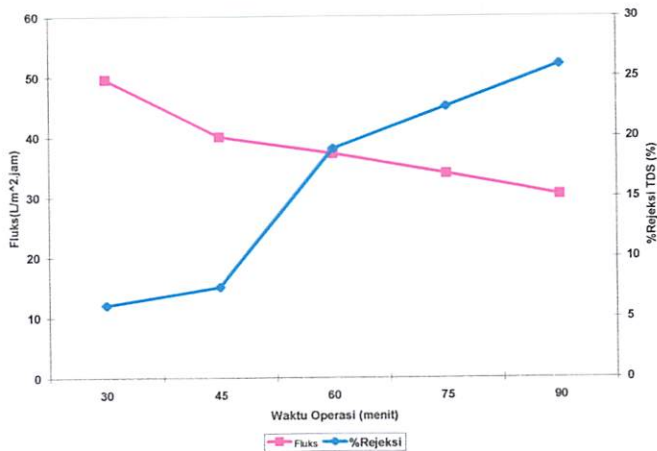


Gambar 4.6. Tekanan 3 Bar

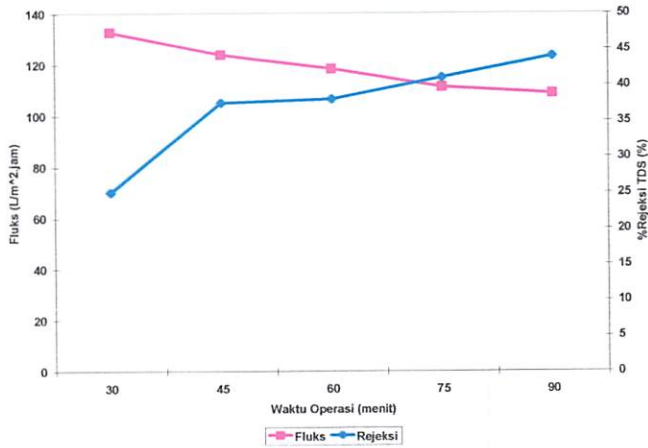


Gambar 4.8. Tekanan 4 Bar

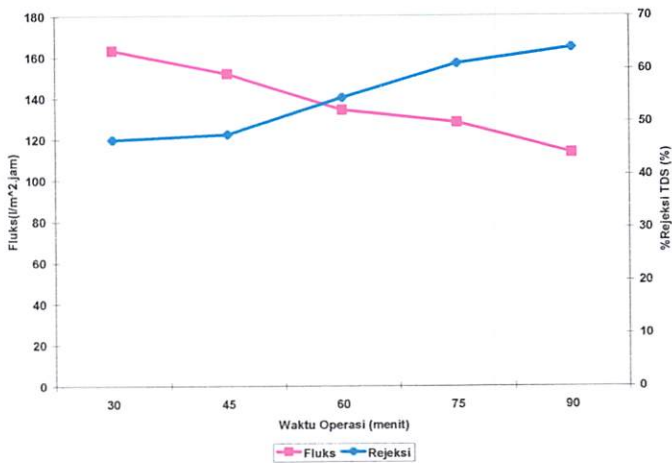
Grafik perpotongan persen rejeksi TDS dengan fluks permeate untuk masing – masing tekanan operasi dapat dilihat pada Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11.



Gambar 4.9. Tekanan Operasi 1 Bar



Gambar 4.10. Tekanan operasi 3 Bar



Gambar 4.11. Tekanan Operasi 4 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 di peroleh pada tekanan 3 bar yaitu menit ke 69. Sedangkan untuk proses penurunan TDS, fouling paling lambat terjadi pada tekanan 3 bar yaitu 70 menit. Rata-rata waktu terjadinya fouling pada penurunan salinitas terjadi pada menit ke 64. Dan rata-rata waktu terjadinya fouling pada penurunan TDS terjadi pada menit ke 62.

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. Resistensi yang terjadi pada membran meliputi resistensi membran (R_m),

resistensi adsorpsi (R_a), resistensi penutupan pori (R_p), resistensi *cake layer/gel layer* (R_g) dan resistensi polarisasi (R_{cp}) (Mulder, 1996). Semua jenis resistensi ini mempunyai peran dalam menghambat laju fluks. Gabungan dari semua jenis resistensi tersebut disebut sebagai resistensi total. Pengaruh resistensi total terhadap fluks tertuang dalam persamaan 4 berikut ini:

$$J_v = \frac{\Delta P}{\eta \cdot R_{tot}} \text{ (Mulder, 1996)} \dots\dots\dots(4-4)$$

Dimana:

J_v = fluks ($L/m^2 \cdot jam$)

η = viskositas

ΔP = tekanan operasi (bar)

R_{tot} = resistensi total

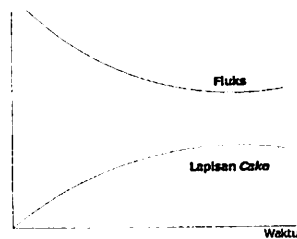
Pada persamaan tersebut terlihat bahwa peningkatan resistensi total akan menurunkan nilai fluks.

4.7. Ringkasan Analisis

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat diketahui beberapa poin penting sebagai berikut:

- a) Membran ultrafiltrasi dapat digunakan dalam proses desalinasi air payau karena memiliki ukuran pori yang cukup untuk merejeksi solute hingga ukuran terkecil dari beberapa ion penyusun garam-garam terlarut dalam air payau. Dalam penelitian ini, persen rejeksi yang dicapai baru mencapai angka 50%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses desalinasi air payau menggunakan membran UF belumlah cukup, karena itu dibutuhkan proses pre treatment untuk mengoptimalkan kerja membran UF atau post treatment untuk menyempurnakan hasil akhir yang diperoleh.
- b) Bentuk modul membran *flat sheet* dan struktur pori membran UF yang asimetrik memiliki beberapa keunggulan seperti :

- Sistem ini memberikan resisten hidrodinamik yang lebih rendah dengan tekanan *hidrodinamik* yang lebih tinggi sehingga menghasilkan laju aliran permeate yang lebih tinggi.
 - Dapat menekan penurunan permeabilitas membran sehingga dapat meningkatkan persentasi rejeksi.
- c) Material membran berbahan dasar *Cellulose asetat* (CA) dapat merejeksi garam dengan baik karena sifat bahan yang hidrofilik sehingga memiliki rasio permeabilitas air yang lebih tinggi daripada garam.
- d) Sistem pengaliran cross flow dapat menghambat terjadinya fouling sehingga fluks dan persentasi rejeksi yang dihasilkan lebih stabil. Hal ini karena sistem pengaliran cross flow dapat memperlambat peristiwa fouling. Hal ini dapat dilihat dari ilustrasi yang ditampilkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Hubungan antara waktu operasi terhadap fluks pada sistem aliran *cross flow*.

- e) Terdapat hubungan antara tekanan operasi dan waktu operasi terhadap :
- **Fluks**
Tekanan yang meningkat akan menyebabkan fluks menjadi lebih besar, tetapi waktu operasi yang lama justru akan menyebabkan fluks menurun (Gambar 4.1.). Hal ini berhubungan dengan terjadinya fouling. Hubungan antara waktu operasi dan fluks dapat dilihat pada Gambar 4.6.
 - **Persentasi rejeksi**
Semakin besar tekanan dan semakin lama waktu operasi maka persentasi rejeksi yang dihasilkan akan semakin meningkat. (Gambar 4.3 dan Gambar 4.5). Namun perlu diketahui bahwa

dalam proses pemisahan dengan menggunakan membran UF, tekanan operasi tidak boleh melebihi 5 bar karena akan merusak pori-pori membran. Sedangkan waktu operasi yang terlalu lama, akan menyebabkan tersumbatnya pori-pori membran sehingga dapat menghambat proses pemisahan.

f) Besarnya variasi waktu dan tekanan dalam memprediksi variabel terikat adalah sebagai berikut :

- Untuk memprediksi fluks sebesar: 96,4%
- Untuk memprediksi persentasi rejeksi salinitas sebesar: 83,9%
- Untuk memprediksi persentasi rejeksi TDS sebesar: 92,6%

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. Membran ultrafiltrasi dapat dipergunakan untuk proses desalinasi air payau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas kerja membran dalam proses desalinasi air payau mencapai angka lebih dari 50%. Efektivitas kerja membran sendiri, berhubungan dengan nilai fluks dan persentase rejeksi yang dicapai.
2. Pada tekanan 4 bar dengan waktu operasi selama 90 menit, diperoleh nilai fluks tertinggi yaitu sebesar 113,414 L/m².Jam. Nilai fluks berkaitan erat dengan tekanan dan waktu operasi.
3. Persen rejeksi terbesar yang di hasilkan dari penelitian dengan konsentrasi awal salinitas sebesar 10 permil dan konsentrasi awal TDS sebesar 2750 mg/L adalah 51% dan 64%, masing – masing untuk parameter salinitas dan *Total Dissolved solid* yang beroperasi pada tekanan 4 bar dengan waktu operasi 90 menit.

5.2. SARAN

1. Untuk proses desalinasi dengan menggunakan membran ultrafiltrasi perlu dilakukan penelitian mengenai pengolahan pendahuluan untuk mengefektifkan kerja membran dan perlu dilakukan pula pengolahan akhir hingga memperoleh persentase penurunan yang lebih tinggi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi tekanan yang lebih besar dalam batasan tekanan membran ultrafiltrasi dan periode operasi yang lebih lama sehingga dapat diketahui pula waktu terjadinya *fouling* pada membran.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, Marsyid. 2002. *Studi kemampuan Filter Tembikar Dalam Proses Desalinasi Air*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Alaerts,G dan Sri Simestri Santika. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasioanl, Surabaya.
- Anonim. *Unit Pengolah Air Asin Menjadi Air Siap Minum Sistem osmosis Balik Kapasitas 10.000 Liter/Hari Air Siap Minum*. [www.bppt.go.id/ndex.hp?option=com_content & task = view & id=1373&Itemid=30](http://www.bppt.go.id/ndex.hp?option=com_content&task=view&id=1373&Itemid=30) - 22k. Diakses tanggal 19-04-2007. Jam 10.35.
- Artifiantinosa, Nassa. 2004. *Studi Efektifitas Pengolahan Pendahuluan Pada Membran Ultrafiltrasi*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Iriawan, Nur dan Astuti P. Septin,. 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.
- 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/Air_payau. Diakses tanggal 22-06-2007. Jam 11:00
- <http://www.wikipedia.org/wiki/Laut>. Diakses tanggal 25-06-2007. jam 9:45
- <http://www.oseanografi.blogspot.com/2005/07/salinitas-air-laut.html> Diakses tanggal 25-06-2007. jam 09:00.
- http://www.perpustakaan.menlh.go.id/kamus.php?curr_page=6&pref=D&PUSDI G=cc06b9e0efc75f27bd5847a170494. Diakses tanggal 15-05-2007. Jam 08:15.
- Junaedi, Robert. *Membran Nanofiltrasi Untuk Pemisahan ion – Ion Valensi Tinggi dan Senyawa Organik*. <http://digilib.s1.itb.ac.id/go.php?id=jbptitbpp->

[gdl-s2-2004-robotjun-1746&node=684&start=26](#). Diakses tanggal 11-09-2007. Jam 11:45.

Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated Design Of Water Treatment Facilities*. Wiley Interscience. USA.

Mallevalle, Joel., et al. 1996. *Water Treatment Membran Processes.*, AWWA, Lyonnaise des Eaux, Water Research Commission of South Africa ; Mc Graw Hill. New York .

Marsono, Bowo ., *Unit Operasi.*, MINAT ITS, Surabaya

Misran, Erni., *Aplikasi Teknologi Berbasiskan Membran Dalam Bidang Bioteknologi Kelautan: Pengendalian Pencemaran.*,
<http://library.usu.ac.id/modules.php?op=modload&name=Downloads&file=index&req=getit&lid=293>. Diakses tanggal : 19-04-2007, 11:29.

Mulder M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology.*, Kluwer Academic Publishers, Netherlan.

Mu'min, Badaruddin., *Penurunan Zat Organik Dan Warna Pada Pengolahan Air Gambut Menggunakan Membran Ultrafiltrasi Dengan Sistem Aliran Cross Flow Yang Didahului Dengan Proses Koagulasi/ Flokulasi dan adsorpsi Karbon Aktif.* <http://library.gunadarma.ac.id/go.php?id=jbptitbpp-gdl-s2-2002-badaruddin-1835>, diakses tanggal 19-04-2007, 10:00 AM.

Notodarmojo, S. dan Deniva Anne., *Penurunan Zat Organik dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End (Studi Kasus : Waduk Saguling, Padalarang)*, <http://proceedings.itb.ac.id/download.php?file=A03014.pdf&id=57&up=3>, diakses tanggal 20-04-2007, 11:10 AM.

Notodarmojo, S., Dini Mayasanthi, dan Teuku Zulkarnaen. *Pengolahan Limbah Cair emulsi Minyak Dengan Proses Membran Ultrafiltrasi Dua Tahap Aliran Cross Flow*, www.lp.itb.ac.id/product/Vol36Ano1/suprihanto.html. Diakses tanggal [19-04-2007](#), 10:15 AM

Nurhayati, Indah. *Desalinasi Air Payau dengan Membran Reverse Osmosis Tekanan Rendah.* <http://digilib.its.ac.id/detil.php?id=1192:Master>. Diakses tanggal 11-09-2007. Jam 10:47 AM.

- P. Juli, Ni Ketut. 2005. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Untuk Proses Penurunan Warna dan Kandungan Organik dengan Koagulan Khitosan dai Limbah Perikanan*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Malang.
- 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.
- 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.
- Sutrisno, Totok. 2002. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Rineka Cipta., Jakarta.
- Suyanta. 2003. *Modul Kuliah Kimia Unsur*. Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Taufikurrahman. 2006. *Penurunan TSS, Warna dan COD Pada Limbah Laundry Menggunakan Membran Mikrofiltrasi (MF) Dengan Pretreatment Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.
- Tuti, Agnes dan Eddy Soedjono., *Teknologi Penyediaan Air Bersih Daerah Pesisir & Pulau Kecil Berbasis Partisipasi Masyarakat*. www.Up3d.Org/More_Paper.Php?Id_R=6. Diakses tanggal: 28-05-2007, jam 09:00
- Wenten, I.G. 1999. *Teknologi Membran Industrial.*, Bandung.
www.o-fish.com/Air/Salinitas.php. Diakses tanggal 05-07-2007. Jam 11:28
www.geocities.com/agus_adut/sifat_air_laut.htm. Diakses tanggal 25-05-2008.
 Jam 09:45

LAMPIRAN 1
LEMBAR KERJA DAN REPLIKA DATA

Work Sheet Analisa Fluks dan Permeabilitas

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Volume (mL)		Volume Rata- rata (mL)	Fluks (L/m ² .jam)		Fluks Rata-rata	Permeabilitas Rata- rata (L/m ² .jam.bar)
		1	2		1	2		
1	30	43	43	43	49.594	49.594	49.594	49.594
	45	52	52	52	39.983	39.983	39.983	39.983
	60	65	64	65	37.484	36.907	37.196	37.196
	75	73	74	74	33.678	34.139	33.909	33.909
	90	78	80	79	29.987	30.756	30.372	30.372
3	30	110	120	115	126.870	138.403	132.636	44.212
	45	162	160	161	124.563	123.025	123.794	41.265
	60	200	210	205	115.336	121.103	118.219	39.406
	75	240	242	241	110.722	111.645	111.184	37.061
	90	280	285	283	107.647	109.569	108.608	36.203
4	30	140	143	142	161.470	164.930	163.200	40.800
	45	195	200	198	149.937	153.781	151.859	37.965
	60	230	235	233	132.636	135.520	134.078	33.520
	75	285	270	278	131.483	124.563	128.023	32.006
	90	290	300	295	111.491	115.336	113.414	28.353

Tabel 1 Replika Data Analisa Fluks

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Fluks		Fluks Rata-rata
		1	2	
1	30	49.594	49.594	49.594
	45	39.983	39.983	39.983
	60	37.484	36.907	37.196
	75	33.678	34.139	33.909
	90	29.987	30.756	30.372
3	30	132.25	133.023	132.636
	45	124.563	123.025	123.794
	60	117.514	118.925	118.219
	75	110.722	111.645	111.184
	90	107.647	109.569	108.608
4	30	162.800	163.601	163.200
	45	151.450	152.268	151.859
	60	134.003	134.153	134.078
	75	127.422	128.624	128.023
	90	113.492	113.335	113.414

Tabel 2 Replika Data Hasil Salinitas

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Konsentrasi Akhir Salinitas (‰)		Rata- rata
		1	2	
1	30	8,5	8,1	8,3
	45	8,3	8,2	8,25
	60	8,2	8,2	8,2
	75	8,1	8,1	8,1

	90	8	8.3	8,15
3	30	7,4	8	7,7
	45	7,3	7,4	7,35
	60	7,2	6,5	6,85
	75	7,2	6,2	6,7
	90	6,3	6,3	6,3
4	30	7,1	7,1	7,1
	45	6,1	7,1	6,6
	60	5,2	6,2	5,7
	75	5,2	5	5,1
	90	5	4,8	4,9

Tabel 3 Replika Data Hasil TDS

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Konsentrasi Akhir TDS (mg/L)		Rata-rata
		1	2	
1	30	2585	2585	2585
	45	2530	2557,5	2543,75
	60	2365	2090	2227,5
	75	2227,5	2035	2131,25
	90	2035	2035	2035
3	30	2035	2090	2062,5
	45	1512,5	1925	1718,75
	60	1485	1925	1705
	75	1630,5	1614,5	1622,5
	90	1512,5	1567,5	1540

4	30	1485	1457,5	1471.25
	45	1480.25	1407.25	1443,75
	60	1292.5	1210	1251.25
	75	1100	1045	1072.5
	90	990	990	990

LAMPIRAN 2
ANALISIS STATISTIK

Hasil Analisa Statistik

2/20/2008 4:46:00 AM

Correlations: fluks, Tekanan, Waktu Operasi

	fluks	Tekanan
Tekanan	0.952 0.000	
Waktu Operas	-0.240 0.032	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: fluks versus Tekanan, Waktu Operasi

The regression equation is

$$\text{fluks} = 37.4 + 34.3 \text{ Tekanan} - 0.508 \text{ Waktu Operasi}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	37.399	6.076	6.16	0.000	
Tekanan	34.307	1.322	25.94	0.000	1.0
Waktu Operasi	-0.50799	0.07775	-6.53	0.000	1.0

S = 9.03353 R-Sq = 96.4% R-Sq(adj) = 96.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	58408	29204	357.87	0.000
Residual Error	27	2203	82		
Total	29	60612			

Source	DF	Seq SS
Tekanan	1	54925
Waktu Operasi	1	3484

Unusual Observations

Obs	Tekanan	fluks	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
15	4.00	111.49	128.91	3.36	-17.42	-2.08R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Two-way ANOVA: fluks versus Waktu Operasi, Tekanan

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Operasi	4	3529.0	882.2	97.29	0.000
Tekanan	2	56198.0	28099.0	3098.56	0.000
Interaction	8	748.5	93.6	10.32	0.000
Error	15	136.0	9.1		
Total	29	60611.6			

S = 3.011 R-Sq = 99.78% R-Sq(adj) = 99.57%

Results for: Worksheet 2

Correlations: Rejeksi Salinitas, Tekanan, Waktu Operasi

	Rejeksi Sali	Tekanan
Tekanan	0.821 0.000	
Waktu Operas	0.406 0.026	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Two-way ANOVA: Rejeksi Salinitas versus Waktu Operasi, Tekanan

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Operasi	4	655.13	163.78	10.68	0.000
Tekanan	2	2693.60	1346.80	87.83	0.000
Interaction	8	314.07	39.26	4.56	0.035
Error	15	230.00	15.33		
Total	29	3892.80			

S = 3.916 R-Sq = 94.09% R-Sq(adj) = 88.58%

Regression Analysis: Rejeksi Salinitas versus Tekanan, Waktu Operasi

The regression equation is
Rejeksi Salinitas = - 3.27 + 7.50 Tekanan + 0.218 Waktu Operasi

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-3.267	3.243	-3.01	0.032	
Tekanan	7.5000	0.7057	10.63	0.000	1.0
Waktu Operasi	0.21778	0.04149	5.25	0.000	1.0

S = 4.82099 R-Sq = 83.9% R-Sq(adj) = 82.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	3265.3	1632.6	70.25	0.000
Residual Error	27	627.5	23.2		
Total	29	3892.8			

Source	DF	Seq SS
Tekanan	1	2625.0
Waktu Operasi	1	640.3

Results for: Worksheet 3

Correlations: Rejeksi TDS, Tekanan, Waktu Operasi

	Rejeksi TDS	Tekanan
Tekanan	0.881 0.000	
Waktu Operas	0.487 0.035	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Two-way ANOVA: Rejeksi TDS versus Waktu Operasi, Tekanan

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Operasi	4	1420.67	355.17	13.70	0.000
Tekanan	2	7429.40	3714.70	143.24	0.000
Interaction	8	136.93	17.12	5.66	0.018
Error	15	389.00	25.93		
Total	29	9376.00			

S = 5.092 R-Sq = 95.85% R-Sq(adj) = 91.98%

Regression Analysis: Rejeksi TDS versus Tekanan, Waktu Operasi

The regression equation is

$$\text{Rejeksi TDS} = -16.6 + 12.5 \text{ Tekanan} + 0.322 \text{ Waktu Operasi}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-16.648	3.403	-4.89	0.000	
Tekanan	12.4929	0.7405	16.87	0.000	1.0
Waktu Operasi	0.32222	0.04354	7.40	0.000	1.0

S = 5.05890 R-Sq = 92.6% R-Sq(adj) = 92.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	8685.0	4342.5	169.68	0.000
Residual Error	27	691.0	25.6		
Total	29	9376.0			

Source	DF	Seq SS
Tekanan	1	7283.3
Waktu Operasi	1	1401.7

LAMPIRAN 3
HASIL ANALISIS PENELITIAN

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

LKAA

Laboratorium Pengujian
LF - 227 - IDN

Nomor : 030 S/LKA MLG/I/08

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 131 - 141 / PC / I / 2008 / 241 - 251
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 31 Januari 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
Kode Sampel 1.4.30					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2700	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel 1.4.45					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2750	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel 1.4.60					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2350	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel 1.4.75					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2000	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel 1.4.90					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	1800	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.4.30					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2650	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.4.45					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2500	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.4.60					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2200	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.4.75					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	1900	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.4.90					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	1800	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel B					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	5000	QI/LKA/05 (Konduktometri)	

Kesimpulan : -



Kesimpulan : -
Kata 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
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

JKAN

Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

Nomor : 030 S/LKA MLG/I/08

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 131 - 141 / PC / I / 2008 / 241 - 251
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

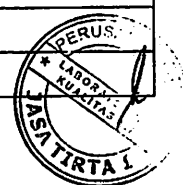
Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 31 Januari 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
Kode Sampel 1.1.30					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	4700	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel I.1.45					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	4600	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel 1.1.60					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	4300	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel I.1.75					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	4050	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel 1.1.90					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	3700	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.1.30					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	4700	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.1.45					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	4650	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.1.60					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	3800	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.1.75					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	3700	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.1.90					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	3700	QI/LKA/05 (Konduktometri)	

Kesimpulan : -



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 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
is 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 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta 1 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

JKAN

Laboratorium Pengujian

LP - 227 - 10N

Nomor : 030 S/LKA MLG/I/08

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 131 - 141 / PC / I / 2008 / 241 - 251
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Lokasi Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 31 Januari 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
Kode Sampel I.3.30					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	3700	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel I.3.45					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2750	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel I.3.60					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2700	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel I.3.75					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2700	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel I.3.90					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2750	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.3.30					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	3800	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.3.45					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	3500	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.3.60					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	3500	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.3.75					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	3200	QI/LKA/05 (Konduktometri)	
Kode Sampel II.3.90					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	2850	QI/LKA/05 (Konduktometri)	

Kesimpulan : -



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

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERIKANAN

Jl. Veteran Telp. 553512 Fax (0341) 553512 Malang

Kode Sampel	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa
I.1.30	Salinitas	ppt	8,5	Refraktometrik
	pH	-	8,18	pH Metrik
I.1.45	Salinitas	ppt	8,3	Refraktometrik
	pH	-	8,23	pH Metrik
I.1.60	Salinitas	ppt	8,2	Refraktometrik
	pH	-	8,26	pH Metrik
I.1.75	Salinitas	ppt	8,1	Refraktometrik
	pH	-	8,42	pH Metrik
I.1.90	Salinitas	ppt	8	Refraktometrik
	pH	-	8,50	pH Metrik
II.1.30	Salinitas	ppt	8,1	Refraktometrik
	pH	-	8,24	pH Metrik
II.1.45	Salinitas	ppt	8,2	Refraktometrik
	pH	-	8,50	pH Metrik
II.1.60	Salinitas	ppt	8,2	Refraktometrik
	pH	-	8,52	pH Metrik
II.1.75	Salinitas	ppt	8,1	Refraktometrik
	pH	-	8,56	pH Metrik
II.1.90	Salinitas	ppt	8,3	Refraktometrik
	pH	-	8,70	pH Metrik
I.3.30	Salinitas	ppt	7,4	Refraktometrik
	pH	-	8,10	pH Metrik
I.3.45	Salinitas	ppt	7,3	Refraktometrik
	pH	-	8,14	pH Metrik
I.3.60	Salinitas	ppt	7,2	Refraktometrik
	pH	-	8,23	pH Metrik
I.3.75	Salinitas	ppt	7,2	Refraktometrik
	pH	-	8,39	pH Metrik
I.3.90	Salinitas	ppt	6,3	Refraktometrik
	pH	-	8,44	pH Metrik
II.3.30	Salinitas	ppt	8	Refraktometrik
	pH	-	8,43	pH Metrik
II.3.45	Salinitas	ppt	7,4	Refraktometrik
	pH	-	8,56	pH Metrik
II.3.60	Salinitas	ppt	6,5	Refraktometrik
	pH	-	8,58	pH Metrik
II.3.75	Salinitas	ppt	6,2	Refraktometrik
	pH	-	8,63	pH Metrik
II.3.90	Salinitas	ppt	6,3	Refraktometrik
	pH	-	8,71	pH Metrik

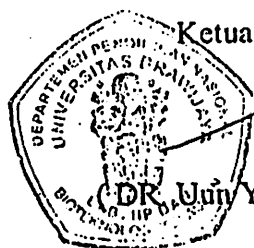
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERIKANAN
Jl. Veteran Telp. 553512 Fax (0341) 553512 Malang

Kode Sampel	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa
I.4.30	Salinitas	ppt	7.1	Refraktometrik
	pH	-	8,16	pH Metrik
I.4.45	Salinitas	ppt	6.1	Refraktometrik
	pH	-	8,24	pH Metrik
I.4.60	Salinitas	ppt	5.2	Refraktometrik
	pH	-	8,32	pH Metrik
I.4.75	Salinitas	ppt	5.2	Refraktometrik
	pH	-	8,35	pH Metrik
I.4.90	Salinitas	ppt	5	Refraktometrik
	pH	-	8,61	pH Metrik
II.4.30	Salinitas	ppt	7.1	Refraktometrik
	pH	-	8,34	pH Metrik
II.4.45	Salinitas	ppt	7.1	Refraktometrik
	pH	-	8,46	pH Metrik
II.4.60	Salinitas	ppt	6.2	Refraktometrik
	pH	-	8,53	pH Metrik
II.4.75	Salinitas	ppt	5	Refraktometrik
	pH	-	8,64	pH Metrik
II.4.90	Salinitas	ppt	4.8	Refraktometrik
	pH	-	8,72	pH Metrik
B	Salinitas	ppt	10	Refraktometrik
	pH	-	8,04	pH Metrik

- Sampel hasil proses desalinasi air payau
- Tanggal Analisa : 30 Januari 2008

Mengetahui,

Ketua Laboratorium



(DR. Jun Yanuhar S.Pi., M. Si)