

SKRIPSI

PENGUNAAN MEMBRAN MIKROFILTRASI (MF) METODE CROSS FLOW DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN, FOSFAT DAN COD PADA AIR SUNGAI DENGAN PROSES PRETREATMENT ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL

Oleh

**TINNY TOUSELAK
02 26 019**



**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2007**

8001
BUTVIG
ИЗМЕНА ДЕКЛОРАЦИОНА
БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА
БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА
БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА

БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА
БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА
БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА

80 82 010
БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА

8001

БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА
БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА
БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА
БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА

БУТИВА ДЕКЛОРАЦИОНА

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENGUNAAN MEMBRAN MIKROFILTRASI (MF) METODE
CROSS FLOW DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN, FOSFAT DAN
COD PADA AIR SUNGAI DENGAN PROSES
PRETREATMENT ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL**

OLEH :

TINNY TOUSELAK

0226019

Menyetujui
Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. P. 1030300382



Mengetahui

Ketua Jurusan Prodi Teknik Lingkungan

Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGUNAAN MEMBRAN MIKROFILTRASI (MF) METODE
CROSS FLOW DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN, FOSFAT DAN
COD PADA AIR SUNGAI DENGAN PROSES
PRETREATMENT ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL**

OLEH :
TINNY TOUSELAK
0226019

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S-1) dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 15 September 2007.

Mengetahui
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi



Ir. Agustina Nurul Hidayati, MTP
NIP. P. 1039000214

Sekretaris

Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

DR. Ir Hery Setyobudiarso, MSi
NIP.131965844

Dosen Penguji II

Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

Touselak Tinny, Sudiro, Hendriarianti Evy 2007. **Penggunaan Membran Mikrofiltrasi (MF) Metode *Cross Flow* Dalam Menurunkan Kekeruhan, Fosfat dan COD pada Air Sungai dengan Proses *Pretreatment Roughing Filter Aliran Horizontal***. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAK

Air merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting dan komponen penunjang bagi kelangsungan hidup kita sehari-hari, maka berbagai usaha dilakukan untuk memperolehnya dengan memanfaatkan air dari berbagai sumber seperti air permukaan yaitu air sungai. Sedangkan pada saat sekarang ini kebanyakan air sungai sudah mengalami pencemaran oleh bahan-bahan organik maupun anorganik yang berasal dari limbah cair yang dibuang secara sembarang dari hasil kegiatan industri, rumah sakit serta limbah domestik perkotaan seperti Kekeruhan, Fosfat dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Pada penelitian ini digunakan teknologi membran mikrofiltrasi metode *cross flow* untuk mengolah air sungai yang mengandung ketiga polutan tersebut. Aliran *cross flow* diharapkan dapat menghindari terakumulasinya *solute* dipermukaan membran sehingga fluks tidak menurun secara cepat. Sistem kerja membran mikrofiltrasi dikombinasikan dengan *pretreatment Roughing filter aliran horizontal* untuk mencegah terjadinya *fouling* sehingga kinerja membran berjalan maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode aliran *cross flow* terhadap persentase rejeksi (%R) dan fluks saat proses dengan menggunakan membran mikrofiltrasi dengan variasi tekanan 3 dan 4 bar, waktu operasi selama 1 jam dan variasi waktu operasi 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit dari sistem pengolahan dengan membran mikrofiltrasi (MF) metode *cross flow*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran mikrofiltrasi mampu menurunkan tingkat Kekeruhan, kandungan Fosfat dan COD. Persentase rejeksi maksimum terjadi pada tekanan 4 bar menit ke-60 untuk semua polutan yang direjeksi dengan nilai persentase rejeksi kekeruhan sebesar 100%, Fosfat sebesar 71,42% dan COD sebesar 94,76%. Tekanan yang semakin besar akan menghasilkan *fluks* yang semakin besar pula, namun waktu operasi yang lama akan menurunkan nilai *fluks*. Nilai *fluks* yang terbesar didapat pada tekanan 4 bar menit ke-10 sebesar 12049,988 L/m².jam. Dengan aliran *crossflow* penurunan *fluks* masih terjadi tapi secara eksponensial.

Kata kunci : COD, *Fluks*, Fosfat, Kekeruhan, Membran Mikrofiltrasi (MF), *Roughing Filter Aliran Horizontal*

Touselak Tinny, Sudiro, Hendriarianti Evy 2007. **The Use Of Microfiltration Membrane (MF) Cross Flow Method To Reduce Turbidity, Phosphate and COD of Water River with Roughing Filter Stream of Horizontal Process of Pretreatment.** Thesis, Environment Enggineering Specialty, National Institute of Technology Malang.

ABSTRACT

Water is base requirement which of vital importance and supporter component for continuity of our daily activity, some consider obtaining the benefit of some sources of water such as surface water is water river. While at this time most river water have experienced of contamination by inorganic and organic materials which come from thrown liquid waste by of any kinds from industrial activity result, hospital and also domestic waste of urban such as Turbidity, Phosphate and COD (Chemical Oxygen Demand). This research used microfiltration membrane technology cross flow of method to process the water river considering third polutan. Stream Cross flow expected can avoid the accumulation of solute on the surface membrane so that flux not down quickly. System microfiltration membrane combined with pretreatment Roughing filter stream of horizontal to prevent the happening of fouling so that membrane performance walk maximally. This research aims to know effect of stream cross flow method to rejection percentage (% R) and flux process by using membrane microfiltration with pressure variation of 3 and 4 bar, for during 1 hour and variation time operated for 10 minute, 20 minute, 30 minute, 40 minute, 50 minute and 60 minute of processing system by membrane microfiltration (MF) of cross flow Method. Research result indicate that microfiltration membrane can degrade of Turbidity, Phosphate and COD. Maximum percentage rejection happened at pressure 4 bar at 60th minute for all polutan with values percentage of Turbidity rejection equal to 100%, Phosphate equal to 71,42% and COD equal to 94,76%. The highest presusure will produce the *flux* also, but longer operation time ones will reduce the flux. Flux which biggest to be got at pressure 4 bar minute bar of ke-60th minute equal to 12049,988 L / m².jam. With stream crossflow reduce still happened but by eksponensial.

Keyword : COD, *Fluks*, Phosphate, Microfiltrasi Membrane (MF), Roughing Filter Stream of Horizontal, Turbidity

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yesus yang telah melimpahkan hikmat dan pengetahuan-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Penggunaan Membran Mikrofiltrasi (MF) Metode *Cross Flow* dalam Menurunkan Kekeruhan, Fosfat dan COD pada Air Sungai dengan Proses *Pretreatment Roughing Filter* Aliran Horizontal”** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerjasama dan bimbingan dari semua pihak. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Sudiro, ST. MT., selaku ketua jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, sekaligus selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi penyempurnaan laporan skripsi ini.
2. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Bapak DR. Ir Hery Setyobudiarso, MSi, selaku dosen penguji sekaligus selaku yang telah memberikan masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini
4. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT, selaku dosen penguji sekaligus selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah memberikan masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini
5. Ibu Tuani Lidiawati, ST. MT, selaku dosen pengajar yang telah memberikan masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
6. Ibu Anis Artyani, ST., selaku sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang sekaligus selaku dosen wali.
7. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.

8. Teman-teman Teknik Lingkungan khususnya angkatan 2002 dan 2001 yang telah membantu dan memberi dukungan

Kesadaran akan masih banyak kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang kami susun.

Akhirnya penyusun berharap Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang dan masyarakat luas pada umumnya.

Malang, Juli 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	2
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Ruang lingkup.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Air Bersih.....	5
2.2. Parameter-parameter Air Bersih.....	7
2.2.1. Kekeruhan.....	8
2.2.2. Fosfat.....	8
2.2.3. COD.....	9
2.3. Proses Filtrasi.....	10
2.3.1. Pengertian Filtrasi.....	10
2.3.2. Jenis-jenis Filtrasi.....	10
2.3.3. Jenis Media.....	13
2.3.4. Bentuk Butiran dan Variasi Bentuk.....	16
2.3.5. Mekanisme Filtrasi.....	18
2.3.6. Faktor-faktor yang mempengaruhi Proses Filtrasi.....	20

2.3.7. Hidrolika Filtrasi.....	21
2.3.8. Kriteria Desain Roughing Filter.....	23
2.4. Aktivasi.....	24
2.5. Proses Membran.....	25
2.5.1. Umum.....	25
2.5.2. Klasifikasi Membran.....	26
2.5.3. Peristiwa Fouling dan Polarisasi Pada Membran.....	34
2.5.4. Proses Operasi pada Membran.....	38
2.5.5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja Membran.....	42
2.6. Metode Pengolahan Data.....	44
2.6.1. Statistik Deskriptif.....	44
2.6.2. Statistik Inferensi.....	46
2.6.3. Generasi dan Kesimpulan Analisa Data.....	49

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian.....	50
3.2. Waktu dan lokasi Penelitian.....	50
3.3. Peralatan dan Bahan Penelitian.....	50
3.3.1. Bahan Penelitian.....	50
3.3.2. Peralatan Penelitian.....	50
3.4. Variabel Penelitian.....	51
3.5. Tahapan Penelitian.....	52
3.5.1. Persiapan Media Penelitian.....	52
3.5.2. Pengoperasian Alat.....	53
3.6. Analisa Parameter Uji.....	54
3.7. Analisa Data.....	54
3.8. Kerangka Penelitian.....	54

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Air Sungai.....	57
4.2. Pengolahan Pendahuluan Air Baku.....	57
4.2.1. <i>Roughing Filter Aliran Horizontal</i>	57
4.3. Pengolahan Pada Membran Mikrofiltrasi (MF).....	59

4.4. Analisa <i>Fluks</i> Pada Membran Mikrofiltrasi.....	63
4.4.1. Analisa Deskriptif.....	63
4.4.2. Analisa Kesamaan Variansi.....	65
4.4.3. Analisa Varian (ANOVA).....	66
4.4.4. Analisa Korelasi.....	67
4.4.5. Analisa Regresi.....	69
4.4.6. Pembahasan <i>Fluks</i> Pada Proses Filtrasi Menggunakan Membran Mikrofiltrasi.....	73
4.5. Analisa Kekeruhan Pada Membran Mikrofiltrasi.....	75
4.5.1. Analisa Deskriptif.....	75
4.5.2. Analisa Kesamaan Variansi.....	77
4.5.3. Analisa Varian (ANOVA).....	78
4.5.4. Analisa Korelasi.....	79
4.5.5. Analisa Regresi.....	81
4.5.6. Pembahasan Konsentrasi Kekeruhan Pada Proses Filtrasi Menggunakan Membran Mikrofiltrasi.....	84
4.6. Analisa Fosfat Pada Membran Mikrofiltrasi.....	86
4.6.1. Analisa Deskriptif.....	86
4.6.2. Analisa Kesamaan Variansi.....	88
4.6.3. Analisa Varian (ANOVA).....	88
4.6.4. Analisa Korelasi.....	90
4.6.5. Analisa Regresi.....	91
4.5.6. Pembahasan Konsentrasi Fosfat Pada Proses Filtrasi Menggunakan Membran Mikrofiltrasi.....	95
4.7. Analisa COD Pada Membran Mikrofiltrasi.....	97
4.7.1. Analisa Deskriptif.....	97
4.7.2. Analisa Kesamaan Variansi.....	99
4.7.3. Analisa Varian (ANOVA).....	100
4.7.4. Analisa Korelasi.....	101
4.7.5. Analisa Regresi.....	103

4.7.6. Pembahasan Konsentrasi COD Pada Proses
Filtrasi Menggunakan Membran Mikrofiltrasi.....106

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....109
5.2. Saran.....109

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai Faktor Kebulatan, Faktor Bentuk dan Porositas Berdasarkan Gambaran Butiran.....	17
Tabel 2.2. Ringkasan Parameter-parameter Desain.....	23
Tabel 2.3. Perbedaan Antara Upflow Roughing Filter, Slow Sand Filter dan Rapid Sand Filter.....	24
Tabel 2.4. Penggunaan Membran Berdasarkan Ukuran Pori.....	33
Tabel 2.5. Koefisien Korelasi <i>Guilford</i>	47
Tabel 4.1. Karakteristik Air Sungai.....	57
Tabel 4.2 Data Effluent dan Persentase Penyisihan Roughing Filter Aliran Horizontal.....	58
Tabel 4.3. Nilai <i>Fluks</i> Membran Proses Filtrasi Membran.....	60
Tabel 4.4. Nilai Konsentrasi Akhir Kekeruhan Setelah Proses Filtrasi Membran.....	61
Tabel 4.5. Nilai Konsentrasi Akhir Fosfat Setelah Proses Filtrasi Membran.....	61
Tabel 4.6. Nilai Konsentrasi Akhir COD Setelah Proses Filtrasi Membran	62
Tabel 4.7. Pengukuran Parameter pH dan Suhu Saat Pengoperasian Membran (MF) pada tekanan 3 bar.....	62
Tabel 4.8. Pengukuran Parameter pH dan Suhu Saat Pengoperasian Membran (MF) pada tekanan 4 bar.....	63
Tabel 4.9. Hasil Uji kesamaan Variansi Analisa Fluks Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....	66
Tabel 4.10. Hasil Uji ANOVA Analisa <i>Fluks</i> Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....	67
Tabel 4.11. Korelasi Antara <i>Fluks</i> Dengan Tekanan dan Waktu Operasi Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....	68
Tabel 4.12. Hasil Uji Parameter Model Regresi Fluks Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....	70
Tabel 4.13. Hasil Uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Fluks Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....	70

Tabel 4.14. Nilai Persentase Rejeksi Kekerusuhan Pada Berbagai Tekanan dalam Proses Filtrasi Membran Menggunakan Pretreatment Roughing Filter Aliran Horizontal.....76

Tabel 4.15. Hasil Uji kesamaan Variansi Analisa Kekerusuhan Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....77

Tabel 4.16. Hasil Uji ANOVA Analisa Kekerusuhan Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....78

Tabel 4.17. Korelasi Antara Persentase Rejeksi Kekerusuhan Dengan Tekanan dan Waktu Operasi Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....79

Tabel 4.18. Hasil Uji Parameter Model Regresi Persentase Rejeksi Kekerusuhan Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....81

Tabel 4.19. Hasil Uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Rejeksi Kekerusuhan Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....82

Tabel 4.20. Nilai Persentase Rejeksi Fosfat Pada Berbagai Tekanan dalam Proses Filtrasi Membran Menggunakan Pretreatment Roughing Filter Aliran Horizontal.....87

Tabel 4.21 Hasil Uji kesamaan Variansi Analisa Fosfat Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....88

Tabel 4.22 Hasil Uji ANOVA Analisa Fosfat Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....89

Tabel 4.23. Korelasi Antara Persentase Rejeksi Fosfat Dengan Tekanan dan Waktu Operasi Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....90

Tabel 4.24. Hasil Uji Parameter Model Regresi Persentase Rejeksi Fosfat Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....92

Tabel 4.25. Hasil Uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Rejeksi Fosfat Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....93

Tabel 4.26. Nilai Persentase Rejeksi COD Pada Berbagai Tekanan dalam Proses Filtrasi Membran Menggunakan Pretreatment Roughing Filter Aliran Horizontal.....98

Tabel 4.27 Hasil Uji kesamaan Variansi Analisa COD Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....99

Tabel 4.28 Hasil Uji ANOVA Analisa COD
Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....100

Tabel 4.29. Korelasi Antara Persentase Rejeksi COD Dengan Tekanan
dan Waktu Operasi Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....101

Tabel 4.30. Hasil Uji Parameter Model Regresi Persentase Rejeksi COD
Pada Proses Filtrasi dengan Membran..... 103

Tabel 4.31. Hasil Uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Rejeksi
COD Pada Proses Filtrasi dengan Membran.....104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk Batu apung.....	14
Gambar 2.2. Penampang melintang tubuh kerang dan penampang melintang cangkok dan mantel.....	16
Gambar 2.3. Faktor Kebulatan dan faktor bentuk dari butiran dan porositas sehubungan dengan tingkat lapisan dalam filter cepat.....	17
Gambar 2.4. Bentuk Membran Flat Sheet	28
Gambar 2.5. Modul Membran Hollow Fiber.....	28
Gambar 2.6. Modul Membran Spiral Wound.....	29
Gambar 2.7. Modul Membran Tubular.....	30
Gambar 2.8. Spektrum Membran.....	31
Gambar 2.9. Peristiwa Polarisasi Pada Membran.....	35
Gambar 2.10. Mekanisme Bloking Pada Pori Membran.....	36
Gambar 2.11. Resistensi Membran Terhadap Transport Massa Pada Membran Berpori.....	37
Gambar 2.12. Sistem Aliran Dead-end dan Cross-flow.....	41
Gambar 2.13. Sistem Single-pass dan Resirkulasi.....	41
Gambar 2.14. Diagram Kontrol <i>Shewhart</i>	45
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian.....	54
Gambar 3.2. Rangkaian alat Proses Pengolahan Pretreatment Roughing Filter aliran horizontal dan Treatment Membran Mikrofiltrasi Metode Crossflow.....	56
Gambar 4.1. Gambar Hubungan Antara Fluks dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan	63
Gambar 4.2. Gambar Hubungan Antara Fluks dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan Digambarkan secara Eksponensial.....	64
Gambar 4.3. Gambar Hubungan Antara Suhu dan Waktu Operasi Membran Pada Tekanan 3 bar.....	65
Gambar 4.4. Gambar Hubungan Antara Suhu dan Waktu Operasi Membran Pada Tekanan 4 bar	65

Gambar 4.5. Gambar Hubungan Antara Konsentrasi Kekeruhan dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....75

Gambar 4.6. Gambar Hubungan Antara Persentase Rejeksi Kekeruhan dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....77

Gambar 4.7. Gambar Hubungan Antara Konsentrasi Fosfat dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....86

Gambar 4.8. Gambar Hubungan Antara Persentase Rejeksi Fosfat dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....87

Gambar 4.9. Gambar Hubungan Antara Konsentrasi COD dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....97

Gambar 4.10. Gambar Hubungan Antara Persentase Rejeksi COD dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan.....99

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 GAMBAR ALAT**
- LAMPIRAN 2 CARA KERJA ANALISA PARAMETER**
- LAMPIRAN 3 DATA HASIL ANALISA PARAMETER UJI**
- LAMPIRAN 4 ANALISA STATISTIK**
- LAMPIRAN 5 DOKUMENTASI PENELITIAN**
- LAMPIRAN 6 TABEL F DAN TABEL t**
- LAMPIRAN 7 BAKU MUTU**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan dasar bagi kelangsungan hidup kita sehari-hari, karena air merupakan unsur mineral utama yang dibutuhkan makhluk hidup. Karena keberadaannya yang sangat penting tersebut, maka berbagai usaha dilakukan untuk memperolehnya dengan memanfaatkan air dari berbagai sumber baik air tanah (mata air, sumur artesis) dan air permukaan (air sungai, danau, rawa dan sebagainya). Tuntutan peningkatan pemanfaatan air bersih oleh masyarakat dalam jumlah yang cukup mengharuskan adanya ketersediaan air yang cukup. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih, air baku tidak bisa hanya diambil dari air tanah tapi juga harus disediakan dari sumber lain seperti dari air permukaan contohnya sungai.

Penyediaan air baku untuk air bersih sebagian besar diambil dari sungai, sedangkan pada saat sekarang ini kebanyakan air sungai sudah mengalami pencemaran oleh bahan-bahan organik maupun anorganik yang berasal dari limbah cair yang dibuang secara sembarang dari hasil kegiatan industri, rumah sakit serta limbah domestik perkotaan. Ciri-ciri utama pada umumnya dari air sungai adalah mengandung bahan padat keseluruhan yang terapung dan yang terlarut, keruh, berwarna, bau, mengandung banyak zat-zat pencemar baik organik dan anorganik yang bersifat toksik. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan air sebelum digunakan untuk air bersih agar memenuhi syarat sebagai air bersih.

Kriteria penilaian untuk mutu air bersih adalah berdasarkan uji fisika, kimia, cemaran logam dan kandungan bakteri. Pada parameter fisik kekeruhan pada air dapat mengurangi kejernihan air, untuk parameter kimia kandungan fosfat dan COD yang berlebihan dapat mengganggu ekosistem dalam air dan jika air tersebut terminum oleh makhluk hidup dapat mengganggu kesehatan.

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh *Taufikurrahman, 2006* untuk menurunkan TSS, Warna dan COD pada air limbah Laundry menggunakan membran Mikrofiltrasi aliran *dead end* dengan *pretreatment* Koagulasi Flokulasi-

Sedimentasi didapatkan hasil yang cukup bagus yaitu penurunan warna 99,30% dan COD 99,17 %, dari hasil penelitian ini muncul pemikiran untuk mencoba menurunkan kandungan kekeruhan, fosfat dan COD dalam air sungai dengan menggunakan membran mikrofiltrasi (MF) metode *cross flow* dengan proses pengolahan awal (*pretreatment*) roughing filter aliran horizontal.

Proses pengolahan air sungai dengan metode membran mikrofiltrasi ini merupakan proses pemisahan dengan menggunakan membran yang bersifat *semipermeable*, dimana terjadi perpindahan materi secara selektif yang disebabkan oleh gaya dorong seperti perbedaan potensial listrik, potensial kimia dan tekanan. Teknologi membran mikrofiltrasi metode *cross flow* dengan bahan selulosa nitrat ini mampu menyaring dan menghilangkan berbagai zat terlarut dengan berat molekul tinggi, koloid, mikroba sampai padatan tersuspensi dari fluida. Selain itu pemilihan menggunakan metode *cross flow* dengan pertimbangan bahwa metode ini dapat menghindari terakumulasinya *solute* dipermukaan membran sehingga *fluks* tidak menurun secara cepat. Untuk mencegah terjadinya *fouling* yang merupakan permasalahan umum membran sehingga menyebabkan penurunan kinerja proses diperlukan suatu *pretreatment* dengan metode roughing filter aliran horizontal yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja membran secara maksimal. Disamping itu, penggunaan roughing filter aliran horizontal ini memungkinkan penggunaan panjang filter yang tidak terbatas dan rate filtrasi yang rendah sehingga penurunan kekeruhan bisa mencapai 90%.

1.2. Permasalahan

Adanya kandungan senyawa-senyawa pencemar yang melebihi ambang batas dalam air sungai yang digunakan sebagai air bersih seperti kekeruhan, fosfat dan COD dapat menimbulkan pencemaran pada air sungai. Untuk dapat menggunakan air sungai yang telah tercemar oleh senyawa-senyawa pencemar tersebut maka air tersebut perlu diolah sampai layak digunakan sebagai air bersih.

Salah satu metode pengolahan yang dapat digunakan untuk menurunkan kekeruhan, fosfat dan COD dalam air sungai adalah dengan membran mikrofiltrasi (MF). Penggunaan teknologi membran mikrofiltrasi yang terbuat dari bahan selulosa nitrat ini berdasarkan pertimbangan bahwa membran mampu

menyaring dan menghilangkan berbagai zat terlarut dengan berat molekul tinggi, aneka koloid, mikroba sampai padatan tersuspensi dari fluida. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Taufikurrahman, 2006 untuk menurunkan TSS, warna dan COD pada air limbah Laundry menggunakan membran mikrofiltrasi metode aliran *dead end* terjadi penurunan *fluks* yang sangat cepat misalnya pada tekanan 3 bar, pada menit ke-5 *fluks*nya mencapai 5803,26 L/m².jam dan turun menjadi 532,20 L/m².jam pada menit ke-60. Untuk mencegah terjadi penurunan *fluks* yang sangat cepat itu diperlukan modifikasi aliran umpan dengan metode aliran *cross flow* mengingat aliran umpan searah dengan permukaan membran sehingga dapat menghindari terakumulasinya *solute* di permukaan membran dan penurunan *fluks* dapat terjadi secara eksponensial. Kinerja membran tidak dapat optimal jika bekerja sendiri, untuk itu diperlukan *pretreatment* yaitu roughing filter aliran horizontal yang dapat mereduksi zat-zat tersuspensi dan koloid.

1.3. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh metode aliran *cross flow* terhadap persentase rejeksi (%R) dan *fluks* saat proses dengan menggunakan membran mikrofiltrasi.
2. Bagaimana pengaruh waktu operasi pada membran terhadap kualitas hasil dari sistem pengolahan menggunakan membran mikrofiltrasi (MF) metode *cross flow* dengan resirkulasi aliran.
3. Bagaimana pengaruh variasi tekanan terhadap persentase rejeksi (%R) dan *fluks* saat proses dengan menggunakan membran mikrofiltrasi metode *cross flow*.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh metode aliran *cross flow* terhadap persentase rejeksi (%R) dan *fluks* saat proses dengan menggunakan membran mikrofiltrasi.
2. Mengetahui pengaruh waktu operasi pada membran terhadap kualitas hasil dari sistem pengolahan dengan membran mikrofiltrasi (MF) metode *cross flow* dengan resirkulasi aliran.

-
3. Mengetahui pengaruh variasi tekanan terhadap persentase rejeksi (%R) dan *fluks* saat proses dengan menggunakan membran mikrofiltrasi metode *cross flow*.

1.5. Ruang Lingkup

- Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium.
- Sampel yang digunakan adalah sampel air sungai
- Parameter yang diukur adalah kekeruhan, fosfat dan COD
- Menggunakan reaktor roughing filter aliran horizontal dan reaktor membran metode *cross flow*.
- Media untuk roughing filter adalah cangkang kerang dan batu apung.
- Penelitian ini difokuskan pada tinjauan teknik dan proses operasional membran yaitu kemampuan membran merejeksi kontaminan dengan metode *cross flow*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Air Bersih

Secara garis besar sumber air bersih di muka bumi ini berasal dari beberapa sumber mata air, yaitu (*Sutrisno, 2002*):

1. Air Laut

Air laut merupakan bagian terbesar dari muka bumi, sebagai terminal dari sungai dan memiliki kadar garam yang tinggi dibandingkan dengan air daratan serta sifatnya asin karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3%. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air bersih.

2. Air Hujan

Uap air di udara mengalami titik kondensasi yang kemudian menjadi titik jenuh sehingga terjadi hujan yang berupa cairan atau dapat pula menjadi salju atau es. Air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak *reservoir*, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi (karatan).

Untuk memanfaatkan air hujan sebagai sumber air bersih sebaiknya waktu menampung air hujan setelah beberapa lama hujan turun, bukan dimulai pada saat hujan mulai turun. Karena masih mengandung banyak kotoran yang berasal dari pencemaran udara oleh kotoran-kotoran industri, debu dan lain sebagainya.

3. Air Permukaan

Merupakan air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri, kota dan lain sebagainya. Beberapa pengotor ini, untuk masing-masing air permukaan akan berbeda-beda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini.

Jenis pengotorannya dapat dilihat dari ciri fisik, kimia dan bakteriologi.

Air permukaan dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

a. Air Sungai

Dalam penggunaannya sebagai air bersih, air sungai haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi sekali, karena air sungai mempunyai alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari air hujan dan merupakan perpaduan antara alur sungai dan aliran air di dalamnya. Debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan akan air minum pada umumnya dapat mencukupi.

b. Air Rawa

Air rawa kebanyakan berwarna yang disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk, misalnya asam humus yang larut dalam air yang menyebabkan warna kuning coklat. Dengan adanya pembusukan kadar zat organik tinggi, maka umumnya kadar Fe dan Mn akan tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan O_2 kurang sekali (*anaerob*), maka unsur-unsur Fe dan Mn ini akan larut. Pada permukaan air akan tumbuh *algae* (lumut) karena adanya sinar matahari dan O_2 .

4. Air Tanah

Pada umumnya kualitas pada air tanah cukup baik (tergantung pada lapisan keadaan tanah) dan sedikit dipengaruhi oleh perubahan musim. Air tanah dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

a. Air Tanah Dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu.

b. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Kualitas air tanah dalam pada umumnya lebih baik dari air tanah dangkal karena penyaringannya lebih sempurna dan bakteri lebih berkurang. Kualitas air tanah pada umumnya mencukupi dan sedikit dipengaruhi oleh musim.

c. Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah, mata air hampir tidak dipengaruhi oleh musim. Kualitas dan kuantitasnya sama dengan keadaan air dalam. Berdasarkan keluarnya (munculnya air ke permukaan tanah) terbagi atas:

1. Rembesan, dimana air keluar dari lereng-lereng
2. Umbul, dimana air keluar ke permukaan pada suatu dataran.

2.2. Parameter-parameter Air Bersih

Air sungai biasanya dipakai sebagai air baku oleh masyarakat sekitar dalam memenuhi kebutuhannya sehari-hari. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas dari air baku dan memerlukan pengolahan lebih lanjut apabila air baku tersebut kurang memenuhi syarat sebagai air bersih serta harus sesuai dengan standar kualitas air bersih. Beberapa faktor standar kualitas air bersih ditinjau dari segi :

1. Fisik

Yang termasuk dalam standar kualitas air bersih secara fisik ada lima unsur yaitu suhu, warna, bau, rasa dan kekeruhan.

2. Kimia

Yang termasuk dalam standar kualitas air secara kimia yaitu : pH (derajat keasaman), zat padat (total solid), zat organik, CO_2 , kesadahan, magnesium (Mg), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), zink (Zn), klorida (Cl), sulfat (SO_4), sulfida (F), amonia (NH_3^+), nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), phenolik (phenol), arsen (As), timbal (Pb), selenium (Se), kromium (Cr), sianida (CN), kadmium (Cd) dan air raksa (Hg).

2.2.1. Kekeruhan

Air dikatakan keruh apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna atau rupa yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi : tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar secara baik dan partikel partikel kecil yang tersuspensi lainnya mempunyai ukuran 10 nm sampai 10 μm . Nilai numerik yang menunjukkan kekeruhan didasarkan pada turut tercampurnya bahan-bahan tersuspensi pada jalannya sinar melalui sampel.

Nilai ini tidak secara langsung menunjukkan banyaknya bahan tersuspensi, tetapi ia menunjukkan kemungkinan penerimaan konsumen terhadap air tersebut. Kekeruhan tidak merupakan sifat dari air yang membahayakan, tetapi ia menjadi tidak disenangi karena rupanya. Kekeruhan tersebut akan mengurangi segi estetika, menyulitkan dalam usaha penyaringan dan akan mengurangi efektifitas usaha desinfeksi (*Sutrisno, 2002*).

Kekeruhan merupakan sifat optis dari suatu larutan yaitu hamburan dan absorpsi cahaya yang melaluinya. Jadi kekeruhan mempunyai sifat menghamburkan cahaya. Pengukuran kekeruhan air disebabkan pada sifat tersebut, yaitu semakin tinggi intensitas cahaya yang dibaurkan, menunjukkan semakin tinggi kekeruhan air tersebut (*G.Alaerts, Sri Sumestri Santika, 1987*).

Metode pengukuran kekeruhan ada beberapa macam antara lain :

- a. Metode *Nephelometrik* (Unit Kekeruhan Nephelometrik)
- b. Metode *Hellige Turbidimetri* (Unit Kekeruhan Silika)
- c. Metode *Visuil* (Unit Kekeruhan Jackson)

2.2.2. Fosfat

Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organis. Ortofosfat adalah senyawa monomer seperti H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , sedangkan polifosfat (juga disebut “*condensed phosphates*”) merupakan senyawa polimer seperti $(\text{PO}_3)_6^{3-}$ (heksametafosfat), $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ (tripolifosfat) dan $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ (pirofosfat); fosfat organis adalah P yang terikat dengan senyawa-senyawa organis sehingga tidak berada dalam larutan secara terlepas.

Dalam air alam atau air buangan, fosfor P yang terlepas dan senyawa P selain yang disebutkan di atas hampir tidak ditemui.

Setiap senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Dalam air limbah senyawa fosfat dapat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Di daerah pertanian ortofosfat berasal dari bahan pupuk, yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan detergen yang mengandung fosfat seperti industri pencucian, industri logam dan sebagainya. Fosfat organis terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organis dapat pula terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Berbagai macam jenis fosfat juga dipakai untuk pengolahan anti karat dan anti kerak pada pemanas (boiler)

Bila kadar fosfat pada air alam sangat rendah (< 0.01 mg P/l), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhalang, keadaan ini dinamakan oligotrop. Bila kadar fosfat serta nutrisi lainnya tinggi, pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas lagi (keadaan eutrop), sehingga tanaman tersebut dapat menghabiskan oksigen dalam sungai atau kolam pada malam hari atau bila tanaman tersebut mati dan dalam keadaan sedang dicerna (*digest*) (G.Alaerts, Sri Sumestri Santika, 1987).

2.2.3. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram perliter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiarto, 1987). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses biologis. Senyawa tersebut tahan terhadap oksidasi secara biologi, tetapi dapat diuraikan dengan menggunakan pereaksi oksidator yang kuat dalam suasana asam, misalnya menggunakan kalium bikromat atau permanganate. Oleh karena itu COD dapat dipakai sebagai ukuran untuk mengukur derajat pencemaran air

yang ditimbulkan oleh senyawa-senyawa yang sukar diuraikan. Nilai COD biasanya dalam satuan ppm, kilogram atau persentase (%).

Pengujian kebutuhan oksigen kimia (KOK) atau Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan cara uji yang digunakan secara luas untuk mengukur pencemaran air yang ditimbulkan oleh limbah domestik maupun industri. Satu keterbatasan pengujian COD adalah ketidakmampuannya membedakan antara zat organik “*biodegradable*” dengan “*nonbiodegradable*”. Satuan nilai COD adalah mg O₂/l atau biasanya cukup dipakai dengan menuliskan mg/l (*G.Alaerts, Sri Sumestri Santika, 1987*).

2.3. Proses Filtrasi

2.3.1. Pengertian Filtrasi

Proses filtrasi merupakan bagian yang cukup penting untuk proses pengolahan air. Beberapa pengertian filtrasi antara lain :

1. Filtrasi adalah suatu pemisahan padatan dan cairan dimana cairan ditempatkan melalui media berpori untuk memisahkan zat padat tersuspensi halus yang mungkin ada.
2. Filtrasi adalah suatu proses dimana air diupayakan melewati suatu lapisan berpori atau kombinasi bahan berbutir untuk memisahkan zat-zat tersuspensi dan koloid yang ada dalam air.

Filtrasi adalah proses penjernihan atau penyaringan air baku melalui media berbutir porous. Selama melalui media tersebut terjadi pemisahan atau reduksi kandungan material tersuspensi, koloid, bakteri dan organisme lainnya dan mengubah unsur-unsur kimiawi air baku melalui mekanisme filtrasi yang berlangsung di sepanjang filter bed. (*Huisman, 1980 dalam Suantari, 2004*)

2.3.2. Jenis-jenis Filter

Jenis proses filtrasi atau filter diklasifikasikan berdasarkan ada kecepatan air, arah aliran, tekanan yang bekerja pada media dan tingkat kekeruhan air baku.

a. Berdasarkan kecepatan aliran, dapat dibedakan menjadi :

1. Rapid Filtration

Adalah proses air bersih yang umumnya dilakukan sesudah proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Kecepatan yaitu 5-12 m/jam.

Media yang dipakai bisa dalam bentuk :

- *Single media* (1 media)
- *Dual media* (2 media)
- *Mixed media* (dua atau lebih media)

2. Slow Filtration

Adalah proses pengolahan air bersih yang umumnya dilakukan untuk air permukaan tanpa unit koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Jadi air baku sesudah melalui prasedimentasi langsung dialirkan ke filter. Proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi terjadi di filter ini dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk di lapisan permukaan media pasir. Kecepatan yaitu 0,1 – 0,2 m/jam. Beberapa keuntungan dari slow sand filter adalah :

- a. Efektif dalam menurunkan kekeruhan dan bakteri
- b. Tidak perlu pengolahan pendahuluan dengan bahan kimia
- c. Tidak perlu backwashing
- d. Tidak menggunakan alat-alat dari mesin.

Sedangkan kelemahan dari slow sand filter adalah

- a. Kekeruhan air baku harus rendah yaitu kurang dari 50 NTU
- b. Membutuhkan lahan yang luas jika air baku mengandung *algae* dan kekeruhan tinggi.

b. Berdasarkan arah alirannya, dapat dibedakan menjadi :

1. Downflow Filter

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara vertikal/gravitasi dari atas ke bawah.

2. Upflow Filter

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir dari bawah ke atas.

3. *Horizontal Filter*

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara horizontal.

c. Berdasarkan tekanan yang bekerja pada media dibedakan menjadi :

1. Gravity Filter

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui filter bed secara gravitasi.

2. Pressure Filter

Adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui filter bed dengan tekanan.

d. Penyaringan Langsung (Direct Filtration)

Adalah proses filtrasi yang difokuskan pada air baku dengan kekeruhan rendah, tetapi yang masih belum memenuhi persyaratan kualitas air, misalnya air sumur dangkal. Jika diperlukan koagulan dapat diinjeksikan pada saluran yang menuju filter dan flok-flok yang terjadi langsung disaring tanpa melalui sedimentasi sehingga dapat menghemat bangunan unit pengolahan.

e. Roughing Filter

Roughing filter adalah merupakan salah satu jenis pengolahan pendahuluan yang paling umum dipakai untuk penyediaan air minum. Roughing filter menggunakan media dengan ukuran yang jauh lebih besar dibandingkan dengan slow filtration maupun rapid filtration, yaitu dengan memiliki diameter > 2,00 mm.

Roughing filter mempunyai kapasitas penyimpanan endapan yang besar dari bahan-bahan tersuspensi pada filterbed. Bahan-bahan padat yang tertahan oleh filter dapat dihilangkan dengan cara membilas/menggelontor, bila perlu dengan cara menggali media filter, mencuci dan mengantinya.

Rate filtrasi dapat serendah rate pada slow sand filter atau lebih tinggi dari rate yang digunakan pada rapid filter, tergantung pada jenis filter, sifat kekeruhan dan tingkat penurunan kekeruhan yang diinginkan. Sedangkan kekeruhan air baku sebelum masuk ke dalam roughing filter yaitu 20-150 NTU (rata-rata kekeruhan

tahunan). Hal ini dimaksudkan guna mencegah terjadinya penyumbatan yang terlalu sering dan menjamin kelangsungan operasinya untuk suatu periode waktu panjang.

Pada dasarnya ada dua jenis Roughing filter yang dibedakan oleh arah alirannya, yaitu roughing filter aliran vertikal dan roughing filter aliran horizontal. Keterbatasan struktural menyebabkan kedalaman filterbed pada roughing filter aliran vertikal terbatas tetapi memungkinkan kecepatan filtrasi dan kecepatan pencucian yang lebih tinggi. Sedangkan roughing filter aliran horizontal adalah proses dimana air mengalir secara horizontal. Pada roughing filter aliran horizontal memungkinkan penggunaan panjang filter yang tidak terbatas tetapi dengan rate filtrasi yang rendah dan biasanya pembersihan dilakukan secara manual. Dalam proses horizontal roughing filter memiliki kemampuan dalam menurunkan kekeruhan 50-90%, suspended solid 40-80% dan penurunan warna 50-90% (*J.M.J.C. Jayalath and J.P.Padmasari, 1996*).

2.3.3. Jenis Media

Media yang digunakan dalam penelitian ini ada dua jenis yakni cangkang kerang dan batu apung. Cangkang kerang dan batu apung dipilih sebagai media filter karena kedua jenis media ini mudah didapat.

Cangkang kerang dan batu apung ini secara visual terlihat mempunyai bentuk/rupa yang berbeda. Cangkang kerang dan batu apung bentuknya bersudut-sudut.

1. Batu Apung

Batu apung (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batu apung merupakan salah satu jenis batu lelehan yang kaya akan silica dan mempunyai struktur porous, yang terjadi karena keluarnya uap gas-gas yang larut di dalamnya pada waktu terbentuk.

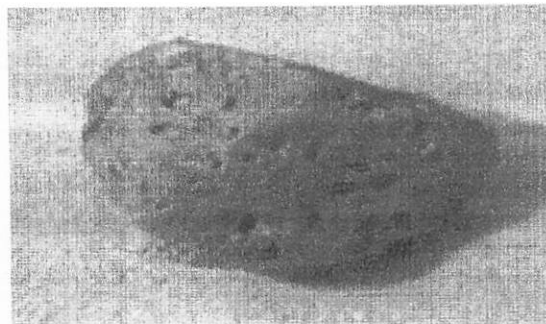
Secara alami bahan yang mengandung batu apung dan batu apung yang lapuk mempunyai daya serap tinggi, hal ini terjadi karena kandungan mineral yang

tinggi dan kapasitas adsorbsinya 40%. Batu apung umumnya digunakan sebagai bahan penggosok, bahan bangunan konstruksi ringan dan tahan api, bahan ringan (non reaction), pembawa (carrier penyerap dan saringan/filter), isolator temperatur tinggi dan rendah (Suantari, 2004).

Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung api yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik. Batu apung mempunyai sifat vesicular yang tinggi, mengandung jumlah sel yang banyak (berstruktur seluler) akibat ekspansi buih gas alam yang terkandung di dalamnya dan pada umumnya terdapat sebagai bahan lepas atau fragmen-fragmen dalam breksi gunung api. Sedangkan mineral-mineral yang terdapat dalam batu apung adalah feldspar, kuarsa, obsidian, kristobalit dan tridimit.

Didasarkan pada cara pembentukan, distribusi ukuran partikel (*fragmen*) dan material asalnya, batu apung diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu : *sub-areal*, *sub-aqueous*, *new ardante* dan hasil endapan ulang (*redeposit*).

Sifat kimia dan fisika batu apung antara lain, yaitu : mengandung oksida SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , CaO , TiO_2 , SO_3 dan Cl , hilang pijar (*Loss of Ignition*) 6%, pH 5, bobot isi ruah $480\text{-}960\text{ kg/cm}^3$, hantaran suara (*sound transmission*) rendah, rasio kuat tekan terhadap tinggi, konduktifitas panas (*thermal conductivity*) rendah dan ketahanan terhadap api sampai dengan 6 jam. Keterdapatannya batu apung selalu berkaitan dengan rangkaian gunung api berumur kuarter sampai tersier. Penyebaran meliputi daerah Serang, Sukabumi, Pulau Ternate, Pulau Lombok.



Gambar 2.1. Bentuk Batu Apung
(Sumber Rooklidge dalam Putra, 2006)

2. Cangkang kerang

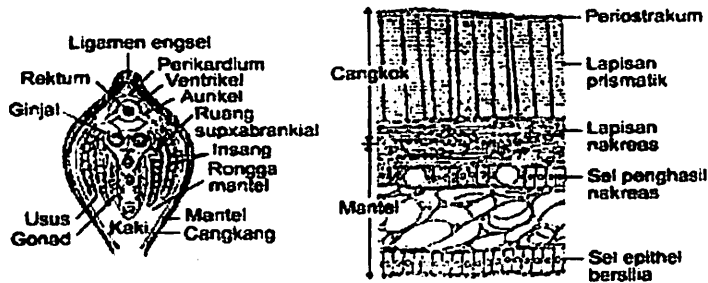
Hewan moluska ini khususnya dari jenis gastropoda yang di Indonesia dikenal sebagai siput atau kerang-kerangan telah lama dikenal di Indonesia oleh masyarakat. Seperti di daerah pantai Kenjeran Surabaya yang mayoritas penduduknya bermata pencaharian sebagai nelayan, tidak sedikit juga nelayan-nelayan tersebut yang memang khusus mencari kerang. Pemanfaatan kerang oleh manusia selama ini hanyalah mencari kerang. Pemanfaatan kerang oleh manusia selama ini hanyalah sebatas memanfaatkan dagingnya yang diketahui memiliki nilai gizi tinggi karena proteinnya yang tinggi. Sementara cangkangnya atau kulitnya masih belum banyak dimanfaatkan sehingga banyak kulit kerang menumpuk. Cangkang kerang atau kulit kerang merupakan salah satu limbah yang mengganggu lingkungan, dimana selama ini hanya dimanfaatkan sebagai hiasan dan campuran kosmetik. Sedangkan keberadaan cangkang atau kulit kerang semakin mengganggu lingkungan perkampungan nelayan.

Jenis kerang yang dihasilkan oleh para nelayan di daerah pantai Kenjeran ini diantaranya jenis kerang tothok dan kerang manuk. Kedua jenis kerang tersebut merupakan kerang yang banyak disuplai untuk kebutuhan rumah makan seafood. Jenis kerang tothok atau biasa juga disebut kerang darah ini merupakan jenis kerang paling banyak dihasilkan dibandingkan dengan jenis kerang manuk karena memang agak sulit untuk didapatkan. Secara otomatis, cangkang kerang atau kulit kerang yang paling banyak jumlahnya yang menumpuk dan menjadi limbah adalah jenis kerang tothok. Cangkang kerang tothok ini berwarna coklat dan berduri halus.

Cangkang ini berfungsi untuk melindungi tubuh. Cangkang kerang di bagian dorsal tebal dan bagian ventral tipis. Kepalanya tidak nampak dan kakinya berotot. Fungsi kaki untuk merayap dan menggali lumpur atau pasir.

Cangkang ini terdiri dari tiga lapisan, yaitu :

- a. *Periostrakum* adalah lapisan terluar dari zat khitin yang berfungsi sebagai pelindung.
- b. Lapisan *prismatik*, tersusun dari kristal-kristal kapur yang berbentuk prisma.
- c. Lapisan *nakreas* atau sering disebut lapisan induk mutiara, tersusun dari lapisan kalsit (karbonat) yang tipis dan paralel.



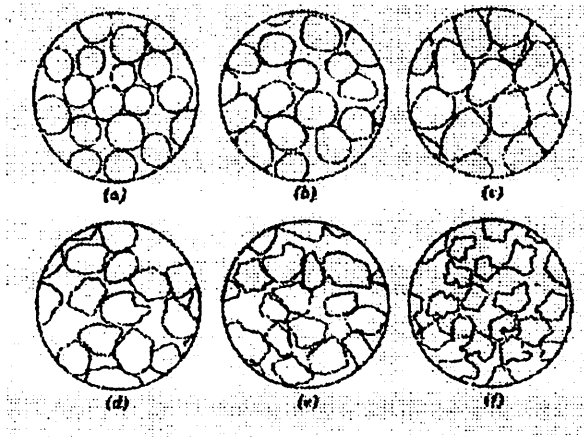
Gambar 2.2. Penampang melintang tubuh kerang dan Penampang melintang cangkang dan mantel

(Sumber Pustekom, 2005 dalam Putra, 2006)

Dalam penelitian ini, cangkang kerang berfungsi sebagai media dimana kulit atau cangkang kerang tersebut dihancurkan terlebih dahulu untuk memperoleh pecahan kulit kerang yang lebih kecil.

2.3.4. Bentuk Butiran dan Variasi Bentuk

Penentuan volume pori V_v dan volume pasir komplemen V didasarkan pada luas permukaan dari butiran-butiran relatif terhadap volume air dalam ruangan pori dengan fungsi A/V . Ini adalah ukuran karakteristik yang biasa digunakan dalam perhitungan media filter dan menunjukkan identifikasi bentuk. Diantara ukuran-ukuran tersebut adalah ψ dan faktor bentuk S . Didefinisikan sebagai perbandingan dari luas permukaan ruang volume ekuivalen dengan luas daerah sebenarnya, ψ adalah nilai asumsi seperti yang tercantum dalam tabel 2.1.



Gambar 2.3. Faktor Kebulatan dan faktor bentuk dari butiran dan porositas sehubungan dengan tingkat lapisan dalam filter cepat, (Fair, 1968 dalam Putra, 2006)

Tabel 2.1. Nilai Faktor Kebulatan, Faktor Bentuk dan Porositas Berdasarkan Gambaran Butiran

Gambaran	Faktor Kebulatan, ψ	Faktor bentuk, S	Porositas, f
a. <i>Spherical</i>	1.00	6.0	0.38
b. <i>Rounded</i>	0.98	6.1	0.38
c. <i>Worn</i>	0.94	6.4	0.39
d. <i>Sharp</i>	0.81	7.4	0.40
e. <i>Angular</i>	0.78	7.7	0.43
f. <i>Crushed</i>	0.70	8.5	0.48

Sumber : Gordon M. Fair/John C. Geyer/Daniel A. Okun, *Water and Waste Water Engineering, Volume 2*)

Karakteristik hidraulik dari suatu bed atau lapisan dari bahan yang terdiri dari butiran-butiran tidak tergantung dari perbandingan luas permukaan dengan volume dari bahan padat tersebut, tetapi pada perbandingan luas permukaan dengan volume rongga A/V_v . Untuk bed atau lapisan dari bulatan yang sempurna dengan diameter d , perbandingan luas dengan volume rongga A/V_v , dari bulatan yang sama dalam suatu kubus porositas f dapat dihitung dari jumlah bulatan, n (Fair, 1968 dalam Putra, 2006).

$$n = \frac{\text{total volume bulatan}}{\text{volume dari satu bulatan}}$$

$$A = n \times \text{luas permukaan dari satu media} = n \cdot \pi \cdot d^2$$

$$V = (1-f) \text{ volume dari kubus} = 1/6 n \cdot \pi \cdot d^3$$

$$\text{Volume kubus} = \frac{V}{1-f}$$

$$V_v (\text{volume rongga}) = f \times \text{volume kubus}$$

$$= \left[\frac{f}{(1-f)} \right] V, \text{ atau}$$

$$\frac{A}{V_v} = \frac{n \pi d^2}{1/6 n \pi d^3 \left[\frac{f}{(1-f)} \right]} = \frac{(1-f) \times 6}{d \cdot f}$$

2.3.5. Mekanisme Filtrasi

Proses filtrasi adalah kombinasi antara beberapa proses yang berbeda. Proses yang paling penting adalah (*Reynold, 1981*) : 43

a. Mechanical Straining

Yaitu proses penyaringan partikel atau material tersuspensi yang terlalu besar untuk dapat lolos melalui ruang antara butiran media. Proses ini terjadi pada permukaan filter bed dan tidak tergantung pada rate filtrasi. Clogging pada filter bed akan mengurangi ukuran pori sehingga secara teoritis akan meningkatkan efisiensi penyaringan dari media filter dan akan meningkatkan tahanan sehingga perlu dipilih butiran yang lebih kasar.

b. Sedimentasi

Proses ini akan mengendapkan partikel/material tersuspensi yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Jika filtrasi sudah berjalan cukup lama, maka endapan akan mengurangi ukuran efektif pori dan kecepatan air akan bertambah. Hal ini dapat menyebabkan kualitas *effluent* menjadi lebih buruk.

c. Adsorpsi

Yaitu proses penghilang *impurities* dari air karena adanya gaya tarik menarik antara *impurities* dengan butiran media. Proses adsorpsi ini memegang peranan penting dalam proses filtrasi, karena akan menghilangkan partikel koloid dan partikel terlarut. Kemampuan adsorpsi hanya terjadi pada jarak antara 0,01-1 m sekitar permukaan butiran. Prinsip proses adsorpsi adalah karena adanya perbedaan muatan antara permukaan butiran dengan partikel tersuspensi/koloid sekitarnya. Partikel koloid yang berasal dari organik (umumnya bermuatan negatif) tidak akan teradsorpsi pada saat filter masih bersih dan baru beroperasi. Setelah filtrasi berjalan dan banyak partikel positif yang tertahan pada butiran media filtrasi, maka permukaan butiran filter menjadi lewat jenuh dan bermuatan positif. Kemudian terjadi adsorpsi tingkat kedua ini menjadi *over saturated*, muatan kembali menjadi negatif dan menjadi muatan positif semakin lama *impurities* yang menempel pada permukaan butiran media akan semakin tebal, sehingga gaya penyebab terjadinya adsorpsi (gaya *Van Der Waals* dan gaya *Coulomb*) menjadi menurun kekuatannya dan efisiensi filter pun menurun.

d. *Aktivitas kimia*

Yaitu proses dimana partikel yang terlarut diuraikan menjadi substansi yang sederhana dan tidak berbahaya/diubah menjadi partikel-partikel tidak terlarut, sehingga dapat dihilangkan dengan proses *straining*, sedimentasi dan adsorpsi pada media berikutnya.

e. *Aktivitas biologi*

Aktivitas biologi ini disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup di dalam filter. Secara alami bakteri terdapat di dalam air baku dan jika melalui filter ada yang tertahan pada butiran media filter. Mikroorganisme ini dapat berkembang biak dalam filter dengan adanya sumber makanan dari bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam air yang akan diolah.

2.3.6. Faktor-faktor yang mempengaruhi Proses Filtrasi

Di dalam proses filtrasi ini terjadi reaksi kimia dan fisika sehingga banyak faktor yang saling berkaitan yang akan mempengaruhi kualitas air hasil filtrasi, efisiensi dan sebagainya.

Efisiensi dari proses filtrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah :

1. Debit Filtrasi

Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan diperlukan keseimbangan antara debit filtrasi dengan kondisi media yang ada. Debit yang terlalu besar akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Dengan adanya aliran air yang terlalu cepat melewati ruang pori diantara butiran media akan menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butir media penyaring dengan air yang akan disaring, sehingga proses filtrasi tidak dapat terjadi secara sempurna.

Kecepatan aliran yang terlalu tinggi melewati ruang pori antara butiran media menyebabkan partikel-partikel halus yang akan disaring lolos. Selain itu, dengan kecepatan aliran yang terlalu tinggi terjadi gesekan-gesekan butiran media yang dapat menyebabkan mengecilnya lubang pori sehingga akan cepat terjadi *clogging*.

Adanya kemampuan yang terbatas dari suatu media akan memberikan pengaruh dalam pertimbangan mendesain debit filtrasi. Dalam mendesain debit filtrasi perlu dipertimbangkan, baik dari tingkat efisiensi penyaringan yang dihasilkan, terpenuhinya batas standar kualitas air yang disyaratkan, kemudahan dalam pengoperasian dan juga nilai ekonomi.

2. Kedalaman, ukuran dan material media

Partikel tersuspensi yang terjadi melalui *influent* akan tertahan pada permukaan media filter karena adanya mekanisme filtrasi (*straining*). Oleh karena itu efisiensi filter merupakan fungsi karakteristik fisik dari filter bed, yang meliputi porositas dan rasio dari kedalaman media terhadap ukuran media.

Kedalaman dan ukuran media merupakan hal yang penting dalam perencanaan filter. Tebal tidaknya media akan menyebabkan lamanya

pengaliran dan besarnya daya saring. Media yang terlalu besar biasanya mempunyai daya saring yang tinggi tetapi akan membutuhkan waktu pengaliran yang lama. Ditinjau dari segi biaya, media yang terlalu tebal tidak menguntungkan/sebaliknya media yang tipis mempunyai waktu pengaliran yang pendek dan kemungkinan juga mempunyai daya saring yang rendah. Demikian pula dengan diameter butiran media berpengaruh pada porositas, rate filtrasi dan juga kemampuan daya saring, baik itu komposisinya, proporsinya maupun bentuk susunan dari diameter butiran.

3. Densitas media

Salah satu faktor yang harus diketahui dalam penyusunan filter bed adalah densitas media. Pada penyusunan media filter yang benar, densitas butiran yang berat dengan ukuran butiran yang kecil ditempatkan pada bagian bawah, sedangkan untuk densitas butiran yang ringan dengan ukuran lebih kecil sedangkan untuk densitas butiran yang ringan dengan ukuran lebih kecil ditempatkan pada bagian atas. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terlalu cepatnya media tersumbat.

4. Kualitas (kekeruhan) air baku

Kualitas (kekeruhan) air baku sangat mempengaruhi efisiensi filtrasi. Kekeruhan air baku yang terlalu tinggi menyebabkan ruang pori antara butiran media akan tersumbat. Oleh karena itu, dalam melakukan filtrasi harus dibatasi kadar kekeruhan air baku yang akan diolah. Jika kekeruhan air baku terlalu tinggi maka diperlukan pengolahan awal terdahulu.

5. Temperatur

Perubahan temperatur air yang akan di filtrasi menyebabkan terjadinya perubahan secara tidak langsung pada kehilangan tekanan selama melewati media pada efisiensi filtrasi. Walaupun perubahan temperatur mempunyai pengaruh pada kehilangan tekanan air yang ditimbulkan dan efisiensi dari filter, tetapi hal ini tidak terlalu besar/menyolok.

2.3.7. Hidrolika Filtrasi

Ketika air (fluida) melewati ruang pori pada butiran media, kehilangan energi disebabkan karena bentuk dan gaya gesek pada permukaan media untuk

selanjutnya kehilangan energi terjadi karena ekspansi dari fluida yang melewati bukaan pori adalah fungsi dari beberapa parameter dan untuk memperkirakan digunakan pipa piezometrik (Reynold, 1981).

Headloss yang terjadi saat fluida melewati ruang pori diantara butiran media dapat dihitung berdasarkan persamaan Carmant-Konzeny dan persamaam Rose yang dikembangkan berdasarkan persamaan Darcy-Weisbach, yaitu (Reynold, 1981) :

$$HL = f \frac{LV^2}{2gD}$$

Dimana : f = faktor gesekan
 : V = kecepatan rata-rata (m/dtk)
 : g = percepatan gravitasi (m/dtk²)
 : D = Diameter saluran (m)

Rumus penentuan bilangan Reynold pada saat fluida melewati media filter batu atau pasir :

$$N_R = f \frac{\phi d V_s}{\nu}$$

Dimana : N_R = Reynold number
 : ϕ = faktor bentuk partikel (1 untuk lapisan, 0,82 untuk pasir dibulatkan, 0,75 untuk rata-rata pasir, 0,73 untuk batubara yang dihancurkan dan pasir bersudut)
 : d = diameter media (m)
 : V_s = kecepatan filtrasi (m/dtk)
 : ν = kinematik viskositas (m²/dtk)

Rumus penentuan nilai koefisian drag pada media filter batu.

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0,34$$

Dimana : C_D = Koefisian drag

Headloss yang terjadi pada saat fluida melewati ruang pori diantara media dapat dihitung dengan persamaan Rose.

$$h = \frac{1,067}{\phi} C_D \frac{1}{\alpha^4} \frac{L}{d} \frac{V_s^2}{g}$$

Dimana : α = porositas

: ϕ = faktor bentuk partikel (1 untuk lapisan, 0,82 untuk pasir
dibulatkan, 0,75 untuk rata-rata pasir, 0,73 untuk batubara
yang dihancurkan dan pasir bersudut)

: d = diameter media filter (m)

: L = Ketebalan filterbed (mm)

: V_s = kecepatan filtrasi (m/dtk)

: g = percepatan gravitasi (m/dtk)

2.3.8. Kriteria Desain Roughing Filter

Tabel 2.2. Ringkasan Parameter-parameter Desain

Item	Kolom		Rate Filtrasi (m/hr)	Aliran Desain (ml/min)	Area Filter (m^2)	Ketebalan Media Filter (mm)		Catatan
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)						
Roughing Filter	1900	200	0.45	235	0.032	Gravel 3	450	1
						Gravel 2	450	1
			0.91	500		Gravel 1	450	1
Slow Sand Filter	2500	300	0.20	235	0.072	Sand	900	2
						Gravel 3	100	1
						Gravel 1	100	1
						Gravel Support	200	3
Slow Sand Filter With GAC	1600	300	0.20	235	0.072	Sand	500	2
						GAC	150	4
						Sand	250	2
						Gravel 3	100	1
						Gravel 1	100	1
						Gravel Support	200	3

- Catatan :
- 1. Kerikil 1 D10 = 6-8 Mm (UC<1.41), Kerikil 2 D10 = 4-6 Mm (UC<1.45), Kerikil 3 D10 = 2-4 (UC<1.6)
 - 2. Filter Sand d10 = 0.3-0.35 mm, UC<2
 - 3. SSF Gravel Support d10 = 14-16mm, UC<1.8
 - 4. Granular Activated Carbon, Calgon Carbon F400, d 10= 0.55-0.75 mm (UC<1.9)

Sumber : Gehlen, Irfan dan Robin Collins, 2005 dalam Putra, 2006

Tabel 2.3. Perbedaan Antara Upflow Roughing Filter, Slow Sand Filter dan Rapid Sand Filter

No	Subyek	Slow Sand Filter	Rapid Sand Filter	Upflow Roughing Filter
1.	Kekeruhan air baku	< 50 NTU	5-10 NTU	20-80 NTU
2.	Diameter media	0.15-0.35 mm	0.40-0.70 mm	> 2.0 mm
3.	Kedalaman/ketebalan media	1.0-1.4 m	0.8-1.0 m	2.0-2.5 m
4.	Kecepatan filtrasi	0.1-0.4 m/jam	4.0-21.0 m/jam	Dapat serendah pada slow sand filter atau lebih tinggi dari pada rapid sand filter
5.	Pencucian	20-60 hari sekali	12-72 jam sekali	3-5 bulan sekali
6.	Cara Pencucian	Pasir bagian atas dikeruk, dicuci, dan dipakai lagi atau diganti	High rate backwash atau air water backwash	Backwash dengan air atau campuran udara dan bila perlu media digali, dicuci dan dipakai lagi atau diganti
7.	Headloss	6-120 cm	30-275 cm	<38 cm
8.	Underdrain System	Menggunakan sistem lateral manifold. Menggunakan standart bricks atau precast concrete blocks dengan lobang-lobang di atas atau porous concrete	Menggunakan sistem lateral manifold	Menggunakan teepee atau sistem lateral manifold

Sumber : Diadaptasi dari berbagai literatur Dalam Putra, 2006

2.4. Aktivasi

Proses aktivasi dilakukan dengan cara pemanasan pada temperatur 750-950°C dengan mencampurkan CO₂ udara dan uap pada tekanan terkontrol atau dengan penambahan bahan kimia. Aktivasi secara kimia atau “*chemical impregnating agent*” dilakukan dengan menggunakan bahan kimia atau bahan pengaktif seperti seng klorida (ZnCl₂), magnesium klorida (MgCl₂), kalsium

Khlorida (CaCl_2), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3), natrium Khlorida (NaCl), Potassium sulfida (K_2S), Asam sulfat (H_2SO_4), potassium hidroksida (KOH).

Bahan kimia tersebut ditambahkan pada bahan baku sebelum proses karbonisasi dilakukan. Pengembangan struktur pori yang demikian ini, dilakukan secara internal sebagai akibat adanya reaksi kimia antar bahan baku dengan agen kimia yang digunakan (Eckenfelder, 1991). Zat kimia yang ditambahkan tersebut akan mengikat karbon yang baru terbentuk dengan gaya adhesi, sehingga bila bahan baku tersebut dicuci baik dengan air maupun asam tetap akan menghasilkan karbon dengan struktur permukaan lebih besar dibandingkan dengan yang sebelumnya.

2.5. Proses Membran

2.5.1. Umum

Membran terkait erat dengan dunia Teknik Lingkungan. Keberadaannya menambah khazanah teknik-teknik pengelolaan air baku dan air limbah atau air buangan. Membran mulai dikembangkan pada abad 19, yaitu tahun 1930-an, dimana saat itu yang terkenal adalah proses osmosis dan dialisis. Namun seiring dengan perkembangan waktu, proses-proses membran semakin dikembangkan, termasuk diantaranya adalah mikrofiltrasi.

Kata membran berasal dari bahasa Latin "*membrana*" yang berarti potongan kain. Saat ini istilah membran didefinisikan sebagai suatu penghalang tipis di antara 2 fase yang menahan transport beberapa senyawa atau bersifat semipermeabel (permeabilitas selektif), dimana istilah selektif ini inheren dengan membran dan membran proses (Mulder, 1996). Sedangkan menurut I.G. Wenten (2003) membran memiliki arti sebagai lapisan tipis yang berada di antara dua fase dan berfungsi sebagai pemisah yang selektif. Pemisahan pada membran bekerja berdasarkan perbedaan koefisien difusi, perbedaan potensial listrik, perbedaan tekanan atau pemisahan konsentrasi.

Proses membran berarti pemisahan/separasi dan pengkonsentrasian molekul dan partikel berukuran halus. Proses membran melibatkan umpan (cair

dan gas) dan gaya dorong (driving force) yang terjadi akibat perbedaan tekanan (ΔP), perbedaan konsentrasi (ΔP), maupun perbedaan energi (ΔE).

2.5.2. Klasifikasi Membran

Pengklasifikasian membran dapat dilakukan atas dasar berbagai hal, yaitu berdasarkan material membran, konfigurasi membran, mekanisme pemisahan dan berdasarkan ukuran pori membran. Klasifikasi membran saling terkait satu sama lain dimana proses dan material penyusun membran menjadi satu bagian yang akan mengidentifikasi jenis suatu membran.

1. Klasifikasi Berdasarkan 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 (Nassa A., 2004) :

- a. Resistensi 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

Macam-macam material yang terdapat di pasar membran adalah (Scott, 1995 dalam Widhiartha, 2006) :

- a. Produk alami termodifikasi
 - Sellulosa asetat (CA), (Sellulosa-2-asetat, Sellulosa-2,5-diasetat).
 - Sellulosa asetobutytrat
 - Vinyl polymers
 - Polyfuran (PF)
 - Polycarbonate (PC)
 - Polyethylene (PE)

-
- Polypropilene (PP)
 - PVA
 - Polyacrylonitrile
 - Polyether sulphone (PES)
 - Polyolefins
 - Polyhydantoin
 - Silicoc rubber
 - Polytetrafluoroethylene (PTFE)
 - Polyvinylidene fluoride (PVDF)
 - Nylon
- b. Miscellaneous
- Polyelectrolyte complex
 - Porous glass
 - Graphite oxide.

2. Klasifikasi Berdasarkan Konfigurasi Membran

Konfigurasi membran merupakan gambaran mengenai bentuk dan struktur membran. Bentuk membran yang umum antara lain (*Zaini Ujang, 2004 dalam Taufikurrahman, 2006*) ;

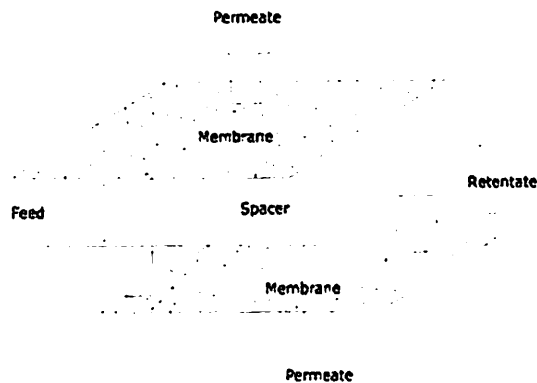
- a. Flat sheet
- b. Hollow fiber
- c. Spiral wound
- d. Tubular

Bentuk membran bermacam-macam menghasilkan konfigurasi yang berbeda pada masing-masing bentuk. Masing-masing membran memiliki konfigurasi sebagai berikut (*W. Wesley E., 2000*) : hal 553

- a. Flat sheet

Bentuk membran menyerupai lembaran kertas tipis yang kecil. Pada umumnya ukuran membran yang dijual di pasaran memiliki ukuran 47 mm. ketebalan dari membran ini berkisar 0,5-3,0 mm dengan densitas paking sekitar $100\text{--}400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (*Citrasari., 2004*). Air dilewatkan pada lapisan membran yang terhubung, dimana lempeng akan memperkuat membran

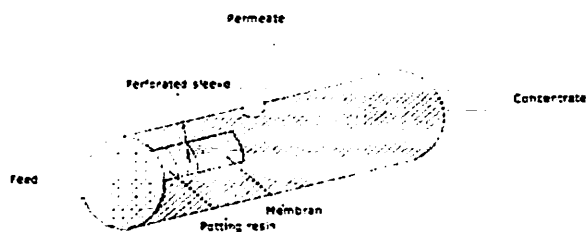
dalam menahan tekanan, selain itu juga menyediakan saluran permeate hasil saringan. Modul membran flat sheet diperlihatkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Bentuk Membran Flat Sheet
(Sumber *W. Wesley E., 2000*)

b. Hollow fiber

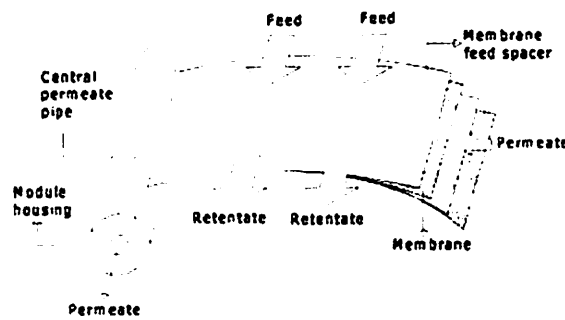
Membran berupa bundel atau ikatan ratusan hingga ribuan serat yang halus. Bundel tersebut diletakkan pada wadah atau tempat yang dapat menahan tekanan dari pompa. Arah alirannya bisa in-outside atau out-inside flow. Menurut Citrasari, 2004 model ini sangat padat dengan densitas paking mulai dari $1000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ pada model UF dan lebih dari $10.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ pada modul RO. Modul membran hollow fiber diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Modul Membran Hollow Fiber
(Sumber *W. Wesley E., 2000*)

c. Spiral wound

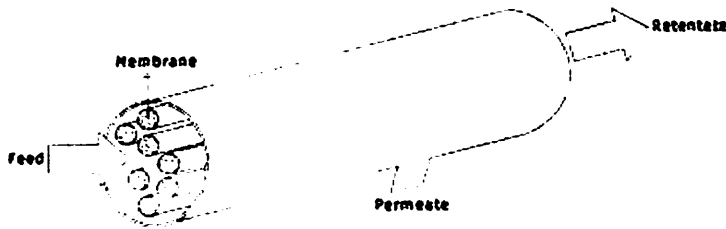
Terdiri dari dua atau lebih membran flat sheets yang terletak diantaranya masing-masing adalah saluran permeat yang fleksibel. Sisi membran pertama diletakkan pada pipa terperforasi, kemudian ditambahkan feed spacer, yang kemudian bersama-sama membran flat-sheets digulung (diputar) mengikuti diameter pipa. Pemasangan secara cermat dan seketat serta selekat mungkin. Aliran bergerak secara spiral mengikuti alur yang ada. Modul membran spiral wound diperlihatkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Modul Membran Spiral Wound
(Sumber *W. Wesley E.*, 2000)

d. Tubular

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



Gambar 2.7. Modul Membran Tubular
(Sumber *W. Wesley E., 2000*)

3. Klasifikasi Berdasarkan mekanisme Pemisahan

Terdapat tiga mekanisme pemisahan penting yang tergantung bagian khusus pada komponen yang akan dipisahkan oleh membran (*Zaini Ujang, 2004 dalam Taufikurrahman, 2006*):

- Pemisahan berdasarkan perbedaan besar ukuran partikel (*sieve effect*) berupa membran berpori (*porous membranes*). Operasi utamanya adalah mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF) dan dialisis (DIA)
- Pemisahan berdasarkan perbedaan solubilitas dan difusitas material dalam membran (mekanisme solusi-difusi) berupa membran nonpori (*nonporous membranes*). Terjadi pada pervaporasi (PV) dan reverse osmosis (RO).
- Pemisahan berdasarkan perbedaan muatan spesies yang akan dipisahkan (efek elektrokimia) berupa membran ion exchange yang terjadi pada elektrodialisis (ED) dan nanofiltrasi (NF).

Keterangan :

1. Membran mikrofiltrasi

Membran ini memiliki ukuran pori antara 0,05 μm sampai 10 μm dan tebal antara 10 μm sampai 150 μm . Mikrofiltrasi digunakan pada berbagai macam aplikasi di industri, terutama untuk pemisahan partikel berukuran $> 0,1 \mu\text{m}$ dari larutannya (*Wenten, 1999*). Tekanan operasi pada membran mikrofiltrasi adalah 50 hingga 5000 Kpa atau hingga 5 bar (*Zaini Ujang, 2004 dalam Taufikkurahman, 2006*)

2. Membran ultrafiltrasi

Proses ultrafiltrasi berada diantara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori membran berkisar antara 0,005 μm sampai 0,1 μm . Aplikasi utama membran ini adalah untuk industri pengolahan air bersih, industri farmasi, industri metalurgi dan industri tekstil. Mampu merejeksi semua tipe bakteri dan virus. Tekanan operasi pada membran ultrafiltrasi berkisar 50 hingga 500 Kpa atau 0,5 hingga 5 bar (*Zaini Ujang, 2004 dalam Taufikkurahman, 2006*).

3. Membran nanofiltrasi

Merupakan membran komposit dengan ukuran pori berkisar antara 0,001 μm sampai 0,01 μm . Aplikasi dalam industri adalah pada desalinasi air payau, penghilangan mikropolutan, penghilangan ion-ion bervalensi dua dan molekul organik. Tekanan operasi membran nanofiltrasi berkisar 0,5 hingga 1,5 Mpa atau 5 hingga 15 bar (*Zaini Ujang, 2004 dalam Taufikkurahman, 2006*).

4. Reverse Osmosis

Digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul yang rendah seperti garam anorganik dan molekul organik kecil, seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya, proses desalinasi air laut payau, pengolahan air, pengolahan limbah untuk proses *reuse* dan *recycle*. Tekanan operasi untuk desalinasi air laut berkisar antara 5 hingga 8 Mpa atau 50 sampai 80 bar (*Zaini Ujang, 2004 dalam Taufikkurahman, 2006*).

Selain berdasarkan spektrum filtrasi, secara umum penggunaan membran berdasarkan ukuran pori dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Penggunaan Membran Berdasarkan Ukuran Pori

Ukuran Pori	Penggunaan
0,1 μm	a). Semi konduktor bahan kimia b). Filtrasi asam c). Air mineral
0,2 μm	a). Sterilisasi gas dan larutan b). Filtrasi asam c). Air mineral d). High purity water
0,45 μm	a). Reduksi bakteri b). Sterilisasi molekul besar c). Sterilisasi wine
0,65 μm	a). Kosmetik b). Reduksi bakteri c). Sterilisasi wine
0,8 μm	a). Reduksi jamur b). Pre filter untuk serum
1,2 μm	a). General filtration b). Plating solution
3 μm	a). Pengolahan air limbah b). Laboratorium
5 μm	Pre filter untuk reverse osmosis
10 μm	Air mineral
30 μm	a). Visible partikel b). Syrup filtration
60 μm	Partikel gel

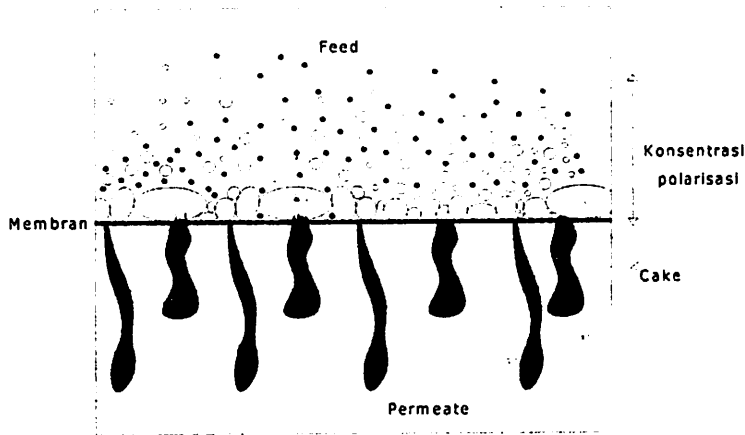
Sumber : Scott, 1995 dalam Widhiartha, 2006

2.5.3. Peristiwa Fouling dan Polarisasi Pada Membran

Membran *fouling* dan konsentrasi polarisasi adalah dua masalah yang sering terjadi pada permukaan membran dan dapat mengurangi *fluks* membran serta mengubah efisiensi penyisihan material membran pada saat proses berlangsung (Aimar, 1994 dalam Citrasari., 2004). *Fouling* adalah fenomena yang disebabkan oleh deposisi dan akumulasi secara *irreversibel* dari partikel-partikel submikron pada permukaan atau kristalisasi serta presipitasi dari partikel-partikel yang berukuran lebih kecil pada permukaan atau di dalam membran itu sendiri. *Fouling* disebabkan interaksi secara fisik dan kimiawi antara membran dan partikel yang terdapat yang terdapat dalam proses (I.G. Wenten, 1999).^{→3.3.2} Partikel yang terdeposisi pada membran antara lain adalah koloid, mikromolekul, garam dan mikroorganisme. Membran *fouling* diidentifikasi dengan penurunan *fluks* permeate dan perubahan efisiensi penurunan atau penyisihan membran. 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 2.9.



Gambar 2.9. Peristiwa Polarisasi Pada Membran

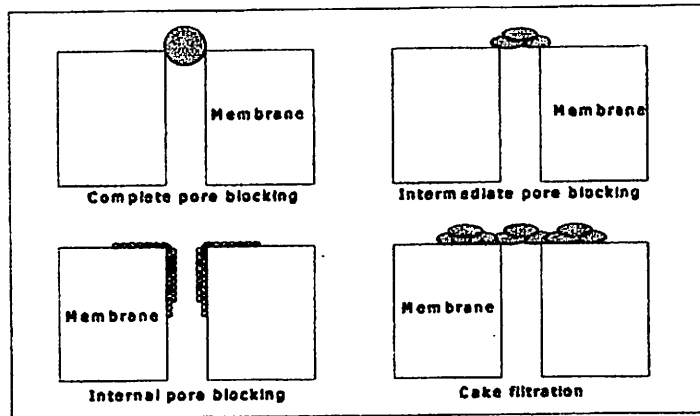
- Tahap II

Perpindahan *solute* dari permukaan membran ke dalam material membran, dalam hal ini 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 *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 2.10. di bawah ini.



Gambar 2.10. Mekanisme Bloking Pada Pori Membran, (Shiau, Jia-Shyan, 2003 dalam Citrasari, 2004)

Dari gambar 2.10. Dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Complete Pore Bloking

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

b. Intermediate Pore Bloking

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

c. Internal Pore Bloking

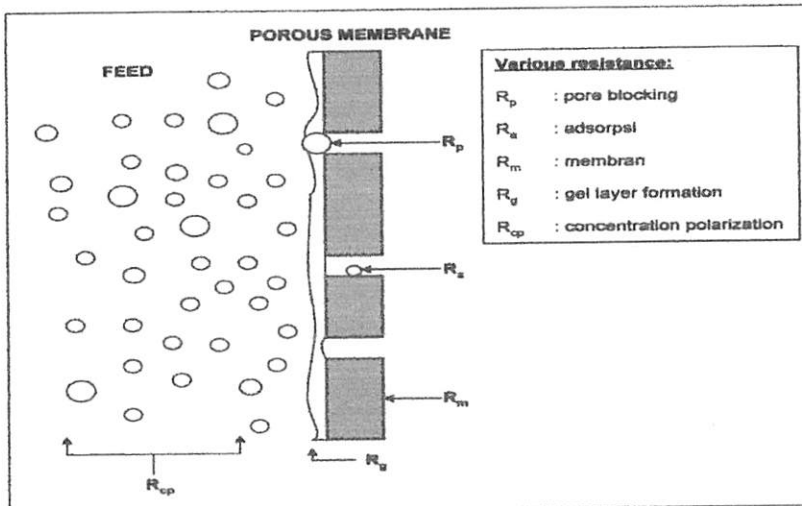
Terjadi jika ukuran partikel *solute* lebih kecil dari ukuran diameter pori membran sehingga terjadi penyempitan pori membran akibat teradsorpsi atau terdeposisinya partikel-partikel di sekeliling bagian dalam pori membran. Penyempitan diameter pori-pori efektif menyebabkan tahanan membran naik.

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. *Fouling* ada yang bersifat *reversibel* dan *irreversibel*. *Fouling* yang bersifat *irreversibel* (permanen) dapat dibersihkan dengan cara kimiawi atau mekanik, sedangkan yang *reversibel* (tidak permanen) dapat dibersihkan hanya dengan metode penggelontoran (Citrasari., 2004).

Pada dasarnya peristiwa polarisasi dan *fouling* akan menyebabkan resistensi. 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 2.11



Gambar 2.11. Resistensi Membran Terhadap Transport Massa Pada Membran Berpori, (Mulder, 1996)

Strategi untuk mengontrol *fouling* ada beberapa macam (Fane, 2000 dalam Citrasari, 2004) :

1. Melakukan *pretreatment* pada umpan, contohnya adalah menggunakan membran mikrofiltasi (MF) sebelum masuk membran reverse osmosis (RO).
2. Pemilihan jenis membran. Faktor penting yang tidak boleh terlupakan adalah karakter pori membran, sifat hidrofilik atau hidrofobik membran.
3. Pemilihan desain modul disesuaikan kebutuhan.
4. Model operasi membran.

2.5.4. Proses Dalam Operasi Membran

Inti dari proses membran adalah *fluks* dan 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 (Arie D.S., 2004).

Parameter utama dalam operasi membran adalah sebagai berikut :

1. Permeabilitas

Merupakan ukuran kecepatan suatu spesi menembus membran. Permeabilitas ini sangat dipengaruhi oleh jumlah pori, ukuran pori dan tekanan yang dioperasikan. Dalam pengukuran, permeabilitas dinyatakan dalam *fluks*, yaitu jumlah volume *permeate* yang melewati satu satuan luas membran dalam waktu tertentu. Secara sistematis *fluks* dirumuskan sebagai berikut (Mulder, 1996).

$$J_v = \frac{V}{A \times t}$$

Dimana :

J_v = *fluks* (L/m²jam)

V = volume permeate (liter)

A = luas permukaan membran (m²)

t = waktu penyaringan (jam)

Permeabilitas sangat dipengaruhi oleh daya dorongnya (driving force). Pada membran mikrofiltrasi digunakan tekanan sebagai daya dorongnya. Pada banyak kasus kecepatan permeate melewati membran sebanding dengan daya dorongnya.

2. Perselektivitas

Merupakan kemampuan suatu membran menahan suatu spesi atau melewatkan spesi tertentu, tergantung pada interaksi interface membran dengan spesi serta ukuran spesi dan ukuran pori. Parameter yang digunakan adalah efisiensi penurunan partikel, yaitu fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran dan dirumuskan sebagai berikut (Mulder, 1996) :

$$R = \frac{C_o - C_l}{C_o}$$

Dimana :

R = efisiensi penurunan partikel

C_o = konsentrasi sebelum melewati membran

C_l = konsentrasi setelah melewati membran

Perselektivitas ini dapat dikatakan pula sebagai persentase rejeksi yang dirumuskan sebagai berikut (Zaini Ujang, 2004 dalam Taufikurrahman, 2006) :

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

Dimana :

$\%R$ = persentase rejeksi

C_p = konsentrasi permeate

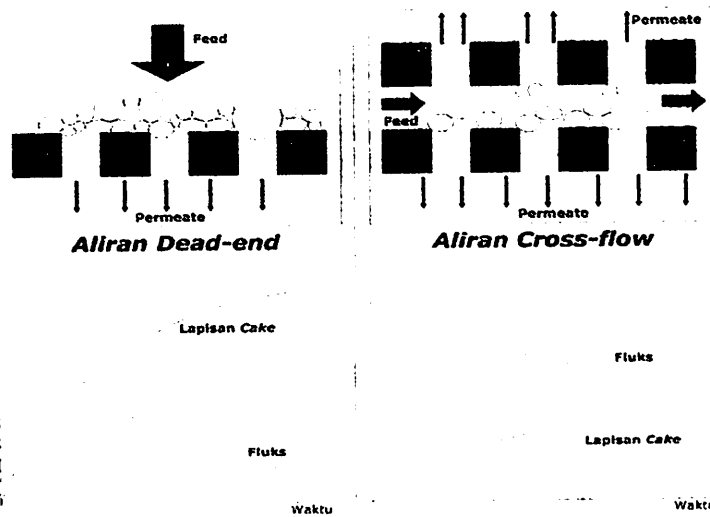
C_f = konsentrasi umpan (feed)

Dalam operasi membran terjadi peristiwa perpindahan material 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 kepermukaan 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. Namun pembentukan *cake* ini tentu akan mengurangi fluks membran.

Dari segi aliran yang ditimpakan kepada membran, maka dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem *dead-end* dan *cross-flow*. Cara kerjanya sangat tergantung pada hidrodinamika laju aliran feed atau aliran umpan.

Dead-end biasa digunakan pada suspensi dengan kandungan solid yang sangat rendah, seperti yang biasa dijumpai pada proses filtrasi steril pada industri makanan ringan dan farmasi. Proses ini membutuhkan kandungan solid rendah karena sifat aliran adalah tegak lurus permukaan seperti dapat dilihat pada gambar 2.12. Semakin lama *fluks* atau permeate akan turun hampir secara linear. Ini akan berakibat penurunan *fluks* yang cukup cepat dan dengan penurunan yang signifikan. Penyebabnya adalah pertambahan jumlah solid sepanjang permukaan filter yang dapat menyebabkan sumbatan pada sistem filtrasi sehingga partikel yang tertinggal terakumulasi dan membentuk sejenis *cake layer*.

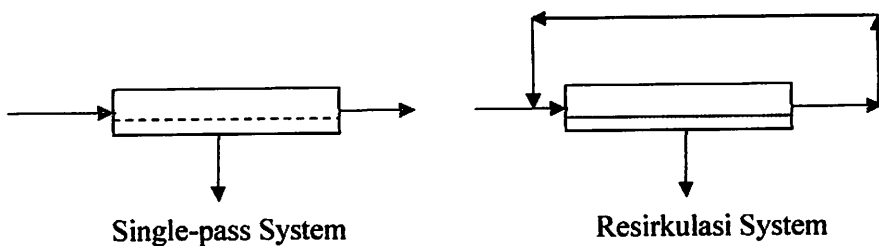
Sistem *cross-flow* berlawanan dengan sistem *dead-end* yaitu dapat digunakan dengan kandungan solid yang jauh lebih banyak dari yang dipersyaratkan untuk sistem *dead-end*. Hal ini mengingat aliran umpan searah dengan permukaan membran sehingga dapat menghindari terakumulasinya *solute* dipermukaan membran. Penurunan *fluks* oleh sistem ini menurun secara eksponensial, dan tidak menurun secara cepat, seperti dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Sistem Aliran Dead-end dan Cross-flow, (Zaini Ujang, 2004 dalam Taufikkurahman, 2006).

Untuk desain proses aliran *feed* untuk aliran *cross flow* 2 metode dasar yang bisa digunakan adalah : sistem single pass dan sistem resirkulasi.

Pada konfigurasi *single pass*, umpan mengalir hanya sekali melalui modul tanpa resirkulasi sehingga faktor pemekatannya tinggi sekali, oleh karena itu umpan ini cocok pada umpan yang memiliki konsentrasi rendah. Untuk sistem resirkulasi, umpan ditekan dengan sebuah pompa dan mengalir melewati modul selama beberapa waktu tertentu. Dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Sistem Single-pass dan Resirkulasi
(Wenten, 2003)

2.5.5. 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 (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 (TMP) 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 ke dalam membran. Tingkat dissolusi tergantung pada derajat ikatan hidrogen antara larutan dengan membran. Bila ikatan hidrogen, lebih banyak larutan yang masuk membran dan ini lebih banyak larutan yang diperoleh selama difusi (Nassa A., 2004). Dalam operasi membran pH optimum feed kurang lebih 4-7 dengan kisaran pada operasi 4,5 sampai 5,5 (W. Wesley E., 2000).

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* (Wenten, 2003). 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 (Scott, 1995 dalam Widhiartha, 2006). Namun temperatur yang tinggi hingga 38°C akan merusakkan akurasi membran dan tidak dapat digunakan untuk pemakaian membran dalam periode yang lama (W. Wesley E., 2000)

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 hidrolik 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 ke dalam 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. Menurut Yusuf N. S., 2004 *fouling* juga dapat berguna sebagai filter sebelum masuk ke dalam membran.

g. Periode Operasi

Seiring dengan periode operasi membran maka akan terbentuk lapisan cake pada permukaan membran yang dapat menyebabkan *fouling*. Hal ini tentunya mengurangi fluks yang melewati membran tersebut. Penelitian yang

dilakukan oleh Nasrul, dkk 2002 dalam Taufikurrahman, 2006 menyimpulkan bahwa fluks akan menurun seiring dengan penambahan waktu.

2.6. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisis konfirmatif (*inferensi*).

2.6.1. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang berfungsi untuk mendiskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data sampel atau populasi sebagaimana adanya, tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum (*Sugiyono, 2006*). Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan, analisis deskriptif sering digunakan khususnya dalam memperhatikan perilaku data dan penentuan dugaan-dugaan yang selanjutnya akan diuji dalam analisis inferensi. Berikut ini adalah beberapa rumus yang biasa digunakan dalam statistik deskriptif.

a. Mean/Rataan sampel ($\bar{x}$)

Mean merupakan teknik penjelasan kelompok yang didasarkan atas nilai rata-rata dari kelompok tersebut. Rata-rata (mean) ini didapat dengan menjumlahkan data seluruh individu dalam kelompok itu, kemudian dibagi dengan jumlah individu yang ada pada kelompok tersebut. Mean digunakan bila pada kelompok itu terdapat kenaikan data yang merata (*Sugiyono, 2006*).

Rumus yang digunakan adalah : (*Sudjana, 2002*)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Dimana :

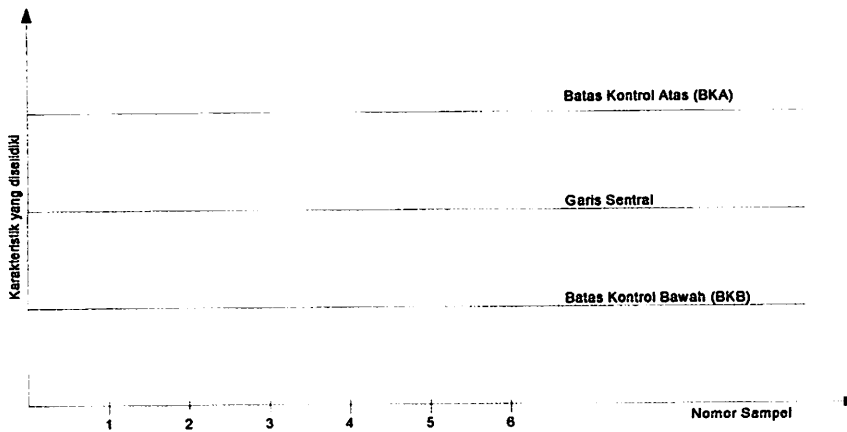
$\bar{x}$ = rata-rata hitung dari sampel

$\sum x$ = total jumlah sampel

n = banyaknya sampel

b. Simpangan Baku (s)

Pengujian keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan data. Pada pengujian keseragaman data ini akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata-rata. Untuk memudahkan pengujian maka digunakan diagram kontrol *Shewhart* dengan contoh sebagai berikut :



Gambar 2.14. Diagram Kontrol *Shewhar*
(Sudjana, 2002)

Garis sentral melukiskan “nilai baku” yang akan menjadi pangkal perhitungan terjadinya penyimpangan hasil-hasil pengamatan untuk tiap sampel. Garis bawah yang sejajar dengan garis sentral dinamakan batas kontrol bawah (BKB). Ini merupakan penyimpangan paling rendah yang diijinkan dihitung dari “nilai baku”. Garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari “nilai baku” terdapat sejajar di atas dan dinamakan batas kontrol atas (BKA). Rumus yang digunakan untuk mengetahui sentral, BKA dan BKB adalah :

$$\text{Sentral} = x$$

$$\text{BKA} = x + Ks$$

$$\text{BKB} = x - Ks$$

2.6.2. Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan. Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih objektif 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.

a. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel digunakan analisa 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/arrah hubungan. Nilai hubungan berada pada selang tertutup $(-1,1)$. Untuk membaca besarnya derajat keeratan dari hubungan terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yakni :

- Lihat tanda dari derajat keeratan tersebut, positif atau negatif. Hubungan statistika kedua peubah akan negatif apabila salah satu variabel memiliki hubungan yang bertolak belakang 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 membesar nilainya maka peubah lainnya ikut membesar dan sebaliknya.
- Lihat besarnya nilai darajat keeratan. Untuk membaca nilai dari derajat keeratan dapat digunakan klasifikasi hubungan statistik dua peubah menurut *Guilford* berikut ini :

Tabel 2.5. Koefisien Korelasi *Guilford*

Nilai Hubungan Statistik 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

Sebagai catatan penting, nilai hubungan statistik 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/pasti dijelaskan oleh peubah lainnya. Lain halnya dengan nilai statistik dua peubah sama dengan “0” menunjukkan tidak adanya hubungan diantara kedua peubah (Soleh, 2005)

Untuk keperluan perhitungan koefisien korelasi berdasarkan sekumpulan data berukuran n dapat digunakan rumus, *Sudjana, 2002* :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

Dimana :

r = koefisien korelasi

x₁ = variabel bebas

y₁ = variabel terikat

n = jumlah data

b. Analisa Regresi

Analisa regresi adalah suatu analisa untuk menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel ke dalam bentuk persamaan matematis. Untuk analisis regresi akan dibedakan dua jenis variabel ialah variabel bebas atau variabel prediktor dan variabel tak bebas atau variabel respon. Pembuatan persamaan matematis dimaksud untuk membantu peneliti di dalam melihat pola atau karakteristik hubungan antara variabel bebas dengan variabel tak bebas/terikat,

bahkan biasa digunakan untuk memprediksi kondisi masa yang akan datang. Jika variabel bebas dan variabel terikat yang terlibat dalam penelitian masing-masing hanya satu, maka dinamakan Regresi Linear Sederhana. Kemudian apabila hanya ada satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas maka persamaan regresinya disebut Regresi Linear Berganda. Bentuk persamaan regresi secara umum adalah:

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + \dots + kX_z$$

Dimana :

Y = variabel terikat

a = konstanta

b = koefisien regresi

X_i = variabel bebas

Pada analisa regresi juga diperlukan beberapa pengujian yaitu :

- a. Uji F yang digunakan untuk mengetahui apakah persamaan regresi bisa dipakai untuk memprediksi variabel terikat.
- b. Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien konstanta dan variabel bebas.

c. Analisa 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. Nilai F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat (*mean square*) antar kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok dengan rumus :

$$F = \frac{S_B^2}{S_w^2}$$

Dimana :

S_B^2 = varians antar kelompok

S_w^2 = varians dalam kelompok

2.6.3. Generalisasi dan Kesimpulan Analisis Data

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

Generalisasi ini, dibuat setelah interpretasi data/penemuan yang telah dilakukan. Setelah generalisasi dibuat, selanjutnya dibuatkan kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat. (*Hasan, M. Iqbal, 2002 hal 100-138 dalam Puspasari Juli Ni Ketut, 2005*)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan skala laboratorium.

3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang yang dilaksanakan pada tanggal 29 Januari-3 Februari 2007.

3.3. Peralatan dan Bahan Penelitian

3.3.1. Bahan Penelitian

- ❑ Sampel air
Sampel air yang dipakai adalah air sungai
- ❑ Bongkahan Cangkang kerang 4,75 mm
- ❑ Bongkahan batu apung 4,75 mm
- ❑ H_2SO_4
- ❑ Aquades

3.3.2. Peralatan Penelitian

- ❑ Peralatan membran dengan skala laboratorium
- ❑ Peralatan roughing filter aliran horizontal (*pretreatment*)
- ❑ Peralatan-peralatan laboratorium lain sebagai penunjang penelitian

1. Peralatan Roughing Filter aliran Horizontal

- Bak penampung air untuk menampung air sampel sebelum disaring dan sesudah disaring
- Bak pengatur debit
- Reaktor roughing filter aliran horizontal

Terbuat dari kaca dengan ukuran :

- Panjang 130 cm
- Lebar 20 cm
- Tinggi 20 cm

➤ Media roughing filter

Media yang digunakan dalam roughing filter yaitu cangkang kerang dan batu apung. Dengan komposisi media, tebal media batu apung : cangkang kerang adalah 50 cm : 50 cm, dimana diameter masing-masing media yaitu 4,75 cm (*Putra, 2006*)

➤ Pompa air

2. Peralatan membran

- Reaktor membran terbuat dari bahan stainless steel dengan ukuran 12 cm x 12 cm.
- Pompa air
- Bak umpan
- Bak penampung permeat
- Membran mikrofiltrasi dengan spesifikasi :
 - ❖ Diameter : 47 mm
 - ❖ Ukuran pori : 0.2 μm
 - ❖ Ketebalan : 125 μm
 - ❖ Temperatur maksimum 80°C
- Pressure gauge
- Kawat kasa ukuran 0,5 mm
- Pipa PVC
- Valve

3.4. Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Variabel terikat

- a. Kekeruhan (NTU)
- b. Konsentrasi Fosfat (mg/L)
- c. Konsentrasi COD (mg/L)

B. Variabel tetap

d. Membran *Cellulose Nitrat*, dengan karakteristik :

- ❖ Diameter : 47 mm
- ❖ Ukuran pori : 0.2 μm
- ❖ Ketebalan : 125 μm
- ❖ Temperatur maksimum 80°C

b. Operasional reaktor secara kontinyu dengan sistem aliran cross-flow

c. Reaktor roughing filter aliran horizontal

C. Variabel bebas

- ❖ Variasi waktu operasi : selama 60 menit dengan pengambilan setiap 10 menit.
- ❖ Variasi tekanan operasi 3 bar dan 4 bar

3.5. Tahapan Penelitian

Pada awal penelitian dilakukan analisa pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal air sungai yang akan diolah. Parameter yang dianalisa adalah kekeruhan, fosfat dan COD.

3.5.1. Persiapan Media Penelitian

Persiapan media pada Roughing Filter aliran Horizontal

A. Media batu apung

- ✱ Menyiapkan batu apung
- ✱ Batu apung di pecah kecil-kecil
- ✱ Mengayak dengan saringan diameter 4,75 mm
- ✱ Mencuci sampai bersih
- ✱ Mencampurkan batu apung dengan aquadest, H_2SO_4 sampai pH mencapai 3
- ✱ Mendidihkan selama 20 menit
- ✱ Kemudian menyaring, mencuci dengan aquadest dan mengeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 20 menit.
- ✱ Siap digunakan untuk media filter

B. Media cangkang kerang

- ✱ Menyiapkan cangkang kerang
- ✱ Cangkang kerang di pecah kecil
- ✱ Mengayak dengan saringan diameter 4,75 mm
- ✱ Mencuci sampai bersih
- ✱ Mencampurkan cangkang kerang dengan aquadest, H_2SO_4 sampai pH mencapai 3
- ✱ Mendidihkan selama 20 menit
- ✱ Kemudian menyaring, mencuci dengan aquadest dan mengeringkan dalam oven pada suhu $105^\circ C$ selama 20 menit.
- ✱ Siap digunakan untuk media filter

3.5.2. Pengoperasian Alat

Proses Operasional Membran

- a. Menyiapkan alat roughing filter aliran horizontal yang sudah diisi dengan media filter dan alat membran.
- b. Air sampel dialirkan dari bak penampung air menuju bak pengatur debit dengan menggunakan pompa.
- c. Dari bak pengatur debit yang dilengkapi dengan kran ke bak roughing filter aliran horizontal yang telah diisi media.
- d. Air keluar dari bak roughing filter kemudian ditampung dalam bak penampung/bak umpan.
- e. Dari bak umpan air sungai dialirkan melalui pipa menuju membran dengan gaya dorong yang berasal dari pompa.
- f. Melakukan proses sesuai dengan variasi tekanan aliran dan waktu operasi.
- g. Permeat yang merupakan produk dari proses mikrofiltrasi ditampung pada bak penampung permeat dan diukur *fluksnya*.
- h. Mengambil sampel yang keluar dari bak penampung permeat untuk dilakukan analisa kekeruhan, fosfat dan COD dengan 3x pengulangan untuk mengetahui persen rejeksi (%R).

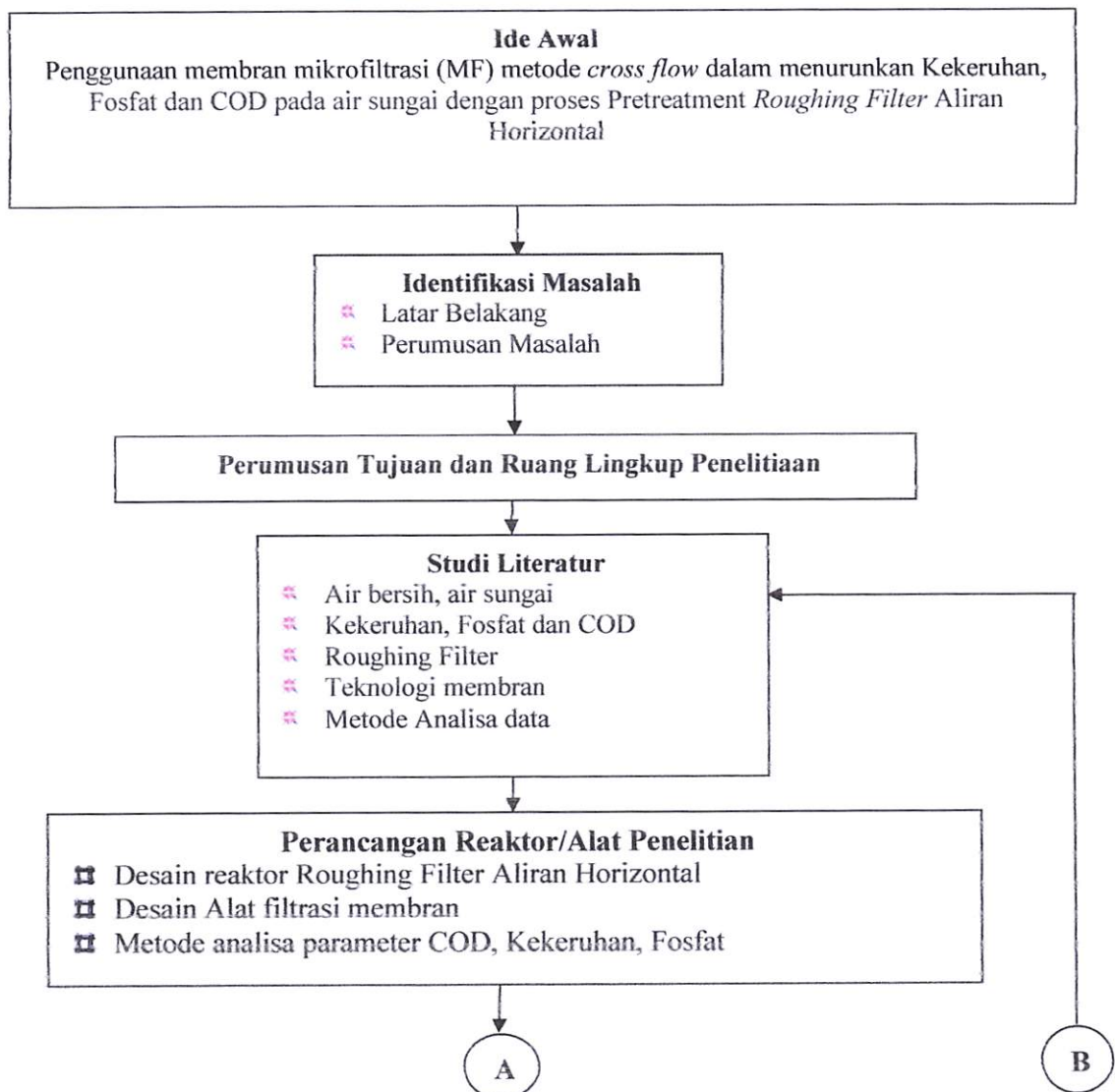
3.6. Analisa Parameter Uji

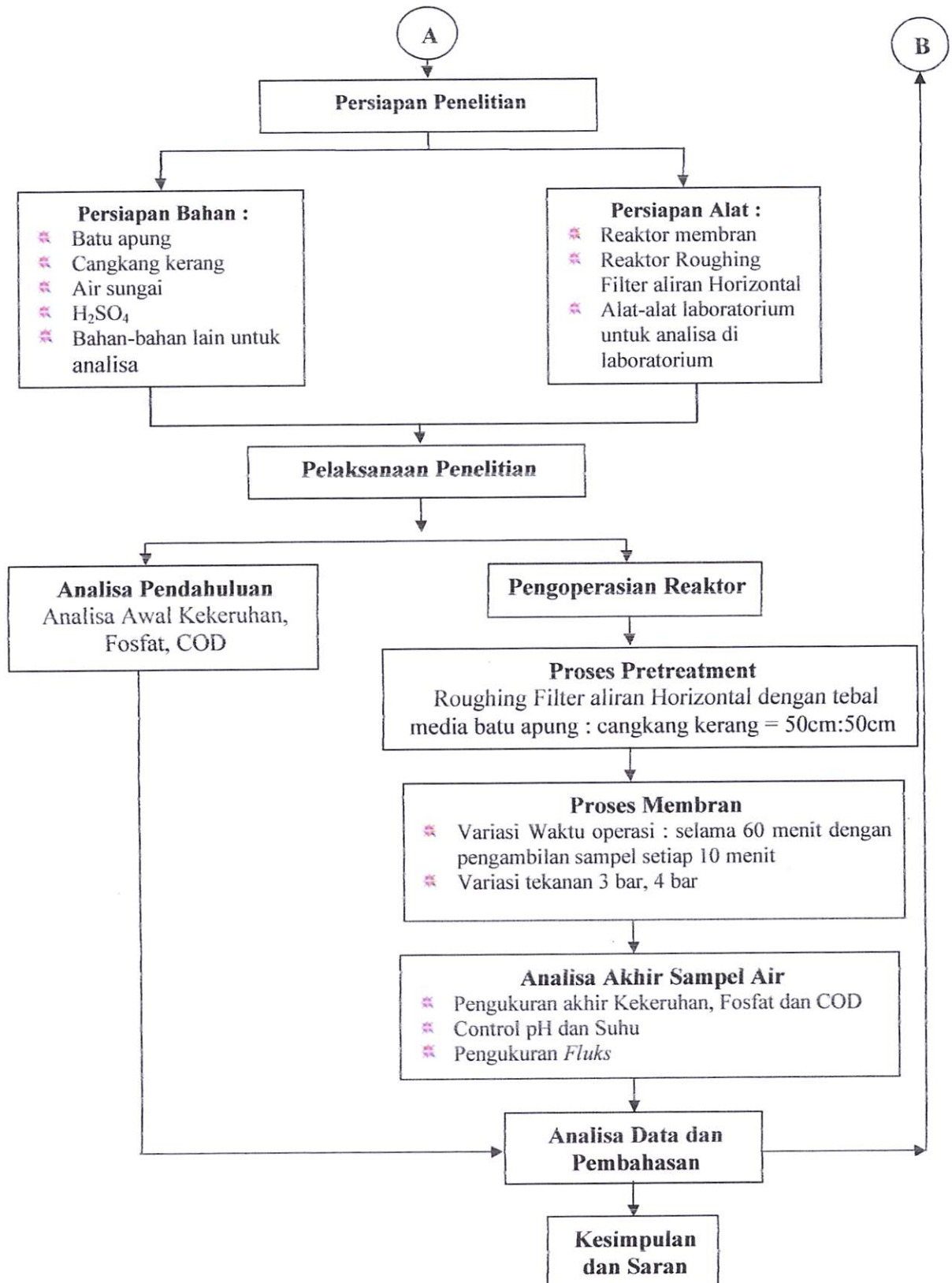
Dari percobaan yang akan dilakukan, parameter yang diukur adalah : konsentrasi Kekeruhan dengan metode Nephelometrik, Fosfat dengan metode Asam Askorbat dan COD dengan metode *Closed Refluks* .

3.7. Analisa Data

Analisa data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan analisa deskriptif, analisa varian, analisa korelasi dan analisa regresi.

3.8. Kerangka Penelitian





Gambar 3.1. Kerangka Penelitian



Gambar 3.2. Rangkaian alat Proses Pengolahan Pretreatment Roughing Filter aliran horizontal dan Treatment Membran Mikrofiltrasi Metode Crossflow

KETERANGAN :

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| 1. Bak Penampung Air | 9. Preassure Gauge |
| 2. Pompa | 10. Flow Meter |
| 3. Bak Pengatur Debit | 11. Pompa |
| 4. Valve | 12. Reaktor Membran |
| 5. Roughing Filter Aliran Horizontal | 13. Pipa Resirkulasi |
| 6. Bak penampung Influent/Bak Umpan | 14. Preassure Gauge |
| 7. Pompa | 15. Pipa Permeat/Effluent |
| 8. Valve | |

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Air Sungai

Air baku (sampel air sungai) yang digunakan dalam penelitian diambil dari sungai Brantas di daerah Oro-Oro Dowo Malang. Karakteristik air baku (sampel) dapat diketahui dari tabel 4.1

Tabel 4.1. Karakteristik Air Sungai

Parameter	Nilai	Baku Mutu (Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001)
pH	6,30	6-9
Suhu	23,5 °C	± 3°C
Kekeruhan	118,6 NTU	5 NTU
<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	62,8 mg/L	10 mg/L
Fosfat	0,704 mg/L	0.2 mg/L

Sumber : Hasil Penelitian

Dari data diatas menunjukkan bahwa kualitas air tidak memenuhi standart untuk air baku (PP. No.82 Tahun 2001)

4.2. Pengolahan Pendahuluan Air Baku

Pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan kandungan kontaminan yang terkandung dalam air baku sebelum menuju pengolahan menggunakan membran. *Pretreatment* yang dilakukan adalah *Roughing Filter Aliran Horizontal*. *Pretreatment* ini ditargetkan mampu menurunkan minimal 35% untuk Kekeruhan, 30% untuk COD dan 10% untuk Fosfat.

4.2.1. *Roughing Filter Aliran Horizontal*

Roughing filter aliran horizontal adalah salah satu jenis unit pengolahan filtrasi dengan proses dimana air mengalir secara horizontal yang memungkinkan

penggunaan panjang filter yang tidak terbatas. Unit pengolahan ini menggunakan media dengan diameter $> 2,00$ mm. Media yang digunakan pada roughing filter aliran horizontal pada penelitian ini adalah batu apung dan cangkang kerang. Diameter untuk media batu apung dan media cangkang kerang adalah 4,75 mm. Sedangkan perbandingan tebal media batu apung dan media cangkang kerang yang digunakan dalam roughing filter aliran horizontal adalah 50 cm : 50 cm. Komposisi yang digunakan pada alat roughing filter aliran horizontal ini didasarkan pada komposisi terbaik hasil penelitian yang telah dilakukan oleh I Kadek Putra pada tahun 2006.

Proses yang terjadi pada treatment menggunakan roughing filter aliran horizontal adalah sebagai berikut :

- Air baku (sampel air sungai) dipompakan menggunakan pompa dari bak penampung ke bak pengatur debit.
- Dari bak pengatur debit yang dilengkapi dengan kran untuk mengatur debit air sampel yaitu 500 mL/menit, air sampel dialirkan ke bak roughing filter aliran Horizontal yang telah diisi media batu apung dan cangkang kerang.
- Air sampel hasil treatment yang keluar dari roughing filter aliran horizontal ditampung secukupnya untuk dianalisa dan sisanya ditampung dalam bak umpan untuk selanjutnya difilter pada membran.

Hasil analisa effluent roughing filter aliran horizontal dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Effluent dan Persentase Penyisihan Roughing Filter Aliran Horizontal

No	Parameter	Satuan	Influent (Sampel Air sungai)	Effluent setelah Pretreatment Roughing Filter Aliran Horizontal	Persentase Removal (%)
1	Kekeruhan	NTU	118,6	64,3	45,78
2	COD	mg/L	62,8	42.70	32,01
3	Fosfat	mg/L	0,704	0,652	7,39

Sumber : Hasil Penelitian

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa roughing filter aliran horizontal dapat menurunkan Kekeruhan, COD dan Fosfat dengan efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 45,78%, COD sebesar 32,01% dan Fosfat 7,39%. Tapi dari nilai persentase removal yang diperoleh dibandingkan dengan persentase penurunan yang ditargetkan untuk penurunan kekeruhan, COD dan fosfat menggunakan roughing filter aliran horizontal dapat ditarik kesimpulan bahwa roughing filter aliran horizontal sudah mampu menurunkan kekeruhan dan COD sedangkan belum mampu menurunkan fosfat secara maksimal karena penurunan fosfat oleh roughing filter aliran horizontal hanya mencapai 7,39% sedangkan yang ditargetkan harus mampu menurunkan hingga 10% sehingga diharapkan pengolahan selanjutnya dengan menggunakan filtrasi membran dapat menurunkan kandungan fosfat dalam sampel air hasil effluent *pretreatment* sampai 71% agar mencapai baku mutu.

4.3. Pengolahan Pada Membran Mikrofiltrasi (MF)

Proses pengolahan tahap selanjutnya adalah mengolah effluent roughing filter aliran horizontal pada reaktor membran. Proses membran berarti pemisahan dan pengkonsentrasian molekul dan partikel berukuran halus. Proses pemisahan ini menggunakan membran mikrofiltrasi yang bersifat semipermeabel yaitu terjadinya perpindahan materi secara selektif yang disebabkan oleh gaya dorong. Pemilihan menggunakan metode *cross flow* dengan pertimbangan bahwa metode ini dapat menghindari terakumulasi *solute* di permukaan membran sehingga *fluks* tidak menurun secara cepat. Proses pengolahan ini menggunakan membran mikrofiltrasi dengan diameter 47 mm, ukuran pori 0,2 μm dan ketebalan 125 μm .

Pengolahan ini ditargetkan dapat menurunkan kekeruhan, COD dan fosfat effluent *pretreatment*, minimal 94% untuk kekeruhan, 78% untuk COD dan untuk fosfat 71% agar hasil effluent dari filtrasi membran dapat memenuhi standar baku mutu yang diperbolehkan.

Sistem kerja pengolahan menggunakan membran mikrofiltrasi metode aliran *crossflow* adalah sebagai berikut :

- Sampel air sebesar ± 10 liter hasil effluent dari treatment menggunakan roughing filter aliran horizontal ditampung di bak penampung (bak *feed*).

- Air sampel dari bak penampung (bak *feed*) dipompakan ke filter membran dengan variasi tekanan dan waktu operasi setiap 10 menit selama 60 menit.

Kinerja membran dalam proses penyaringan dengan sistem *cross flow* selanjutnya dapat ditentukan dengan cara melihat nilai *fluks* yang dihasilkan dan efisiensi penyisihan terhadap konsentrasi kekeruhan, COD and fosfat. *Fluks* merupakan jumlah volume *permeat* yang melewati satu satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan (Mulder, 1996).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka hasil perhitungan nilai fluks dapat dilihat pada tabel 4.3. dan data konsentrasi akhir kekeruhan, COD dan fosfat setelah diproses pada membran dengan variasi tekanan dan waktu operasi dapat dilihat pada tabel 4.4, 4.5 dan tabel 4.6.

Tabel 4.3. Nilai *Fluks* Membran Proses Filtrasi Membran

Tekanan (Bar)	Waktu (Menit)	<i>Fluks</i> (L/m².jam)
3	10	8931,173
	20	6512,257
	30	4111,047
	40	3309,933
	50	2080,640
	60	1838,463
4	10	12049,988
	20	9069,928
	30	7242,419
	40	6633,689
	50	5179,716
	60	4018,360

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.4. Nilai Konsentrasi Akhir Kekeruhan Setelah Proses Filtrasi Membran

Tekanan (Bar)	Waktu Operasi (Menit)	Konsentrasi kekeruhan (NTU)
3	10	18,8
	20	11,7
	30	5,2
	40	3,9
	50	3,3
	60	2,8
4	10	4,9
	20	4,4
	30	2,9
	40	1,4
	50	0,6
	60	tt*

Ket tt* = tidak terdeteksi

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.5. Nilai Konsentrasi Akhir Fosfat Setelah Proses Filtrasi Membran

Tekanan (Bar)	Waktu Operasi (Menit)	Konsentrasi Fosfat (mg/L)
3	10	0,553
	20	0,488
	30	0,465
	40	0,456
	50	0,441
	60	0,421
4	10	0,398
	20	0,375
	30	0,361
	40	0,308
	50	0,215
	60	0,186

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.6. Nilai Konsentrasi Akhir COD Setelah Proses Filtrasi Membran

Tekanan (Bar)	Waktu Operasi (Menit)	Konsentrasi COD(mg/L)
3	10	32,89
	20	30,15
	30	27,91
	40	16,23
	50	10,13
	60	2,85
4	10	10,46
	20	10
	30	9,23
	40	7,77
	50	6,76
	60	2,24

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.7. Nilai Parameter pH dan Suhu Saat Pengoperasian Membran (MF) pada tekanan 3 bar

No	Waktu Operasi (Menit)	Parameter			
		Suhu °C		pH	
		Feed	Permeat	Feed	Permeat
1	Awal	23		6,30	
2	Pretreatment	23		6,45	
3	10	23	24	6,22	6,20
4	20	27	25	6,36	6,32
5	30	30,3	25	6,44	6,40
6	40	31,6	26	6,40	6,37
7	50	33	27,3	6,25	6,21
8	60	36	27,8	6,49	6,45

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.8. Nilai Parameter pH dan Suhu Saat Pengoperasian Membran (MF) pada tekanan 4 bar

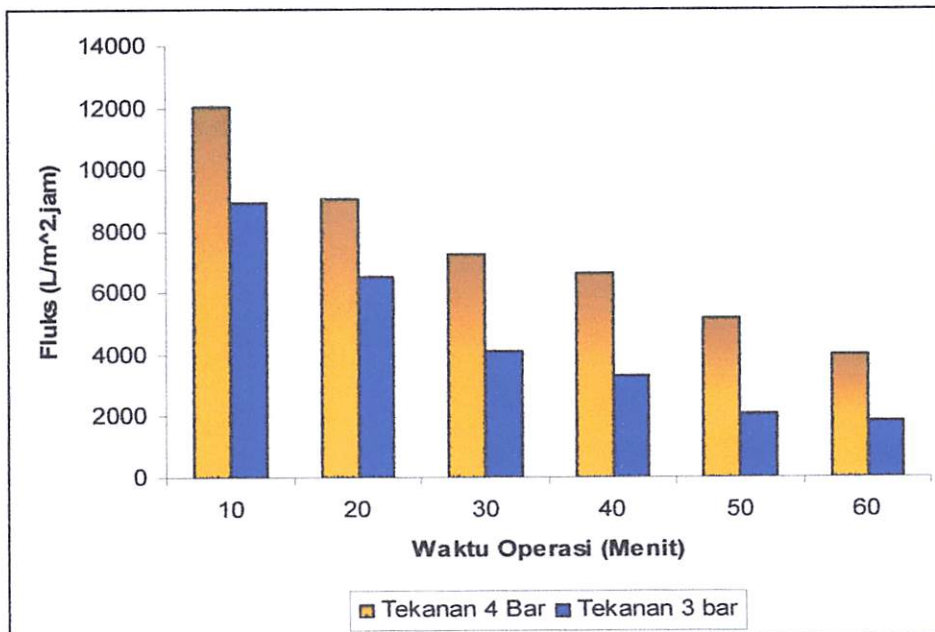
No	Waktu Operasi (menit)	Parameter			
		Suhu °C		pH	
		Feed	Permeat	Feed	Permeat
1	Awal	23		6,38	
2	Pretreatment	23		6,43	
3	10	23	25,2	6,37	6,32
4	20	29	25,7	6,45	6,40
5	30	32	26,1	6,42	6,39
6	40	35	28,6	6,31	6,27
7	50	41	30,8	6,50	6,38
8	60	46	33,4	6,64	6,62

Sumber : Hasil Penelitian

4.4. Analisa *Fluks* Pada Membran Mikrofiltrasi

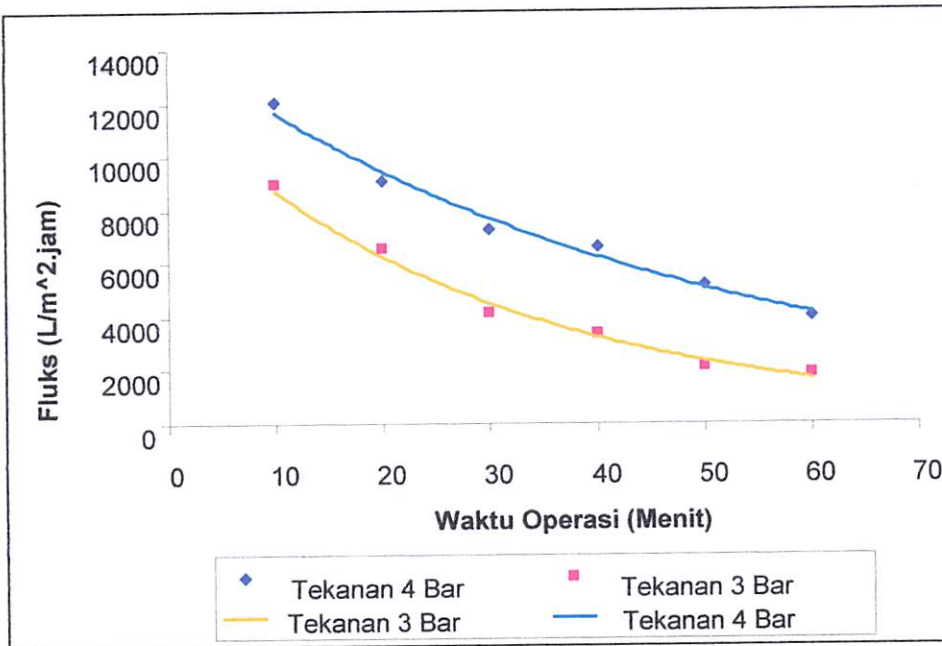
4.4.1. Analisa Deskriptif

Hasil perhitungan pada tabel 4.3. menunjukkan bahwa nilai *fluks* meningkat seiring bertambah besarnya tekanan. Namun nilai *fluks* juga mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu operasi. Hasil perhitungan nilai *fluks* pada tabel 4.3. dalam bentuk grafik dapat diketahui pada gambar 4.1.



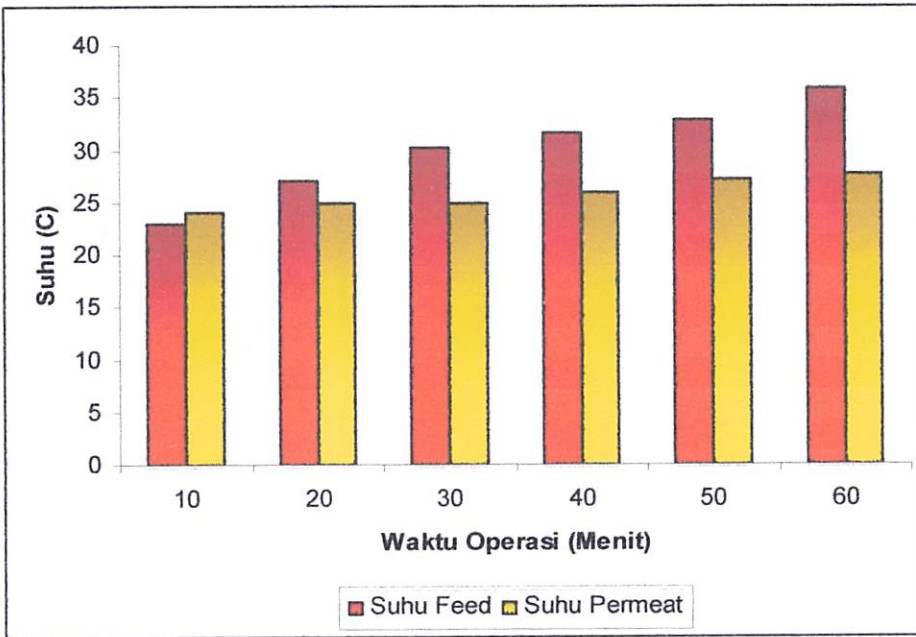
Gambar 4.1. Gambar Hubungan Antara Fluks dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan

Gambar 4.1. menunjukkan nilai *fluks* yang tertinggi terjadi pada tekanan 4 bar. Untuk tekanan 4 bar menit ke-10 nilai *fluks* sebesar 12049,988 L/m².jam dan pada menit ke-60 memiliki nilai *fluks* 4018,360 L/m².jam. Sedangkan nilai *fluks* terendah terjadi pada tekanan 3 bar. Pada tekanan 3 bar menit ke-10 nilai *fluks* sebesar 8931,173 L/m².jam dan pada menit ke-60 memiliki nilai *fluks* sebesar 1838,463 L/m².jam. Nilai *fluks* mengalami penurunan secara eksponensial, dapat dilihat pada gambar 4.2

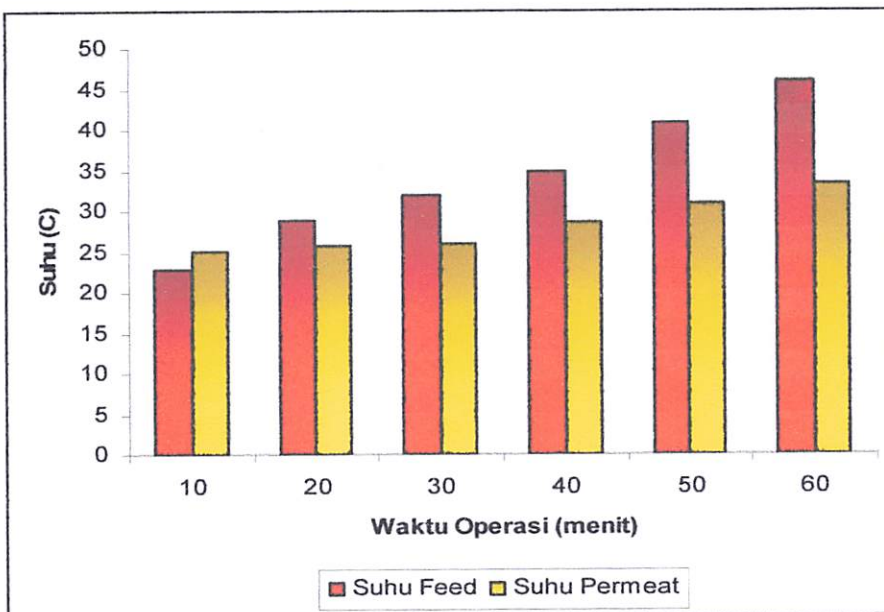


Gambar 4.2. Gambar Hubungan Antara Fluks dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan Digambarkan secara Eksponensial

Selama waktu operasi membran, suhu *feed* terus mengalami peningkatan dan terjadi penurunan pada permeat (Gambar 4.3 dan Gambar 4.4). Suhu *feed* dan *permeat* tertinggi terjadi pada tekanan 4 bar menit ke-60 yaitu 46°C. Nilai pH juga mengalami perubahan dan pH tertinggi terjadi pada tekanan 4 bar pada menit ke-60 yaitu 6,64.



Gambar 4.3. Gambar Hubungan Antara Suhu dan Waktu Operasi Membran Pada Tekanan 3 bar



Gambar 4.4. Gambar Hubungan Antara Suhu dan Waktu Operasi Membran Pada Tekanan 4 bar

4.4.2. Analisa Kesamaan Variansi

Analisa kesamaan variansi dilakukan agar kehomogenan nilai data antar peubah acak dapat dipastikan hampir sama atau dapat dikatakan bahwa data mengikuti distribusi normal sehingga layak untuk diamati kesamaan perilaku

antar peubah acak (Soleh, 2005). Hasil uji kesamaan variansi dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil Uji kesamaan Variansi Analisa Fluks Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Test of Homogeneity of Variances			
Fluks			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.842	11	24	.102

Hipotesis hasil uji kesamaan variansi:

- H_0 = Ke-12 variansi perlakuan adalah identik
- H_1 = Ke-12 variansi perlakuan adalah tidak identik

Dengan pengambilan keputusan:

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

Keputusan :

Terlihat bahwa pada tabel 4.9 nilai probabilitas untuk *fluks* adalah 0,102. Oleh karena nilai probabilitas *fluks* $> 0,05$, maka H_0 diterima atau ke-12 varians populasi adalah sama. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi normal dan asumsi kesamaan variansi perlakuan untuk uji ANOVA sudah terpenuhi.

4.4.3. Analisa Varian (ANOVA)

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan terhadap nilai *fluks*, maka dilakukan uji analisa dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor. Setelah dilakukan uji kesamaan variansi, baru dilakukan uji ANOVA untuk menguji apakah ke-12 perlakuan mempunyai rata-rata (*mean*) yang sama. Sebagai indikator adalah jika nilai ke-12 perlakuan sama atau identik, maka variabel tekanan dan waktu dapat dikatakan tidak mempengaruhi nilai fluks. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10. Hasil Uji ANOVA Analisa *Fluks* Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Two-way ANOVA: <i>Fluks</i> versus Tekanan, Waktu					
Source	DF	SS	MS	F	P
Tekanan	1	75781958	75781958	38077.81	0.000
Waktu	5	237252996	47450599	23842.28	0.000
Interaction	5	1434476	286895	144.15	0.000
Error	24	47764	1990		
Total	35	314517195			
S = 44.61 R-Sq = 99.98% R-Sq(adj) = 99.98%					

Hipotesis hasil uji ANOVA:

- H_0 = Ke-12 variansi perlakuan adalah identik
- H_1 = Ke-12 variansi 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:

Terlihat bahwa F hitung dari output untuk tekanan dan waktu berturut-turut adalah 38077,81 dan 23842,28. Jika dilihat F hitung pada tabel F adalah 4,26 dan 2,62 dengan α toleransi 5% atau 0,05. 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-12 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik. Kesimpulannya adalah bahwa nilai rata-rata ke-12 perlakuan dipengaruhi oleh nilai variabel tekanan dan waktu.

4.4.4. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui tingkat kekuatan hubungan antara variabel terikat (*fluks*) dengan variabel bebas (tekanan dan waktu operasi), maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat diketahui pada tabel 4.11

Tabel 4.11. Korelasi Antara *Fluks* Dengan Tekanan dan Waktu Operasi Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Correlations: Fluks, Tekanan, Waktu		
	Fluks	Tekanan
Tekanan	0.491	0.002
Waktu	-0.842	0.000
	0.000	1.000
Cell Contents: Pearson correlation		
P-Value		

Dari tabel 4.11. menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasi yaitu :

- Nilai koefisien korelasi antara tekanan dengan *fluks* adalah 0,491. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kedua variabel sedang karena berada diantara 0,4 dengan 0,7 (Soleh, 2005). Sifat hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi positif, yang berarti semakin meningkat tekanannya maka nilai *fluks* yang dihasilkan meningkat pula. Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis :

Hipotesis hasil uji korelasi :

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

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.11 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) adalah 0,002. 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 (signifikan). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah 49,1% peningkatan nilai *fluks* dipengaruhi oleh variasi tekanan.

- Nilai koefisien korelasi antara waktu dengan *fluks* adalah -0,842. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kedua variabel kuat karena berada diantara 0,7 dengan 0,9 (*Achmad Z. S, 2005*). Sifat hubungan kedua variabel bertolak belakang hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi negatif (-), yang berarti semakin lama waktu operasinya maka nilai *fluks* yang dihasilkan akan semakin menurun. Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis :

Hipotesis hasil uji korelasi :

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

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.11 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) adalah 0,000. 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 (signifikan). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah 84,2% peningkatan nilai fluks dipengaruhi oleh variasi waktu operasi membran.

4.4.5. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketetapan dan signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Taksiran parameter model yang digunakan adalah regresi berganda, karena memiliki lebih dari satu variabel bebas.

a. Uji multikolinear

Multikolinear adalah kejadian adanya korelasi kuat antara variabel bebas. Jika antarvariabel bebas berkorelasi, maka taksiran parameter model tidak tepat. Untuk mengidentifikasi adanya multikolinear maka digunakan (*Variance Inflation Factor* (VIF)). Apabila $VIF > 5$, berarti ada korelasi antarvariabel bebas sehingga ada ketidaksesuaian model (*Iriawan dan Astuti, 2006 dalam*

Taufikurrahman, 2006). Pada tabel 4.12 dapat diketahui bahwa nilai VIF untuk variabel tekanan dan waktu operasi berturut-turut adalah 1,0 dan 1,0, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada multikolinear dan taksiran model regresi berganda yang digunakan tepat.

Tabel 4.12. Hasil Uji Parameter Model Regresi Fluks Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	858.5	849.2	1.01	0.319	
Tekanan	2901.8	230.7	12.58	0.000	1.0
Waktu	-145.710	6.754	-21.57	0.000	1.0

S = 692.063 R-Sq = 95.0% R-Sq(adj) = 94.7%

b. Uji kecukupan model

Model regresi yang telah ditentukan perlu di uji mengenai model yang dibentuk dari data variasi tekanan dan waktu operasi dengan nilai *fluks*. Suatu model regresi dikatakan sudah mewakili data apabila P-value model regresi dalam ANOVA tidak melebihi level toleransi (α) yang telah ditetapkan (*Iriawan dan Astuti, 2006 dalam Taufikurrahman, 2006*). Level toleransi yang digunakan 5 % atau 0,05.

Tabel 4.13. Hasil Uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Fluks Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	298711818	149355909	311.84	0.000
Residual Error	33	15805377	478951		
Lack of Fit	9	15757613	1750846	879.74	0.000
Pure Error	24	47764	1990		
Total	35	314517195			

- H_0 = Konstanta, X_1 dan X_2 bernilai 0 (nol).
- H_1 = Konstanta, X_1 dan X_2 tidak bernilai 0 (nol).

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis ANOVA pada tabel 4.13 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) 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 adalah model regresi yang dibuat telah mewakili data.

c. Persamaan Regresi

$$Y = 858 + 2902X_1 - 146X_2$$

Dimana :

Y = Fluks ($L/m^2 \cdot \text{Jam}$)

X_1 = Variasi Tekanan (bar)

X_2 = Waktu (menit)

Interpretasi dari persamaan diatas :

- Nilai konstanta 858 menyatakan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada di atas nilai nol (positif bahwa jika tidak ada pengaruh tekanan dan waktu operasi (X_1 dan $X_2 = 0$), maka tidak akan terjadi proses. Sehingga Jika $X_1 = 3$ bar dan Waktu operasi 10 menit maka $Y = 8104 L/m^2 \cdot \text{jam}$.
- Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih datar. Menurut hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa koefisien regresi 2902 untuk variabel X_1 (variabel tekanan) menyatakan bahwa setiap penambahan tekanan 1 bar akan meningkatkan *fluks* sebesar $2902 L/m^2 \cdot \text{jam}$. Sedangkan koefisien regresi 146 untuk variabel X_2 (waktu operasi) menyatakan bahwa setiap penambahn waktu operasi 10 menit akan mengurangi fluks sebesar $146 L/m^2 \cdot \text{jam}$ dengan tingkat keakuratan dilihat dari nilai R square (R^2) = 95, 0%.

d. Uji Persamaan Regresi

Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah persamaan yang terbentuk bisa digunakan atau tidak.

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Parameter X_1 dan X_2 bernilai 0 (nol).
- H_1 = Parameter X_1 dan X_2 tidak bernilai 0 (nol) atau minimal 1 parameter model yang tidak bernilai nol (nol).

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisa pada tabel 4.12 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) untuk konstanta, tekanan dan waktu berturut turut 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, kesimpulannya adalah salah satu parameter model regresi secara statistik tidak bernilai nol. Artinya, model persamaan regresi $Y = 858 + 2902X_1 - 146X_2$ bisa digunakan.

e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Koefisien regresi tidak signifikan..
- H_1 = koefisien regresi signifikan

Dasar pengambil keputusan :

- Jika t hitung $<$ nilai t tabel, maka H_0 diterima.
- Jika t hitung $>$ nilai t tabel, maka H_0 ditolak.

Keputusan :

Berdasarkan statistik t tabel untuk $t_{(0,05, 33)}$ nilainya adalah 1,692, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.12 adalah 1,01 (konstanta), 12,58 (tekanan) dan 21,57 (waktu operasi). Disini nilai t hitung untuk konstanta lebih kecil dari t tabel sedangkan nilai t hitung untuk tekanan dan waktu operasi semuanya lebih besar dari t tabel. Kesimpulannya adalah variabel tekanan dan waktu operasi memiliki pengaruh terhadap nilai fluks.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai *R square* (R^2) sebesar 95,0%. Hal ini berarti 95,0% nilai *fluks* dipengaruhi oleh variabel tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 5% disebabkan oleh variabel lain yang tidak masuk ke dalam model.

4.4.6. Pembahasan Fluks Pada Proses Filtrasi Menggunakan Membran Mikrofiltrasi

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.1 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai *fluks* yang cukup stabil pada setiap tekanan. Peningkatan tekanan operasi akan menyebabkan *fluks* yang dihasilkan juga meningkat sedangkan semakin lama waktu operasi, maka *fluks* yang dihasilkan semakin kecil dimana *fluks* pada tekanan 4 bar waktu operasi 10 menit sebesar 12049,988 L/m².jam dan pada waktu operasi menit ke-60 fluksnya menurun sampai 4018,360 L/m².jam.

Pada tabel 4.11 dapat diketahui pengaruh tekanan dan waktu operasi terhadap *fluks*. Pengaruh tekanan operasi terhadap *fluks* dapat diketahui pada nilai koefisien korelasi positif sebesar 0,491 artinya kekuatan hubungan kedua variabel sedang (Soleh, 2005) dimana semakin meningkatnya tekanan maka *fluks* akan semakin meningkat. Sedangkan untuk waktu operasi dan *fluks* terjadi hubungan yang bertolak belakang yaitu semakin lamanya waktu operasi maka nilai *fluks* akan menurun, hal ini dapat diketahui pada nilai koefisien korelasi negatif (-) sebesar 0,842 artinya kekuatan hubungan kedua variabel kuat (Soleh, 2005). Selama proses filtrasi membran, suhu mengalami peningkatan seiring peningkatan tekanan dan lamanya waktu operasi yang dapat diketahui pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 serta pada tabel 4.7 dan tabel 4.8

Untuk memprediksi pengaruh variabel tekanan dan waktu operasi terhadap nilai *fluks* dapat menggunakan persamaan regresi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa 95,0% nilai *fluks* dipengaruhi oleh tekanan dan waktu operasi, sedangkan sisanya 5,0 % dapat dipengaruhi oleh resistensi total, suhu dan *fouling*.

Masalah utama pada sistem filtrasi membran adalah *fouling*. *Fouling* merupakan faktor utama penyebab penurunan *fluks* seiring dengan bertambahnya waktu pada beberapa separasi membran, dimana sistem membran tersebut tidak hanya terjadi pada sistem yang tidak menggunakan *pretreatment* tapi juga terjadi pada sistem yang menggunakan *pretreatment*. Seperti diketahui, pada proses penyaringan membran, air baku atau air umpan memiliki kandungan partikel-partikel kontaminan yang akan yang tertahan di membran.

Proses penahanan partikel pada permukaan membran, akan menyebabkan terakumulasinya (deposisi) partikel kontaminan tersebut sehingga akan membentuk sebuah lapisan di atas permukaan yang disebut *cake layer*. Ketebalan *cake layer* akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan sebagai konsekuensinya laju alir permeat akan semakin menurun sebagai akibat naiknya resistensi (daya tahan) *cake* tersebut baik di permukaan 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). Gabungan dari jenis resistensi tersebut disebut sebagai resistensi total.

Penelitian ini menggunakan sistem aliran *cross flow* yaitu pengaliran umpan searah dengan permukaan membran tujuannya agar pembentukan *cake* yang terjadi sangat lambat karena tersapu oleh gaya geser yang disebabkan oleh aliran umpan *cross flow*, sehingga *fluks* menurun secara eksponensial. Pada penelitian ini penurunan *fluks* masih terjadi, hal ini bisa disebabkan karena terjadi peningkatan polarisasi konsentrasi dimana polarisasi merupakan peristiwa peningkatan lokal konsentrasi *solute* pada permukaan membran dan akhirnya menimbulkan *fouling* karena itu membran harus dibersihkan secara periodik (Mulder, 1999).

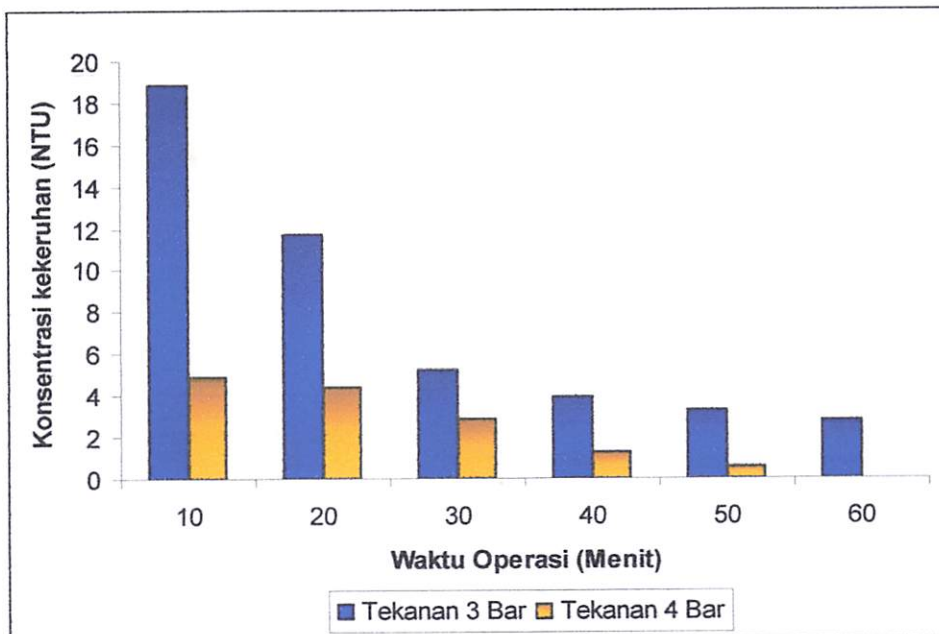
Peranan tekanan dan waktu operasi berbeda terhadap *fluks*. Peningkatan tekanan akan menyebabkan *fluks* meningkat tetapi waktu operasi yang lama justru akan menyebabkan *fluks* menurun. Tekanan yang besar akan memberikan gaya pada *feed* yang besar pula. Gaya ini akan membuat *solute* yang terkandung dalam *feed* akan mudah melalui pori-pori membran, terutama yang memiliki ukuran lebih kecil dari $0,2\mu m$. Sehingga walaupun terus terjadi *fouling*, *fluks* akan tetap keluar dari membran dengan kuantitas kecil. Namun tidak demikian dengan waktu operasi, waktu operasi membran yang semakin lama justru akan membuat *cake layer* bertambah tebal dan pori-pori membran yang semakin kecil (Mulder, 1996). *Cake layer* yang semakin tebal dan pori-pori membran yang kecil akan meningkatkan resistensi terhadap aliran *feed*, sehingga berdampak pada penurunan *fluks* seiring lamanya waktu operasi.

Selama proses filtrasi membran, suhu mengalami peningkatan seiring peningkatan tekanan dan lamanya waktu operasi. Hal ini disebabkan karena adanya sistem sirkulasi *feed* pada reaktor dan resistensi yang tinggi pada membran. Peningkatan suhu masih dalam batas operasi membran karena suhu maksimal yang diijinkan terhadap membran *cellulose nitrate* ini adalah 80°C. Suhu yang terus meningkat akan menyebabkan viskositas *feed* menurun dan dapat meningkatkan fluks (*W. Wesley E., 2000*). Viskositas yang rendah akan memudahkan *feed* untuk lolos melalui pori-pori membran dan akan meningkatkan fluks. Namun selama proses filtrasi ini pula akan menyebabkan peningkatan konsentrasi *feed*. Konsentrasi *feed* yang terus meningkat dan waktu operasi membran yang lama akan menjadikan ketebalan *cake layer* terus bertambah. Sehingga pengaruh suhu terhadap fluks sangat kecil.

4.5. Analisa Kekeruhan Pada Membran Mikrofiltrasi

4.5.1. Analisa Deskriptif

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi kekeruhan mengalami penurunan seiring bertambahnya tekanan dan lamanya waktu operasi. Hasil penelitian pada tabel 4.4. diplotkan pada grafik seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Gambar Hubungan Antara Konsentrasi Kekeruhan dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan

Berdasarkan tabel 4.4. dan gambar 4.5. terlihat bahwa nilai konsentrasi akhir kekeruhan pada waktu 60 menit tekanan 4 bar tidak terbaca atau tak terdeteksi. Berarti untuk konsentrasi akhir terendah terjadi pada tekanan 4 bar pada menit ke-60. Sedangkan nilai konsentrasi akhir kekeruhan tertinggi terjadi pada tekanan 3 bar pada menit ke-10 yaitu 18,8 NTU.

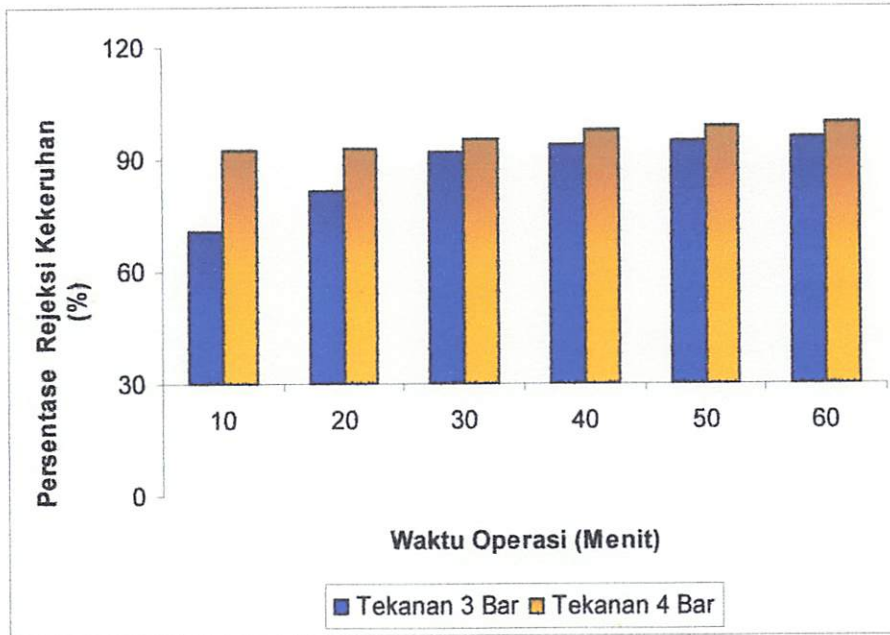
Untuk mengetahui efisiensi membran dalam penyisihan konsentrasi kekeruhan berdasarkan variasi tekanan dan waktu operasi, maka dilakukan perhitungan persentase rejeksi (%R) membran.

Hasil perhitungan persentase rejeksi dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.14. Nilai Persentase Rejeksi Kekeruhan Pada Berbagai Tekanan dalam Proses Filtrasi Membran Menggunakan Pretreatment Roughing Filter Aliran Horizontal

Tekanan	Waktu	Persentase Rejeksi (%)
3	10	70.64
	20	81.88
	30	91.87
	40	93.90
	50	94.84
	60	95.72
4	10	92.36
	20	93.16
	30	95.52
	40	97.92
	50	99.07
	60	100

Berdasarkan tabel 4.14 diperoleh persentase rejeksi terbesar pada tekanan 4 bar menit ke-50 yaitu 99,07% tapi karena pada tekanan 4 bar menit ke-60 kekeruhannya sudah tidak terdeteksi maka dapat ditarik kesimpulan bahwa persentase rejeksi pada tekanan 4 bar menit ke-60 mencapai 100% hal ini bisa disebabkan karena kandungan partikel-partikel tersuspensi telah tertahan pada permukaan membran, sedangkan persentase rejeksi terendah terjadi pada tekanan 3 bar menit ke-60 yaitu 70,64%. Tabel 4.14 diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Gambar Hubungan Antara Persentase Rejeksi Kekeruhan dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan

4.5.2. Analisa Kesamaan Variansi

Analisa kesamaan variansi dilakukan agar kehomogenan nilai data antar peubah acak dapat dipastikan hampir sama atau dapat dikatakan bahwa data mengikuti distribusi normal sehingga layak untuk diamati kesamaan perilaku antar peubah acak (Soleh, 2005). Hasil uji kesamaan variansi dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15. Hasil Uji kesamaan Variansi Analisa Kekeruhan Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Test of Homogeneity of Variances			
Kekeruhan			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.188	11	24	.053

Hipotesis hasil uji kesamaan variansi:

- H_0 = Ke-12 variansi perlakuan adalah identik
- H_1 = Ke-12 variansi perlakuan adalah tidak identik

Dengan pengambilan keputusan:

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

Keputusan :

Terlihat bahwa pada tabel 4.15 nilai probabilitas untuk rejeksi kekeruhan adalah 0,053. Oleh karena probabilitasnya $> 0,05$, maka H_0 diterima atau ke-12 varians populasi adalah sama. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi normal dan asumsi kesamaan varians perlakuan untuk uji ANOVA sudah terpenuhi.

4.5.3. Analisa Varian (ANOVA)

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan terhadap nilai persen rejeksi kekeruhan, maka dilakukan uji analisa dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor. Setelah dilakukan uji kesamaan variansi, baru dilakukan uji ANOVA untuk menguji apakah ke-12 perlakuan mempunyai rata-rata (*mean*) yang sama. Sebagai indikator adalah jika nilai ke-12 perlakuan sama atau identik, maka variabel tekanan dan waktu dapat dikatakan tidak mempengaruhi nilai rejeksi kekeruhan. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.16

**Tabel 4.16. Hasil Uji ANOVA Analisa Kekeruhan
Pada Proses Filtrasi dengan Membran**

Two-way ANOVA: %Rejeksi Kekeruhan versus Tekanan, Waktu					
Source	DF	SS	MS	F	P
Tekanan	1	604.50	604.504	50166.32	0.000
Waktu	5	1242.06	248.412	20615.08	0.000
Interaction	5	392.38	78.477	6512.58	0.000
Error	24	0.29	0.012		
Total	35	2239.23			

S = 0.1098 R-Sq = 99.99% R-Sq(adj) = 99.98%

Hipotesis hasil uji ANOVA:

- H_0 = Ke-12 variansi perlakuan adalah identik
- H_1 = Ke-12 variansi 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:

Terlihat bahwa F hitung dari output untuk tekanan dan waktu berturut-turut adalah 50166,32 dan 20615,08. Jika dilihat F hitung pada tabel F adalah 4,26 dan 2,62 dengan α toleransi 5% atau 0,05. 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-12 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik.

Berdasarkan hasil uji Duncan (lampiran 4) dapat diketahui bahwa persentase rejeksi kekeruhan terbesar terjadi pada variasi tekanan 4 bar menit ke-60 dan persentase rejeksi kekeruhan terkecil terjadi pada tekanan 3 bar menit ke 10, maka kesimpulannya adalah bahwa nilai rata-rata ke-12 perlakuan dipengaruhi oleh nilai variasi tekanan dan waktu.

4.5.4. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui tingkat kekuatan hubungan antara variabel terikat (persentase rejeksi) dengan variabel bebas (tekanan dan waktu operasi), maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat diketahui pada tabel 4.17

Tabel 4.17. Korelasi Antara Persentase Rejeksi Kekeruhan Dengan Tekanan dan Waktu Operasi Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Correlations: %Rejeksi Kekeruhan, Tekanan, Waktu		
	%Rejeksi Kek	Tekanan
Tekanan	0.520 0.001	
Waktu	0.695 0.000	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Dari tabel 4.17. menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasi yaitu :

- Nilai koefisien korelasi antara tekanan dengan persentase rejeksi kekeruhan adalah 0,520. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kedua variabel sedang karena berada diantara 0,4 dengan 0,7 (*Achmad Z. S, 2005*). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan nilai koefisien korelasi positif, yang berarti semakin meningkat tekanannya maka persentase rejeksi kekeruhan yang dihasilkan meningkat pula. Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis :

Hipotesis hasil uji korelasi :

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

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.17 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) adalah 0,001. Karena nilai P lebih kecil dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan ada korelasi antara dua variabel (signifikan). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah 52,0% peningkatan persentase rejeksi kekeruhan dipengaruhi oleh variasi tekanan.

- Nilai koefisien korelasi antara waktu operasi dengan persentase rejeksi kekeruhan adalah 0,695. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kedua variabel sedang karena berada diantara 0,7 dengan 0,9 (*Achmad Z. S, 2005*). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi positif, yang berarti semakin lama waktu operasinya maka nilai persentase rejeksi kekeruhan juga semakin besar. Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis :

Hipotesis hasil uji korelasi :

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

Dasar pengambil keputusan :

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

- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan :

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.17 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) adalah 0,000. 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 (signifikan). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah 69,5% peningkatan persentase rejeksi kekeruhan dipengaruhi oleh variasi waktu operasi membran.

4.5.5. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketetapan dan signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Taksiran parameter model yang digunakan adalah regresi berganda, karena memiliki lebih dari satu variabel bebas.

a. Uji multikolinear

Multikolinear adalah kejadian adanya korelasi kuat antara variabel bebas. Jika antarvariabel bebas berkorelasi, maka taksiran parameter model tidak tepat. Untuk mengidentifikasi adanya multikolinear maka digunakan (*Variance Inflation Factor* (VIF)). Apabila $VIF > 5$, berarti ada korelasi antarvariabel bebas sehingga ada ketidaksesuaian model (Iriawan dan Astuti, 2006 dalam Taufikurrahman, 2006). Pada tabel 4.18 dapat diketahui bahwa nilai VIF untuk variabel tekanan dan waktu operasi berturut-turut adalah 1,0 dan 1,0, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada multikolinear dan taksiran model regresi berganda yang digunakan tepat.

Tabel 4.18. Hasil Uji Parameter Model Regresi Persentase Rejeksi Kekerusuhan Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	52.325	5.026	10.41	0.000	
Tekanan	8.196	1.365	6.00	0.000	1.0
Waktu	0.32088	0.03997	8.03	0.000	1.0

S = 4.09595 R-Sq = 75.3% R-Sq(adj) = 73.8%

b. Uji kecukupan model

Model regresi yang telah ditentukan perlu di uji mengenai model yang dibentuk dari data variasi tekanan dan waktu operasi dengan persentase rejeksi kekeruhan. Suatu model regresi dikatakan sudah mewakili data apabila P-value model regresi dalam ANOVA tidak melebihi level toleransi (α) yang telah ditetapkan (*Iriawan dan Astuti, 2006 dalam Taufikurrahman, 2006*). Level toleransi yang digunakan 5 % atau 0,05.

Tabel 4.19. Hasil Uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Rejeksi Kekeruhan Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1685.60	842.80	50.24	0.000
Residual Error	33	553.63	16.78		
Lack of Fit	9	553.35	61.48	5102.31	0.000
Pure Error	24	0.29	0.01		
Total	35	2239.2			

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Konstanta, X_1 dan X_2 bernilai 0 (nol).
- H_1 = Konstanta, X_1 dan X_2 tidak bernilai 0 (nol).

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis ANOVA pada tabel 4.19 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) 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 adalah model regresi yang dibuat telah mewakili data.

c. Persamaan Regresi

$$Y = 52,3 + 8,20X_1 + 0,321X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Rejeksi Kekeruhan

X_1 = Variasi Tekanan (Bar)

X_2 = Waktu (Menit)

Interpretasi dari persamaan diatas

- Nilai konstanta sebesar 52,3 menyatakan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada di atas nilai nol (positif), jika tidak ada pengaruh variabel tekanan dan waktu operasi, maka tidak ada proses dan tidak terjadi persentase rejeksi kekeruhan. Sehingga Jika $X_1 = 3$ bar dan Waktu operasi 10 menit maka $Y = 80.11\%$
 - Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih datar. Menurut hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa koefisien regresi 8,20 untuk variabel X_1 (variasi tekanan) menyatakan bahwa setiap penambahan tekanan 1 bar akan meningkatkan presentase rejeksi sebesar 8,20 kali. Sedangkan koefisien regresi 0,321 untuk variabel X_2 (waktu operasi) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu operasi 10 menit akan menambahkan presentase rejeksi kekeruhan sebesar 0,321 kali dengan tingkat keakuratan dilihat dari nilai R square (R^2) = 75.3%
- d. Uji Persamaan Regresi

Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah persamaan yang terbentuk bisa digunakan atau tidak.

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Parameter X_1 dan X_2 bernilai 0 (nol).
- H_1 = Parameter X_1 dan X_2 tidak bernilai 0 (nol) atau minimal 1 parameter model yang tidak bernilai nol (nol).

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisa pada tabel 4.18 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) untuk konstanta, tekanan dan waktu 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, kesimpulannya adalah salah satu parameter model regresi

secara statistik tidak bernilai nol. Artinya, model persamaan regresi $Y = 52,3 + 8,20X_1 + 0,321X_2$ bisa digunakan.

e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Koefisien regresi tidak signifikan..
- H_1 = koefisien regresi signifikan

Dasar pengambil keputusan :

- Jika $t_{hitung} < \text{nilai } t_{tabel}$, maka H_0 diterima.
- Jika $t_{hitung} > \text{nilai } t_{tabel}$, maka H_0 ditolak.

Keputusan :

Berdasarkan statistik t tabel untuk $t_{(0,05, 33)}$ nilainya adalah 1,692, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.18 adalah 10,41 (konstanta), 6,00 (tekanan) dan 8,03 (waktu operasi). Disini nilai t hitung untuk konstanta lebih kecil dari t tabel sedangkan nilai t hitung untuk tekanan dan waktu operasi semuanya lebih besar dari t tabel. Kesimpulannya adalah variabel tekanan dan waktu operasi memiliki pengaruh terhadap persentase rejeksi kekeruhan.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R^2 sebesar 75,3%. Hal ini berarti 75,3% nilai rejeksi kekeruhan dipengaruhi oleh variabel tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 24,7% disebabkan oleh variabel lain yang tidak masuk ke dalam model.

4.5.6. Pembahasan Konsentrasi Kekeruhan Pada Proses Filtrasi Menggunakan Membran Mikrofiltrasi

Pada tabel 4.4 dan gambar 4.6 dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya tekanan dan waktu operasi yang semakin lama maka persentase rejeksi kekeruhan semakin meningkat pula. Hal ini ditunjukkan dengan persentase rejeksi kekeruhan terbesar terjadi pada tekanan 4 bar, menit ke-60 yaitu 100% dan persentase rejeksi terkecil terjadi pada tekanan 3 bar, menit ke-10 yaitu 70,64%.

Berdasarkan tabel 4.17 dapat diketahui pengaruh tekanan dan waktu operasi terhadap persentase rejeksi kekeruhan, dimana semakin meningkatnya tekanan dan lamanya waktu operasi akan meningkatkan persentase rejeksi. Pengaruh tekanan operasi terhadap persentase rejeksi kekeruhan dapat diketahui pada nilai koefisien korelasi positif sebesar 0,520 artinya kekuatan hubungan

kedua variabel sedang (Soleh, 2005). Untuk hubungan waktu operasi dan persentase rejeksi kekeruhan dapat dilihat pada nilai koefisien korelasi positif sebesar 0,695 artinya kekuatan hubungan kedua variabel sedang (Soleh, 2005).

Peningkatan persentase rejeksi disebabkan karena terjadinya kompaksi pada membran. Kompaksi merupakan perubahan bentuk susunan mekanik membran yang terjadi pada operasi membran bertekanan (Mulder, 1996). Pada membran yang termampatkan (terkompaksi), kedudukan rantai-rantai polimer semakin rapat sehingga kekuatan ikatan sekunder antara gugus polar dari satu rantai dengan rantai lainnya semakin meningkat dan fleksibilitas rantai polimer tersebut berkurang sehingga tahanan perpindahan di dalam membran lebih tinggi dan *solute* lebih susah berdifusi di dalam pori-pori membran (Nasrul, 2002). Akibatnya *solute* yang lolos dari pori-pori membran sedikit dan lebih banyak tertahan di pori-pori membran tersebut sehingga konsentrasi kekeruhan pada *permeat* semakin kecil atau persentase rejeksi membran meningkat.

Waktu operasi membran yang lama membuat *solute* terakumulasi di permukaan membran membentuk *cake layer* dan menjadi membran selain membran mikrofiltrasi (MF) (Scott, 1995 dalam Widhiarta, 2006). Membran kedua inilah yang turut membantu dalam menyaring *solute* yang melalui membran mikrofiltrasi, sehingga konsentrasi kekeruhan yang keluar dari membran kecil atau persentase rejeksi yang diperoleh besar.

Kekeruhan pada air sungai dapat disebabkan adanya partikel-partikel kecil dan koloid seperti kwarts, tanah liat, debu dan sebagainya. Partikel-partikel kecil dan koloid tersebut berukuran 10 nm sampai 10 μm . Nilai konsentrasi kekeruhan pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa sejumlah partikel telah lolos dari filtrasi membran. Partikel yang lolos tersebut memiliki diameter lebih kecil dari pori-pori membran yaitu 0,2 μm . Namun tidak seluruhnya partikel-partikel dan koloid yang lolos dari pori-pori membran seperti pada tekanan 4 bar menit ke-60 konsentrasi kekeruhan sudah tidak terdeteksi, hal ini bisa disebabkan karena partikel-partikel dan koloid sudah tertahan pada *cake layer* dan pori-pori membran.

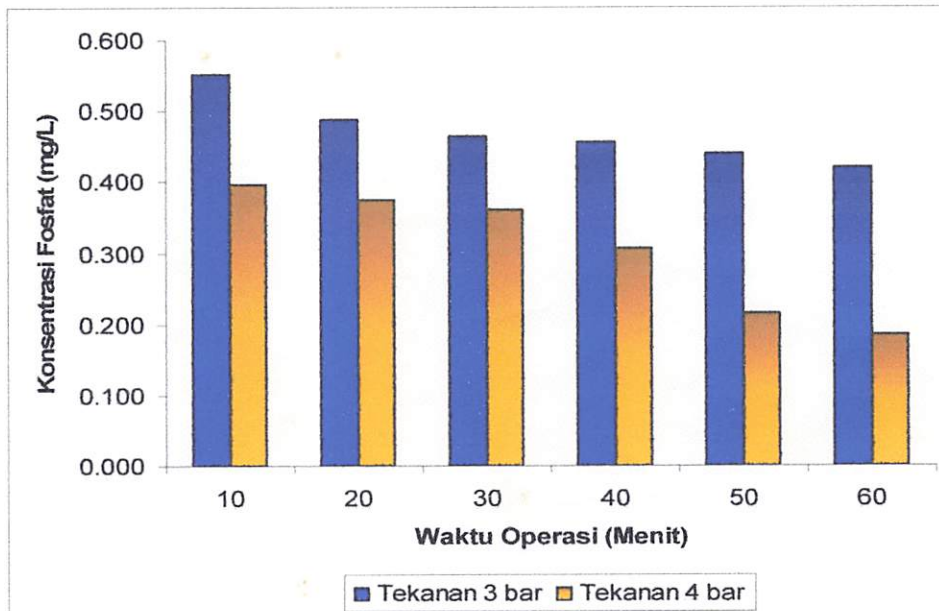
Untuk memprediksi persentase rejeksi konsentrasi kekeruhan berdasarkan variasi tekanan dan lamanya waktu operasi, dapat menggunakan

persamaan regresi. Hasil analisa regresi menunjukkan bahwa 75,3% nilai persentase rejeksi konsentrasi kekeruhan dipengaruhi oleh variabel tekanan dan waktu operasi. Sisanya 24,7% dipengaruhi oleh pembentukan *cake layer* dan kompaksi membran.

4.6. Analisa Fosfat Pada Membran Mikrofiltrasi

4.6.1. Analisa Deskriptif

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi fosfat mengalami penurunan seiring bertambahnya tekanan dan lamanya waktu operasi. Hasil penelitian pada tabel 4.5. diplotkan pada grafik seperti pada gambar 4.7



Gambar 4.7. Gambar Hubungan Antara Konsentrasi Fosfat dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan

Berdasarkan tabel 4.5. dan gambar 4.7. terlihat bahwa nilai konsentrasi akhir fosfat terendah pada menit ke-60 tekanan 4 bar yaitu 0,186 mg/L. Sedangkan nilai konsentrasi akhir fosfat tertinggi terjadi pada tekanan 3 bar pada menit ke-10 yaitu 0,553 mg/L.

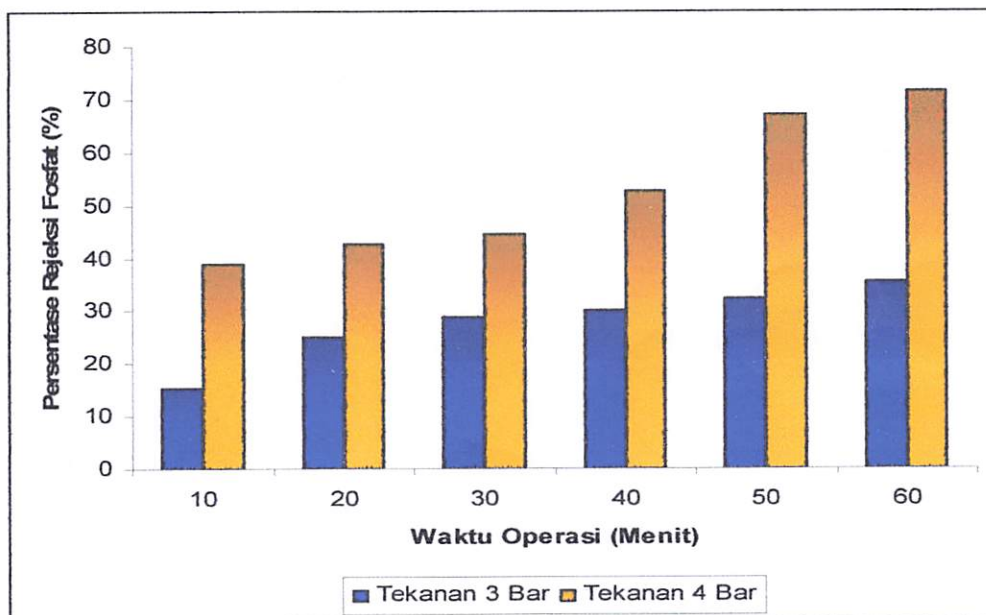
Untuk mengetahui efisiensi membran dalam penyisihan konsentrasi fosfat berdasarkan variasi tekanan dan waktu operasi, maka dilakukan perhitungan persentase rejeksi (%R) membran.

Hasil perhitungan persentase rejeksi dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20. Nilai Persentase Rejeksi Fosfat Pada Berbagai Tekanan dalam Proses Filtrasi Membran Menggunakan Pretreatment Roughing Filter Aliran Horizontal

Tekanan (Bar)	Waktu (Menit)	Persentase Rejeksi (%)
3	10	15,23
	20	25,10
	30	28,73
	40	30,11
	50	32,41
	60	35,38
4	10	39,01
	20	42,53
	30	44,68
	40	52,81
	50	67,02
	60	71,42

Berdasarkan tabel 4.20 diperoleh persentase rejeksi terbesar pada tekanan 4 bar menit ke-60 yaitu 71,42%, sedangkan persentase rejeksi terendah adalah pada tekanan 3 bar menit ke-10 yaitu 15,23%. Tabel 4.20 dapat diplotkan pada grafik seperti pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Gambar Hubungan Antara Persentase Rejeksi Fosfat dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan

4.6.2. Analisa Kesamaan Variansi

Analisa kesamaan variansi dilakukan agar kehomogenan nilai data antar peubah acak dapat dipastikan hampir sama atau dapat dikatakan bahwa data mengikuti distribusi normal sehingga layak untuk diamati kesamaan perilaku antar peubah acak (Soleh, 2005). Hasil uji kesamaan variansi dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Uji kesamaan Variansi Analisa Fosfat Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Test of Homogeneity of Variances			
Fosfat			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.200	11	24	.996

Hipotesis hasil uji kesamaan variansi:

- H_0 = Ke-12 variansi perlakuan adalah identik
- H_1 = Ke-12 variansi perlakuan adalah tidak identik

Dengan pengambilan keputusan:

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

Keputusan :

Terlihat bahwa pada tabel 4.21 nilai probabilitas untuk rejeksi Fosfat adalah 0,996 oleh karena probabilitas rejeksi Fosfat > 0,05, maka H_0 diterima atau ke-12 varians populasi adalah sama. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi normal dan asumsi kesamaan varians perlakuan untuk uji ANOVA sudah terpenuhi.

4.6.3. Analisa Varian (ANOVA)

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan terhadap nilai rejeksi Fosfat, maka dilakukan uji analisa dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor. Setelah dilakukan uji kesamaan variansi, baru dilakukan uji ANOVA untuk menguji apakah ke-12 perlakuan mempunyai rata-rata (*mean*) yang sama. Sebagai indikator adalah jika nilai ke-12 perlakuan sama atau identik, maka

variabel tekanan dan waktu dapat dikatakan tidak mempengaruhi nilai rejeksi fosfat. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.22

**Tabel 4.22 Hasil Uji ANOVA Analisa Fosfat
Pada Proses Filtrasi dengan Membran**

Two-way ANOVA: % Rejeksi Fosfat versus Tekanan, Waktu					
Source	DF	SS	MS	F	P
Tekanan	1	5663.57	5663.57	614121.60	0.000
Waktu	5	2941.47	588.29	63790.90	0.000
Interaction	5	540.11	108.02	11713.22	0.000
Error	24	0.22	0.01		
Total	35	9145.37			

Hipotesis hasil uji ANOVA:

- H_0 = Ke-12 variansi perlakuan adalah identik
- H_1 = Ke-12 variansi 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:

Terlihat bahwa F hitung dari output untuk tekanan dan waktu berturut-turut adalah 614121,60 dan 63790,90. Jika dilihat F hitung pada tabel F adalah 4,26 dan 2,62 dengan α toleransi 5% atau 0,05. 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-12 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik.

Berdasarkan hasil uji Duncan (lampiran 4) dapat diketahui bahwa persentase rejeksi fosfat terbesar terjadi pada variasi tekanan 4 bar menit ke-60 dan persentase rejeksi fosfat terkecil terjadi pada tekanan 3 bar menit ke 10, maka kesimpulannya adalah bahwa nilai rata-rata ke-12 perlakuan dipengaruhi oleh nilai variasi tekanan dan waktu.

4.6.4. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui tingkat kekuatan hubungan antara variabel terikat (persentase rejeksi Fosfat) dengan variabel bebas (tekanan dan waktu operasi), maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat diketahui pada tabel 4.23

Tabel 4.23. Korelasi Antara Persentase Rejeksi Fosfat Dengan Tekanan dan Waktu Operasi Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Correlations: % Rejeksi Fosfat, Tekanan, Waktu		
	% Rejeksi Fo	Tekanan
Tekanan	0.787 0.000	
Waktu	0.563 0.000	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Dari tabel 4.23. menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasi yaitu :

- Nilai koefisien korelasi antara tekanan dengan persentase rejeksi fosfat adalah 0,787. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kedua variabel kuat karena berada diantara 0,7 dengan 0,9 (*Achmad Z. S, 2005*). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi positif, yang berarti semakin meningkat tekanannya maka persentase rejeksi fosfat yang dihasilkan meningkat pula. Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis :

Hipotesis hasil uji korelasi :

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

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.23 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) adalah 0,000. 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 (signifikan). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah 88,7% peningkatan persentase rejeksi fosfat dipengaruhi oleh variasi tekanan.

- Nilai koefisien korelasi antara waktu operasi dengan persentase rejeksi fosfat adalah 0,563. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kedua variabel sedang karena berada diantara 0,4 dengan 0,7 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini nilai koefisien korelasi positif, yang berarti semakin lama waktu operasinya maka nilai persentase rejeksi fosfat juga semakin besar. Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis :

Hipotesis hasil uji korelasi :

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

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.23 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) adalah 0,000. 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 (signifikan). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah 56,3% peningkatan persentase rejeksi fosfat dipengaruhi oleh variasi waktu operasi membran.

4.6.5. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketetapan dan signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Taksiran parameter model yang

digunakan adalah regresi berganda, karena memiliki lebih dari satu variabel bebas.

a. Uji multikolinear

Multikolinear adalah kejadian adanya korelasi kuat antara variabel bebas. Jika antarvariabel bebas berkorelasi, maka taksiran parameter model tidak tepat. Untuk mengidentifikasi adanya multikolinear maka digunakan (*Variance Inflation Factor* (VIF). Apabila $VIF > 5$, berarti ada korelasi antarvariabel bebas sehingga ada ketidaksesuaian model (*Iriawan dan Astuti, 2006 dalam Taufikurrahman, 2006*). Pada tabel 4.24 dapat diketahui bahwa nilai VIF untuk variabel tekanan dan waktu operasi berturut-turut adalah 1,0 dan 1,0, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada multikolinear dan taksiran model regresi berganda yang digunakan tepat.

Tabel 4.24. Hasil Uji Parameter Model Regresi Persentase Rejeksi Fosfat Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-65.814	5.164	-12.74	0.000	
Tekanan	25.086	1.403	17.88	0.000	1.0
Waktu	0.52529	0.04107	12.79	0.000	1.0

S = 4.20889 R-Sq = 93.6% R-Sq(adj) = 93.2%

b. Uji kecukupan model

Model regresi yang telah ditentukan perlu diuji mengenai model yang dibentuk dari data variasi tekanan dan waktu operasi dengan persentase rejeksi Fosfat. Suatu model regresi dikatakan sudah mewakili data apabila P-value model regresi dalam ANOVA tidak melebihi level toleransi (α) yang telah ditetapkan (*Iriawan dan Astuti, 2006 dalam Taufikurrahman, 2006*). Level toleransi yang digunakan 5 % atau 0,05.

Tabel 4.25. Hasil Uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Rejeksi Fosfat Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	8560.8	4280.4	241.63	0.000
Residual Error	33	584.6	17.7		
Lack of Fit	9	584.4	64.9	7040.54	0.000
Pure Error	24	0.2	0.0		
Total	35	9145.4			

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Konstanta X_1 dan X_2 bernilai 0 (nol).
- H_1 = Konstanta X_1 dan X_2 tidak bernilai 0 (nol).

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis ANOVA pada tabel 4.25 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) 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 adalah model regresi yang dibuat telah mewakili data.

c. Persamaan Regresi

$$Y = -65,8 + 25,1X_1 + 0,525X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Rejeksi Fosfat

X_1 = Variasi Tekanan (Bar)

X_2 = Waktu (Menit)

Interpretasi dari persamaan diatas :

- Nilai konstanta sebesar -65,8 menyatakan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada di atas nilai nol (positif), jika tidak ada pengaruh variabel tekanan dan waktu operasi, maka tidak terjadi proses dan tidak ada persentase rejeksi Fosfat. Sehingga jika Tekanan (X_1) = 3 bar dan Waktu operasi (X_2) = 10 menit maka $Y = 14,75$ %

- Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih datar. Menurut hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa koefisien regresi 25,1 untuk variabel X_1 (variasi tekanan) menyatakan bahwa setiap penambahan tekanan 1 bar akan meningkatkan persentase rejeksi sebesar 25,1kali. Sedangkan koefisien regresi 0,525 untuk variabel X_2 (waktu operasi) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu operasi 1 menit akan menambahkan persentase rejeksi Fosfat sebesar 0,525 kali dengan tingkat keakuratan dilihat dari R square (R^2) = 93,6%.

d. Uji Persamaan Regresi

Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah persamaan yang terbentuk bisa digunakan atau tidak.

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Parameter X_1 dan X_2 bernilai 0 (nol).
- H_1 = Parameter X_1 dan X_2 tidak bernilai 0 (nol) atau minimal 1 parameter model yang tidak bernilai nol (nol).

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisa pada tabel 4.24 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) untuk konstanta, tekanan dan waktu 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, kesimpulannya adalah salah satu parameter model regresi secara statistik tidak bernilai nol. Artinya, model persamaan regresi $Y = -65,8 + 25,1X_1 + 0,525X_2$ bisa digunakan.

e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Koefisien regresi tidak signifikan.
- H_1 = koefisien regresi signifikan

Dasar pengambil keputusan :

- Jika $t_{\text{hitung}} < \text{nilai } t_{\text{tabel}}$, maka H_0 diterima.
- Jika $t_{\text{hitung}} > \text{nilai } t_{\text{tabel}}$, maka H_0 ditolak.

Keputusan :

Berdasarkan statistik t tabel untuk $t_{(0,05, 33)}$ nilainya adalah 1,692, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.24 adalah 12,74 (konstanta), 17,88 (tekanan) dan 12,79 (waktu operasi). Disini nilai t hitung untuk konstanta lebih kecil dari t tabel sedangkan nilai t hitung untuk tekanan dan waktu operasi semuanya lebih besar dari t tabel. Kesimpulannya adalah variabel tekanan dan waktu operasi memiliki pengaruh terhadap persentase rejeksi Fosfat.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R^2 sebesar 93,6%. Hal ini berarti 93,6% nilai rejeksi fosfat dipengaruhi oleh variabel tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 6,4% disebabkan oleh variabel lain yang tidak masuk ke dalam model.

4.6.6. Pembahasan Konsentrasi Fosfat Pada Proses Filtrasi Menggunakan Membran Mikrofiltrasi

Pada tabel 4.5 dan gambar 4.8 dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya tekanan dan waktu operasi yang semakin lama maka persentase rejeksi (%R) fosfat semakin meningkat pula. Hal ini ditunjukkan dengan persentase rejeksi fosfat terbesar terjadi pada tekanan 4 bar, menit ke-60 yaitu 71,42% dan persentase rejeksi terkecil terjadi pada tekanan 3 bar, menit ke-10 yaitu 15,23%.

Berdasarkan tabel 4.23 dapat diketahui pengaruh tekanan dan waktu operasi terhadap persentase rejeksi fosfat, dimana semakin meningkatnya tekanan dan lamanya waktu operasi akan meningkatkan persentase rejeksi. Pengaruh tekanan operasi terhadap persentase rejeksi fosfat dapat diketahui pada nilai koefisien korelasi positif sebesar 0,787 artinya kekuatan hubungan kedua variabel sedang (Soleh, 2005). Untuk hubungan waktu operasi dan persentase rejeksi fosfat dapat dilihat pada nilai koefisien korelasi positif sebesar 0,695 artinya kekuatan hubungan kedua variabel sedang (Soleh, 2005).

Untuk memprediksi persentase rejeksi konsentrasi Fosfat berdasarkan variasi tekanan dan lamanya waktu operasi, dapat menggunakan persamaan regresi. Hasil analisa regresi menunjukkan bahwa 93,6% nilai persentase rejeksi konsentrasi Fosfat dipengaruhi oleh variabel tekanan dan waktu operasi. Sisanya 6,4% bisa disebabkan karena difusitas molekul dan karakteristik membran.

Peningkatan persentase rejeksi fosfat dapat disebabkan karena membran yang digunakan bersifat semipermeabel yang artinya bahwa molekul air dapat menembus membran tersebut sedangkan bahan-bahan yang terlarut dalam air akan tertahan pada pori-pori membran, dimana ketika gaya dorong bekerja pada sisi umpan maka beberapa bagian ion atau senyawa fosfat terlarut dan tersuspensi akan tertahan pada sisi membran sedangkan pelarut (air) akan lolos menembus membran (*Haryati, 2003*). Hal ini menunjukkan bahwa membran yang digunakan ini mempunyai resistensi terhadap ion-ion atau senyawa-senyawa fosfat sedangkan pelarut (air) dapat lebih bebas menembus membran, tetapi tidak semua ion atau senyawa fosfat tertahan pada pori-pori membran, ada juga ion atau senyawa fosfat yang ikut bersama-sama dengan molekul air. Selain itu membran selulosa nitrat yang digunakan pada penelitian ini bersifat sangat hidrofilik sehingga memiliki gaya tarik molekuler yang kuat antara permukaan membran dengan air (adhesi) sedangkan untuk senyawa-senyawa fosfat melakukan gaya kohesi dengan permukaan membran.

Saat permeat melewati membran, senyawa-senyawa atau ion-ion fosfat terlarut dan tersuspensi sebagian akan terhenti pada permukaan membran. Senyawa-senyawa ini sebagian akan terbawa aliran retentat dan harus keluar di luar lapisan pembatas. Hal yang perlu diketahui adalah perpindahan senyawa-senyawa atau ion-ion fosfat tersebut menggunakan proses difusi karena perbedaan konsentrasi.

Difusi adalah pergerakan molekul atau ion dari daerah konsentrasi tinggi ke daerah konsentrasi rendah. Secara otomatis, konsentrasi *solute* di dekat permukaan membran akan meningkat lebih besar daripada aliran di luar lapisan sehingga *solute* akan dapat berdifusi, bergerak pindah menuju aliran yang lebih

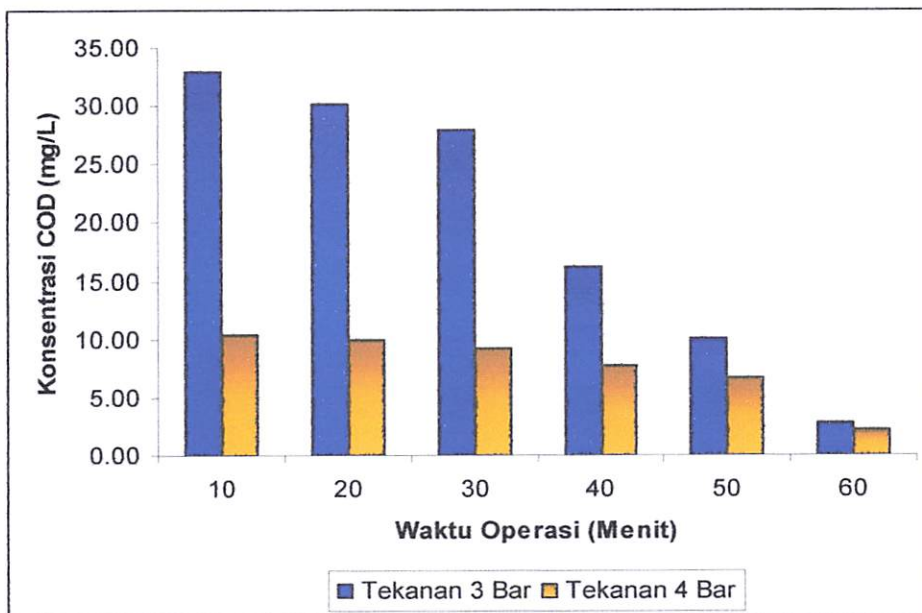
cepat. Fenomena ini menjelaskan kenapa *solute* memiliki konsentrasi yang sangat tinggi pada permukaan membran dari pada aliran retentat.

Untuk tiap partikel *solute*, masing-masing memiliki nilai difusi yang berbeda-beda yang juga dipengaruhi oleh ukuran ion, partikel dan juga muatan dan konsentrasinya. Untuk ion multivalen seperti fosfat akan lebih lambat bergerak, sehingga sebagian fosfat terlarut dalam air tidak dapat disaring dan bersama-sama dengan air akan lolos menembus membran (Arie Difareza, 2004). Hal ini menyebabkan konsentrasi fosfat tidak menurun besar, pada penelitian ini efisiensi penurunan fosfat hanya mencapai 71,42%. Dalam air umpan (air sungai) bisa juga terdapat besi atau aluminium yang mana bila bergabung dengan fosfat dapat membentuk koloid atau presipitat (Citrasari, 2004) sehingga sebagian fosfat dapat tersaring oleh membran.

4.7. Analisa COD Pada Membran Mikrofiltrasi

4.7.1. Analisa Deskriptif

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi COD mengalami penurunan seiring bertambahnya tekanan dan lamanya waktu operasi. Hasil penelitian pada tabel 4.6. diplotkan pada grafik seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. Gambar Hubungan Antara Konsentrasi COD dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan

Berdasarkan tabel 4.6. dan gambar 4.9. terlihat bahwa nilai konsentrasi akhir COD terendah pada menit ke-60 tekanan 4 bar yaitu 2,24 mg/L. Sedangkan nilai konsentrasi akhir COD tertinggi terjadi pada tekanan 3 bar pada menit ke-10 yaitu 32,89 mg/L.

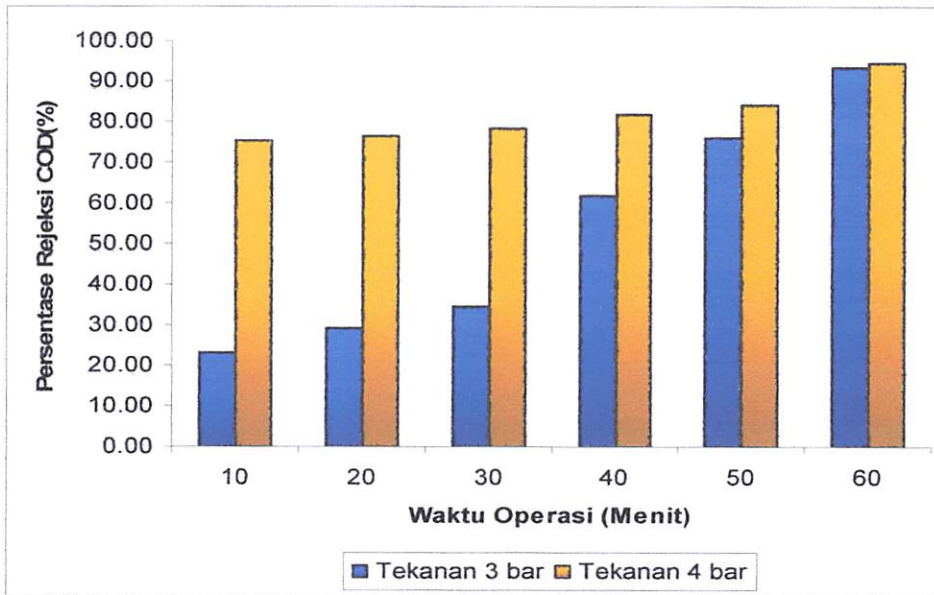
Untuk mengetahui efisiensi membran dalam penyisihan konsentrasi COD berdasarkan variasi tekanan dan waktu operasi, maka dilakukan perhitungan persentase rejeksi (%R) membran.

Hasil perhitungan persentase rejeksi dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.26. Nilai Persentase Rejeksi COD Pada Berbagai Tekanan dalam Proses Filtrasi Membran Menggunakan Pretreatment Roughing Filter Aliran Horizontal

Tekanan	Waktu	Persentase Rejeksi (%)
3	10	22.98
	20	29.38
	30	34.63
	40	62.00
	50	76.28
	60	93.34
4	10	75.50
	20	76.58
	30	78.37
	40	81.79
	50	84.18
	60	94.76

Berdasarkan tabel 4.26 diperoleh persentase rejeksi terbesar pada tekanan 4 bar menit ke-60 yaitu 94,76%, sedangkan persentase rejeksi terendah adalah pada tekanan 3 bar menit ke-10 yaitu 22,98%. Tabel 4.26 dapat diplotkan pada grafik seperti pada gambar 4.10.



Gambar 4.10. Gambar Hubungan Antara Persentase Rejeksi COD dan Waktu Operasi Membran Pada Berbagai Tekanan

4.7.2. Analisa Kesamaan Variansi

Analisa kesamaan variansi dilakukan agar kehomogenan nilai data antar peubah acak dapat dipastikan hampir sama atau dapat dikatakan bahwa data mengikuti distribusi normal sehingga layak untuk diamati kesamaan perilaku antar peubah acak (Soleh, 2005). Hasil uji kesamaan variansi dapat dilihat pada tabel 4.27.

Tabel 4.27 Hasil Uji kesamaan Variansi Analisa COD Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Test of Homogeneity of Variances			
COD			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.050	11	24	.069

Hipotesis hasil uji kesamaan variansi:

- H_0 = Ke-12 variansi perlakuan adalah identik
- H_1 = Ke-12 variansi perlakuan adalah tidak identik

Dengan pengambilan keputusan:

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

Keputusan :

Terlihat bahwa pada tabel 4.27 nilai probabilitas untuk rejeksi COD adalah 0,069 oleh karena probabilitas rejeksi COD > 0,05, maka H_0 diterima atau ke-12 varians populasi adalah sama. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi normal dan asumsi kesamaan variansi perlakuan untuk uji ANOVA sudah terpenuhi.

4.7.3. Analisa Varian (ANOVA)

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan terhadap nilai rejeksi COD, maka dilakukan uji analisa dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor.

Setelah ke-12 varians perlakuan terbukti identik, baru dilakukan uji ANOVA untuk menguji apakah ke-12 perlakuan mempunyai rata-rata (*mean*) yang sama. Sebagai indikator adalah jika nilai ke-12 perlakuan sama atau identik, maka variabel tekanan dan waktu dapat dikatakan tidak mepengaruhi nilai rejeksi. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.28

Tabel 4.28 Hasil Uji ANOVA Analisa COD Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Two-way ANOVA: %Rejeksi COD versus Tekanan, Waktu					
Source	DF	SS	MS	F	P
Tekanan	1	7445.4	7445.39	31166743.93	0.000
Waktu	5	9308.0	1861.60	7792756.42	0.000
Interaction	5	3588.4	717.69	3004281.86	0.000
Error	24	0.0	0.00		
Total	35	20341.9			

Hipotesis hasil uji ANOVA:

- H_0 = Ke-12 variansi perlakuan adalah identik
- H_1 = Ke-12 variansi 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:

Terlihat bahwa F hitung dari output untuk tekanan dan waktu berturut-turut adalah 31166743,93 dan 7792756,42. Jika dilihat F hitung pada tabel F adalah 4,26 dan 2,62 dengan α toleransi 5% atau 0,05. 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-12 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik.

Berdasarkan hasil uji Duncan (lampiran 4) dapat diketahui bahwa persentase rejeksi COD terbesar terjadi pada variasi tekanan 4 bar menit ke-60 dan persentase rejeksi COD terkecil terjadi pada tekanan 3 bar menit ke 10, maka kesimpulannya adalah bahwa nilai rata-rata ke-12 perlakuan dipengaruhi oleh nilai variasi tekanan dan waktu.

4.7.4. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui tingkat kekuatan hubungan antara variabel terikat (Persentase rejeksi COD) dengan variabel bebas (tekanan dan waktu operasi), maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat diketahui pada tabel 4.29

Tabel 4.29. Korelasi Antara Persentase Rejeksi COD Dengan Tekanan dan Waktu Operasi Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Correlations: %Rejeksi COD, Tekanan, Waktu		
	%Rejeksi COD	Tekanan
Tekanan	0.605 0.000	
Waktu	0.659 0.000	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Dari tabel 4.29. menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasi yaitu :

- Nilai koefisien korelasi antara tekanan dengan persentase rejeksi COD adalah 0,605. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kedua variabel sedang karena berada diantara 0,4 dengan 0,7 (*Achmad Z. S, 2005*). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi positif, yang berarti semakin meningkat tekanannya maka persentase rejeksi COD yang dihasilkan meningkat pula. Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis :

Hipotesis hasil uji korelasi :

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

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.29 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) adalah 0,000. 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 (signifikan). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah 60,5% peningkatan persentase rejeksi COD dipengaruhi oleh variasi tekanan.

- Nilai koefisien korelasi antara waktu operasi dengan persentase rejeksi COD adalah 0,659. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kedua variabel sedang karena berada diantara 0,4 dengan 0,7 (*Soleh, 2005*). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti semakin lama waktu operasinya maka nilai persentase rejeksi COD juga semakin besar. Agar lebih meyakinkan perlu dilakukan uji hipotesis :

Hipotesis hasil uji korelasi :

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

Dasar pengambil keputusan :

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

- Jika probabilitas < 0,05, H₀ ditolak.

Keputusan :

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.29 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) adalah 0,000. Karena nilai P lebih kecil dari α ($\alpha=0,05$), maka H₀ ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H₁) yang menyatakan ada korelasi antara dua variabel (signifikan). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah 65,9% peningkatan persentase rejeksi COD dipengaruhi oleh variasi waktu operasi membran.

4.7.5. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketetapan dan signifikasi prediksi dari hubungan/korelasi data. Taksiran parameter model yang digunakan adalah regresi berganda, karena memiliki lebih dari satu variabel bebas.

a. Uji multikolinear

Multikolinear adalah kejadian adanya korelasi kuat antara variabel bebas. Jika antarvariabel bebas berkorelasi, maka taksiran parameter model tidak tepat. Untuk mengindentifikasi adanya multikolinear maka digunakan (*Variance Inflation Factor* (VIF). Apabila $VIF > 5$, berarti ada korelasi antarvariabel bebas sehingga ada ketidaksesuaian model (*Iriawan dan Astuti, 2006 dalam Taufikurrahman, 2006*). Pada tabel 4.30 dapat diketahui bahwa nilai VIF untuk variabel tekanan dan waktu operasi berturut-turut adalah 1,0 dan 1,0, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada multikolinear dan taksiran model regresi berganda yang digunakan tepat.

Tabel 4.30. Hasil Uji Parameter Model Regresi Persentase Rejeksi COD Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	65.30	13.60	4.80	0.000	
Tekanan	28.762	3.695	7.78	0.000	1.0
Waktu	0.9176	0.1082	8.48	0.000	1.0

S = 11.0846 R-Sq = 80.1% R-Sq(adj) = 78.9%

b. Uji kecukupan model

Model regresi yang telah ditentukan perlu di uji mengenai model yang dibentuk dari data variasi tekanan dan waktu operasi dengan persentase rejeksi COD. Suatu model regresi dikatakan sudah mewakili data apabila P-value model regresi dalam ANOVA tidak melebihi level toleransi (α) yang telah ditetapkan (*Iriawan dan Astuti, 2006 dalam Taufikurrahman, 2006*). Level toleransi yang digunakan 5 % atau 0,05.

Tabel 4.31. Hasil Uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Rejeksi COD Pada Proses Filtrasi dengan Membran

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	16287.2	8143.6	66.28	0.000
Residual Error	33	4054.7	122.9		
Lack of Fit	9	4054.7	450.5	1885884.80	0.000
Pure Error	24	0.0	0.0		
-	-	-	-	-	-

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Konstanta, X_1 dan X_2 bernilai 0 (nol).
- H_1 = Konstanta, X_1 dan X_2 tidak bernilai 0 (nol).

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisis ANOVA pada tabel 4.31 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) 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 adalah model regresi yang dibuat telah mewakili data.

c. Persamaan Regresi

$$Y = -65,3 + 28,8X_1 + 0,918X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Rejeksi COD

X_1 = Variasi Tekanan (Bar)

X_2 = Waktu (Menit)

Interpretasi dari persamaan diatas :

- Nilai konstanta sebesar 65,3 menyatakan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada di atas nilai nol (positif), jika tidak pengaruh variabel tekanan dan waktu operasi, maka tidak terjadi proses dan tidak terjadi persentase rejeksi COD. Sehingga jika Tekanan (X_1) = 3 bar dan Waktu operasi (X_2) = 10 menit maka $Y = 30,28 \%$
- Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih datar. Menurut hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa koefisien regresi 28,8 untuk variabel X_1 (variasi tekanan) menyatakan bahwa setiap penambahan tekanan 1 bar akan meningkatkan presentase rejeksi sebesar 28,8 kali. Sedangkan koefisien regresi 0,918 untuk variabel X_2 (waktu operasi) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu operasi 10 menit akan menambahkan persentase rejeksi COD sebesar 0,918 kali dengan tingkat keakuratan dilihat dari nilai R square (R^2) = 80,1 %.

d. Uji Persamaan Regresi

Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah persamaan yang terbentuk bisa digunakan atau tidak.

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Parameter X_1 dan X_2 bernilai 0 (nol).
- H_1 = Parameter X_1 dan X_2 tidak bernilai 0 (nol) atau minimal 1 parameter model yang tidak bernilai nol (nol).

Dasar pengambil keputusan :

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

Keputusan :

Hasil analisa pada tabel 4.30 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas (P) untuk konstanta, tekanan dan waktu 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, kesimpulannya adalah salah satu parameter model regresi

secara statistik tidak bernilai nol. Artinya, model persamaan regresi $Y = 65,3 + 28,8X_1 + 0,918X_2$ bisa digunakan.

e. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

Hipotesis hasil uji regresi :

- H_0 = Koefisien regresi tidak signifikan.
- H_1 = koefisien regresi signifikan

Dasar pengambil keputusan :

- Jika $t \text{ hitung} < \text{nilai } t \text{ tabel}$, maka H_0 diterima.
- Jika $t \text{ hitung} > \text{nilai } t \text{ tabel}$, maka H_0 ditolak.

Keputusan :

Berdasarkan statistik t tabel untuk $t_{(0,05, 33)}$ nilainya adalah 1,692, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.30 adalah 4,80 (konstanta), 7,78 (tekanan) dan 8,48 (waktu operasi). Disini nilai t hitung untuk konstanta lebih kecil dari t tabel sedangkan nilai t hitung untuk tekanan dan waktu operasi semuanya lebih besar dari t tabel. Kesimpulannya adalah variabel tekanan dan waktu operasi memiliki pengaruh terhadap persentase rejeksi COD.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai $R \text{ square}$ (R^2) sebesar 80,1%. Hal ini berarti 80,1% nilai rejeksi COD dipengaruhi oleh variabel tekanan dan waktu operasi. Sedangkan sisanya 19,9% disebabkan oleh variabel lain yang tidak masuk ke dalam model.

4.7.6. Pembahasan Konsentrasi COD Pada Proses Filtrasi Menggunakan Membran Mikrofiltrasi

Pada tabel 4.6 dan gambar 4.10 dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya tekanan dan waktu operasi yang semakin lama maka persentase rejeksi (%R) COD semakin meningkat pula. Hal ini ditunjukkan dengan persentase rejeksi COD terbesar terjadi pada tekanan 4 bar, menit ke-60 yaitu 94,76% dan persentase rejeksi terkecil terjadi pada tekanan 3 bar, menit ke-10 yaitu 22,98%.

Berdasarkan tabel 4.29 dapat diketahui pengaruh tekanan dan waktu operasi terhadap persentase rejeksi COD, dimana semakin meningkatnya tekanan dan lamanya waktu operasi akan meningkatkan persentase rejeksi. Pengaruh

tekanan operasi terhadap persentase rejeksi COD dapat diketahui pada nilai koefisien korelasi positif sebesar 0,605 artinya kekuatan hubungan kedua variabel sedang (Soleh, 2005). Untuk hubungan waktu operasi dan persentase rejeksi COD dapat dilihat pada nilai koefisien korelasi positif sebesar 0,659 artinya kekuatan hubungan kedua variabel sedang (Soleh, 2005).

Untuk memprediksi persentase rejeksi konsentrasi COD berdasarkan variasi tekanan dan lamanya waktu operasi, dapat menggunakan persamaan regresi. Hasil analisa regresi menunjukkan bahwa 80,1% nilai persentase rejeksi konsentrasi COD dipengaruhi oleh variabel tekanan dan waktu operasi. Sisanya 19,9% bisa dipengaruhi oleh pembentukan presipitat dan deposisi partikel.

Tingginya nilai COD pada air sungai disebabkan banyak zat-zat organik seperti minyak dan surfaktan yang terkandung dalam air sungai dimana zat-zat organik ini merupakan *solute*. Jika minyak dan surfaktan bergabung dengan aluminium yang juga terdapat dalam air umpan (air sungai) dapat menyebabkan konsentrasi kation meningkat sehingga terjadi mobilisasi ionik. Proses tersebut diikuti dengan terjadinya netralisasi muatan akibat energi kationik yang menyerang gugus hidrofobik sehingga surfaktan dan minyak terlepas, akibat ionisasi polimer dapat terbentuk aluminium hidroksida dalam bentuk presipitat sehingga dapat tersaring oleh membran (Suprihanto, 2004).

Zat-zat organik pada larutan umpan merupakan *solute* yang dapat bercampur selama waktu operasi, *solute* dengan berat molekul tinggi dapat ditangkap oleh membran sehingga terjadi deposisi partikel yang akan membentuk *cake layer* dimana secara tidak langsung memberikan efek penyaringan bagi umpan yang melewati membran, sehingga sejalan lamanya waktu kualitas persentase rejeksi COD meningkat karena konsentrasi COD menurun.

Walaupun telah melakukan *pretreatment*, ternyata masih ada material organik yang lolos dari pori-pori membran. Hal ini disebabkan material yang lebih kecil dari 0,2 μ m pada saat filtrasi lolos dari pori-pori membran dan menyebabkan adanya konsentrasi COD pada permeat. Material yang lolos tersebut merupakan jenis zat-zat organik yang terdapat dalam air sungai dengan range dimensi 0,3-0,8 nm (Mulder, 1996). Namun tidak seluruhnya molekul

organik yang lolos dari pori-pori membran, karena molekul organik atau ion-ion organik sudah tertahan pada *cake layer* dan pori-pori membran.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Teknologi membran mikrofiltrasi dengan metode aliran *crossflow* dengan *pretreatment Roughing Filter Aliran Horizontal* mampu menurunkan tingkat kekeruhan, kandungan Fosfat dan COD dari air sungai. Persentase rejeksi dari masing-masing parameter tersebut adalah sebagai berikut:
 - a. Kekeruhan sebesar 70,64%-100%
 - b. Fosfat sebesar 15,24%-71,42% dan
 - c. COD sebesar 22,98%-94,76%
2. Tekanan dan waktu operasi mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap nilai fluks dan persentase rejeksi yaitu :
 - Semakin meningkatnya tekanan dan semakin lamanya waktu operasi akan meningkatkan persentase rejeksi dari tingkat kekeruhan, kandungan fosfat dan COD.
 - Semakin meningkatnya tekanan maka nilai fluks akan semakin meningkat pula, namun waktu operasi yang semakin lama akan menurunkan nilai fluks

5.2. Saran

Untuk lebih menyempurnakan penelitian masih perlu dilakukan mengenai :

1. Pengoperasian membran dengan variasi waktu operasi yang lebih lama dari 1 jam.
2. Penambahan variasi tekanan pada operasi membran
3. Menggunakan jenis *pretreatment* yang berbeda dan membran yang berbeda
4. Menggunakan pengolahan lanjutan setelah proses filtrasi dengan membran
5. Mencoba *backwash* pada membran.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G, Santika Sumestri Sri, 1987. *Metoda Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Citrasari.S.Vina, 2004, *Penurunan Warna Reaktif Dengan Pengolahan Kombinasi PAC dan Membran Mikrofiltrasi*. Laporan Tugas Akhir, Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Haryati, 2003. *Biomembran*, <http://digitized.byusu/mtbfact.htm> , diakses tanggal 7 September 2007
- Jayalath, J.M.J.C and Padmasiri, J.P, 1996. *Gravity Roughing Filter For Pretreatment*. <http://www.epa.gov/owminet/mtbfact.htm>, diakses tanggal 27 September 2006.
- Mulder, M, 1996. *Basic Principle of Membrane Technology*, 2nd edition, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Nasrul, I. W.Hari S. Bagyo Irwan. 2002. *Uji Kemampuan Membran Selulosa Asetat Sebagai Media Filter (Mikrofiltrasi) Terhadap Penyisihan Bakteri Eschericia Coli Pada Proses Pemurnian Air*, Tesis Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya (tidak diterbitkan)
- Nassa Arfiantinosa, 2004. *Aplikasi Membran Ultrafiltrasi Pada Pengolahan Air Minum*, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya (tidak diterbitkan)
- Puspasari Ni Juli, 2005, *Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil untuk Proses Penurunan Warna Dan Kandungan Organik Dengan Koagulan Khitosan dari Limbah Perikanan*, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, (tidak diterbitkan)
- Putra, I Kadek Ardi, 2006. *Pemakaian Cangkang Kerang Dan Batu Apung Sebagai Media Pada Roughing Filter Aliran Horizontal Dalam Menurunkan Kadar COD, Kekeruhan Dan Kesadahan Pada Air Sungai*, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, (tidak diterbitkan)
- Reynold Tom D, 1981. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, Monterey, California
- Soleh Zanbar Ahmad, 2005, *Ilmu Statistik: Pendekatan Teoritis dan Aplikasi disertai contoh penggunaan SPSS*, Bandung, Rekayasa Teknik
- Suantari, Ni Made, 2004. *Uji Kemampuan Roughing Filter Aliran Horizontal Terhadap Penurunan Kekeruhan Kadar Sulfur (S), Besi (Fe) Dan Kekeruhan Pada Air Panas*, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, (tidak diterbitkan).

- Sudjana, 2002. *Metoda Statistik*, Tarsito, Bandung
- Sugiharto, 1987 *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Universitas Indonesia Press, Jakarta
- Sugiyono, Wibowo Eri, 2006. *Statistik Untuk Penelitian dan Aplikasinya dengan SPSS ver 10.0 for windows*, Alfabet, Bandung
- Suprihanto, et al, 2004 *Efek Pretreatment Terhadap Pembentukan Lapisan Cake dan Struktur Membrane pada Membran Ultrafiltrasi Aliran Cross-flow dalam Pengolahan Limbah Cair Emulsi Minyak*, <http://proc.itb.sains.tek/v.36/htm>., diakses tanggal 18 September, 2007
- Sutrisno, C, Totok, 2002, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Arie D Syafei, 2004, *Studi Pengaruh Trans Membrane Pressure Dan Sistem Pengaliran Terhadap Fluks Pada Membran Ultrafiltrasi*, Laporan Tugas Akhir, Teknik Lingkungan ITS, Surabaya (tidak diterbitkan).
- Taufikurrahman, 2006, *Penurunan TSS, Warna Dan COD Pada Air Limbah Laundry Menggunakan Membran Mikrofiltrasi (MF) Dengan Pretreatment Koagulasi-Flokulasi Sedimentasi*, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, (tidak diterbitkan).
- Wenten, I.G. 1999. *Teknologi Membran Industri*, Institut Sepuluh November, Surabaya.
- Wenten, I.G. 2003 *Aplikasi Teknologi membran Dalam Pengolahan Air Dan Air Buangan*, Perkembangan Dan Aplikasi Teknologi Lingkungan Dalam Menghadapi Era Global, Institut Sepuluh November, Surabaya.
- Widhiarta, Ketut, Putra, 2006, *Penggunaan Membran Mikrofiltrasi (MF) Dalam Menurunkan Kekeruhan, Nitrat Dan Bakteri E. Coli Pada Air Sungai Dengan Pretreatment Roughing Filter Aliran Upflow*, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, (tidak diterbitkan).
- W Wesley Eckenfelder, Jr, 2000, *Industrial Water Pollution Control 3rd*, McGraw-Hill International Edition
- Yusuf N S, 2004,. *Pengaruh Suhu Feed Dan Waktu Pamakaian Membran Cellulosa Asetat Terhadap Persentase Rejeksi Ion Klorida, Fluks Membran dan Konstanta Permeabilitas Solute Pada Proses Desalinasi dengan Reverse Osmosis*, Laporan Penelitian, Teknik Lingkungan ITS, Surabaya (tidak diterbitkan).

LAMPIRAN

Gambar alat

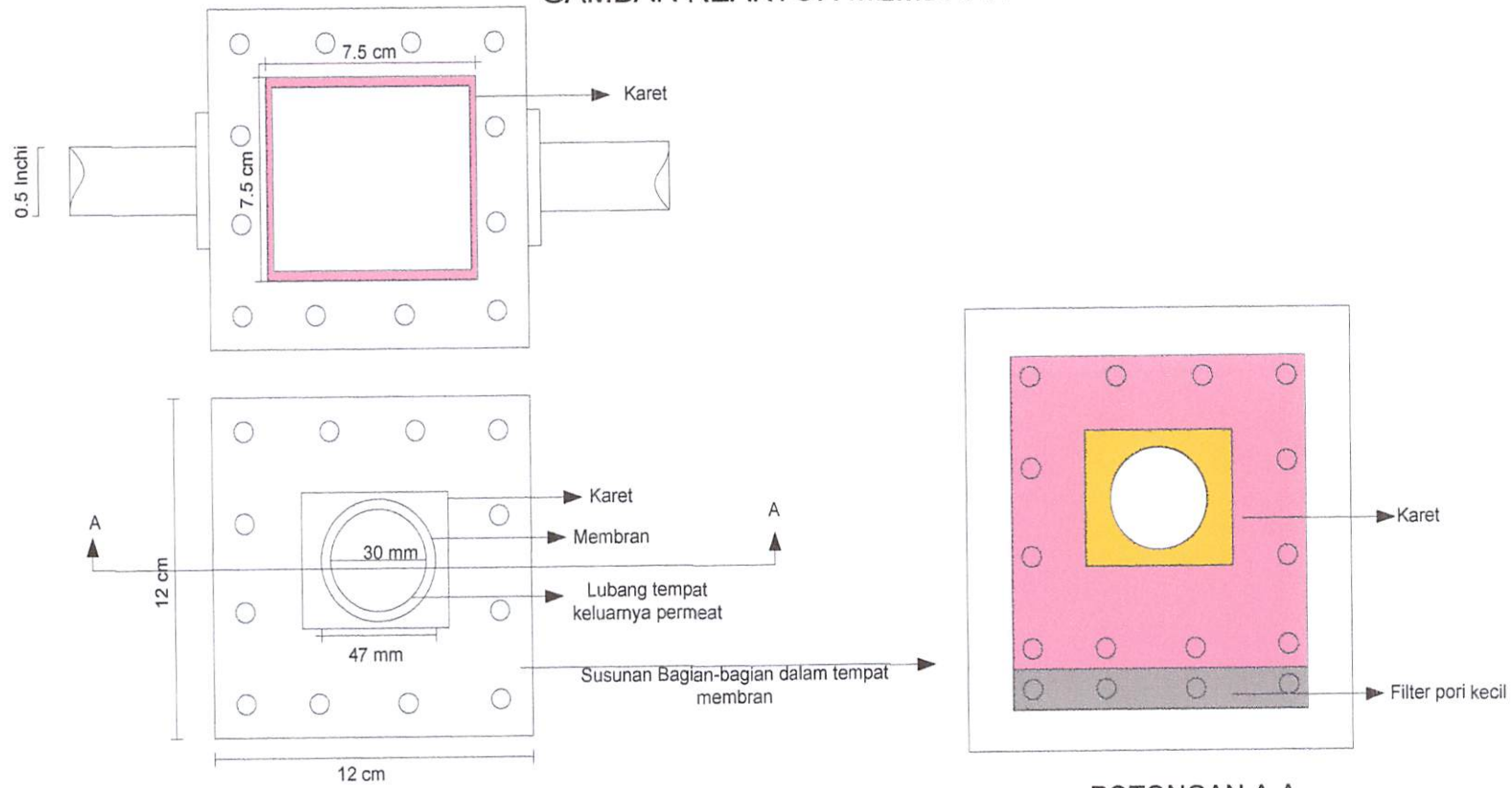
Lampiran 1



KETERANGAN :

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| 1. Bak Penampung Air | 9. <i>Preassure Gauge</i> |
| 2. Pompa | 10. Flow Meter |
| 3. Bak Pengatur Debit | 11. Pompa |
| 4. Valve | 12. Reaktor Membran |
| 5. Roughing Filter Aliran Horizontal | 13. Pipa Resirkulasi |
| 6. Bak penampung Influent/Bak Umpan | 14. <i>Preassure Gauge</i> |
| 7. Pompa | 15. Pipa Permeat/Effluent |
| 8. Valve | |

GAMBAR REAKTOR MEMBRAN



POTONGAN A-A

Cara Kerja Analisa Parameter

Lampiran 2

Pemeriksaan Kekeruhan

1. Metode

Nephelometri

2. Prinsip

Membandingkan intensitas cahaya yang melalui sample dengan intensitas cahaya yang melalui suspensi baku pembanding dalam kondisi yang sama. Makin tinggi intensitas cahaya yang melaluinya maka makin tinggi kekeruhannya.

3. Pembuatan reagen kimia penunjang Analisa kekeruhan

➤ Stock Standar Formazin untuk 400 NTU terdiri dari larutan I dan II

Cara Pembuatannya :

- Larutan I

Larutkan 1 gram Hidrazin Sulfat $(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{SO}_4$ di dalam air suling dan encerkan menjadi 100 ml dalam labu ukur.

- Larutan II

Larutkan 10 gram Heksa Methylenetetramine $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ di dalam air suling dan encerkan menjadi 100 ml dalam labu ukur

- Campurkan 5 mL larutan I dan 5 mL larutan II dalam labu ukur 100 mL, biarkan 24 jam pada suhu $\pm 3^\circ\text{C}$, kemudian encerkan dengan air suling sampai tanda.

➤ Stock Standar Formazin untuk 5 NTU

- Pipet 1,25 mL stok standar Formazin 400 NTU, masukkan pada labu ukur 400 mL kemudian encerkan dengan air suling sampai tanda

4. Pelaksanaan pengujian

- Disiapkan alat turbidimeter sesuai dengan petunjuk dan ikuti petunjuk pengoperasian alat

- Kocok contoh uji air sampel sampai homogen kemudian masukkan contoh uji air dalam cell turbidimeter dengan batas sampai leher cell, kemudian tutup

dan baca pada turbidimeter tepat pada garis dengan marker (.) disetiap pembacaan

- *Catat hasil pembacaan pada turbidimeter dengan satuan NTU*

Analisa COD dengan metode Refluks Tertutup

1. Metode

Closed refluks

2. Prinsip

Senyawa organik dioksidasi oleh Kalium Dokromat dan Asam Sulfat pada kondisi mendidih dengan katalis perak sulfat, warna kuning yang terbentuk dari ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ sampai dengan warna hijau yang terbentuk dari Cr^{3+} sebanding dengan oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik dan digunakan sebagai pengukurna pada spektrofotometer

3. Pembuatan larutan untuk analisa COD

➤ Pembuatan larutan induk COD

Timbang ± 425 mg Kalium Hidrogen Ptalat yang telah dipanaskan pada temperatur $\pm 110^\circ\text{C}$ larutkan ke dalam labu ukur 1000 mL dengan air suling sampai tepat pada batas tanda, kocok.

➤ Pembuatan larutan standar COD

- Pipet 50 mL larutan induk kedalam labu ukur 250 mL*
- Tambahkan air suling sampai tepat tanda batas sehingga diperoleh larutan standar 100 mg/L*
- Pipet 2,5; 5; 10; ...; 87,5 larutan standar COD dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL.*
- Tambahkan air suling sampai tepat tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi COD 2,5; 5; 10; ...; 87,5 mg O_2 /L*

4. Pembuatan Kurva kalibrasi larutan standar

- Pipet 2,5 larutan standar COD ke dalam tabung COD tambahkan larutan campuran 1,5 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-HgSO}_4 \pm 0,02$ N dan tambahkan 3,5 ml $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-Ag}_2\text{SO}_4$, tutup tabung dan kocok.*
- Lakukan pula untuk blanko dengan memipet 2,5 mL air suling, 1,5 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-HgSO}_4 \pm 0,02$ N dan tambahkan 3,5 ml $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-Ag}_2\text{SO}_4$*

- Masukkan ke dalam reaktor COD yang sebelumnya sudah dipanaskan pada temperatur $\pm 150^{\circ}\text{C}$ (10-20 menit)
- Tunggu hingga ± 2 jam
- Dinginkan pada suhu kamar
- Ukur konsentrasi dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 444 nm
- Persyaratan kalibrasi mengacu prosedur metode analisa, verifikasi dan validasi metode

5. Pelaksanaan analisa contoh uji

- Lakukan analisa contoh uji air dengan segera, kocok dengan kuat terutama yang mengandung suspensi tinggi.
- Pipet contoh uji air sebanyak 2,5 mL, masukkan dalam tabung mikro COD, tambahkan 1,5 mL larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-HgSO}_4 \pm 0,02 \text{ N}$ dan tambahkan 3,5 ml $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-Ag}_2\text{SO}_4$, tutup tabung dan kocok.
- Panaskan pada reaktor COD $\pm 150^{\circ}\text{C}$ dan tunggu hingga ± 2 jam
- Dinginkan sampai suhu kamar, ukur konsentrasinya pada panjang gelombang 444 nm.
- Untuk blanko sesuai prosedur masing-masing dengan menggunakan air suling

6. Perhitungan

Bila konsentrasi tinggi maka dilakukan pengenceran

$$C = A \times F$$

Dimana :

C = konsentrasi COD (mg/L)

A = konsentrasi hasil pengukuran

P = Faktor pengenceran

Pemeriksaan Fosfat

1. Metode

Asam Askorbat

2. Prinsip

Amonium molibdat dan larutan kalium antimol tartrat bereaksi dalam suasana asam dengan orthofosfat dan membentuk asam hiterpoli phospat molibdat yang kemudian diubah menjadi persentawaan molybdenum yang berwarna biru oleh asam askorbat.

3. Pembuatan larutan Penunjang

- *Larutan H_2SO_4 5 N*

70 mL H_2SO_4 pekat dilarutkan dalam gelas ukur yang sudah berisi air suling 250 mL, lalu ditambahkan air suling sampai 500 mL

- *Larutan Kalium antimol tartrat*

1,3715 gr $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 0,5H_2O$ dilarutkan dengan air suling 100 mL, kemudian dimasukkan dalam labu ukur 500 mL dan tambahkan air suling sampai tanda batas.

- *Larutan ammonium Molibdat*

Larutkan 20 gr $(NH_4)_6MO_7 \cdot 4H_2O$ dalam 500 ML air suling, simpan dalam botol plastik pada lemari es

- *Larutan asam askorbat 0,1 M*

Larutkan 1,76 gr asam askorbat dalam 100 mL air suling (larutan ini stabil untuk kurun waktu 1 minggu pada lemari es)

- *Larutan campuran*

Larutan campuran pereaksi sebanyak 100 mL

Dengan perbandingan sebagai berikut :

- *50 mL H_2SO_4 5 N (10 bagian)*
- *5 mL kalium antimol tartrat (1 bagian)*

- 15 mL larutan ammonium molibdat (3 bagian)
- 30 mL larutan asam askorbat (6 bagian)

Pencampuran harus berurutan seperti diatas, yereaksi hanya stabil 4 jam

- Larutan standart phospat 500 mg/L

Larutkan 2,195 gr kalium dihidrogen phosphate (KH_2PO_4) dalam air suling; encerkan menjadi 1 liter (1 mL larutan setara dengan 0,5 mg/ PO_4 /L)

4. Pembuatan larutan baku Phospat dan kurva kalibrasi

- Pipet secara seri standar dari larutan standart phospat 10 mg/L pada labu ukur 10 mL dengan konsentrasi mengacu pada tabel pembuatan larutan standar phospat
- Kemudian tambahkan air suling sampai tanda batas
- Gunakan 10 mL air suling masukkan ke dalam labu ukur 10 mL sebagai blanko
- Tambahkan pada labu ukur larutan standar dan blanko 1,6 mL larutan campurkan dan aduk
- Masukkan larutan ke dalam kuvet (10mm), baca dan catat serapan pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 880 nm dalam kisaran waktu 10-30 menit.
- Buat kurva kalibrasi dan tentukan persamaan garis lurus dan regresi

5. Persiapan contoh uji

- Saring contoh uji air dengan membrane 0,45 μm
- Pipet contoh uji air (filtrate) sebanyak 10 mL secara duplo dan masukkan ke dalam labu ukur 10 mL
- Contoh uji siap dianalisa

6. Cara analisa

- Tambahkan 1 tetes inikator fenolftalin ke dalam contoh uji, jika timbal warna merah, teteskan H_2SO_4 5N tetes demi tetes sampai warna hilang.
- Gunakan 10 mL air suling masukkan ke dalam labu ukur 10 mL sebagai blanko

- Tambahkan pada labu ukur larutan standar, contoh uji dan blanko 1,6 mL larutan campuran ke dalam contoh uji yang siap dan aduk
- Masukkan ke dalam kuvet (10mm), ukur konsentrasinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm
- Apabila hasil duplo lebih besar dari 3% periksa alat dan ulangi pekerjaan mulai langkah no 1 s/d 4, apabila serapan masuk lebih kecil atau sama dengan 3% rata-ratakan hasilnya
- Apabila contoh uji berwarna atau keruh, dilakukan pengujian seperti langkah no 1 s/d 4 dengan penambahan larutan campuran tanpa asam askorbat dan kalium antimonit tartrat, hal ini digunakan sebagai koreksi
- Setiap analisa contoh uji air dilakukan analisa duplo salah satu contoh uji air, untuk pembacaan maksimal 10 contoh uji air harus dilakukan pembacaan 1 cek standar yang telah diketahui konsentrasinya

7. Perhitungan

- Mengacu ke prosedur metode analisa, kalibrasi dan validasi metode No Dok QP/LKA/15
- Hitung konsentrasi fosfat dengan kurva kalibrasi dengan persamaan garis lurus
- Selisih konsentrasi pengukuran maksimum adalah 3% dan hasil dibuat rata-rata.
- Untuk benda uji air yang berwarna, kadar fosfat dapat dihitung sebagai berikut :

Hitung serapan masuknya :

$$\text{Serapan masuk} = A - B$$

Dimana :

A = serapan masuk benda uji air yang ditambahkan larutan campuran

B = serapan masuk benda uji air ditambahkan larutan campuran yang tidak mengandung larutan asam askorbat dan kalium antimonit tartrat.

Lampiran 3

Data Hasil Analisa Parameter Uji

Tekanan	Waktu kerja (Menit)	Volume (liter)			Luas Membran (m ²)	Waktu (Jam)	Fluks			Rata-rata
		I	II	III			I	II	III	
3	10	1.05	1.06	1.05	0.0007065	0.16667	8917.019	8984.958	8891.542	8931.17
	20	0.77	0.77	0.76	0.0007065	0.16667	6500.254	6556.269	6480.254	6512.26
	30	0.48	0.48	0.49	0.0007065	0.16667	4057.264	4091.233	4184.650	4111.05
	40	0.39	0.39	0.39	0.0007065	0.16667	3292.948	3309.933	3326.917	3309.93
	50	0.24	0.25	0.25	0.0007065	0.16667	2038.176	2114.607	2089.130	2080.64
	60	0.21	0.21	0.22	0.0007065	0.16667	1810.790	1810.790	1893.805	1838.46
4	10	1.42	1.41	1.42	0.0007065	0.16667	12100.000	11989.721	12060.244	12049.988
	20	1.07	1.06	1.07	0.0007065	0.16667	9100.032	8989.752	9120.001	9069.928
	30	0.85	0.86	0.85	0.0007065	0.16667	7200.987	7289.972	7236.297	7242.419
	40	0.79	0.78	0.78	0.0007065	0.16667	6670.334	6630.400	6600.334	6633.689
	50	0.61	0.61	0.61	0.0007065	0.16667	5165.562	5191.039	5182.547	5179.716
	60	0.47	0.47	0.47	0.0007065	0.16667	4012.699	4029.683	4012.699	4018.360

Keterangan :

❖ Perhitungan luas membran :

Diameter (d) membran = 3 cm = 0,03 m

Luas membran = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,03\text{m})^2 = 0,0007065 \text{ m}^2$

❖ Waktu pengambilan sampel : setiap 10 menit atau 0,16667 jam

❖ Rumus perhitungan fluks :

$$\text{Fluks} = \frac{\text{Volume}}{\text{Luas membran} \times \text{waktu pengambilan sampel}}$$

Hasil Analisa Uji Kekerusuhan

Tekanan	Waktu Kerja	Konsentrasi Kekerusuhan (NTU)			Rata-rata
		I	II	III	
3	10	18.8	18.9	18.8	18.8
	20	11.7	11.6	11.7	11.7
	30	5.3	5.1	5.3	5.2
	40	3.9	3.9	3.9	3.9
	50	3.4	3.3	3.3	3.3
	60	2.7	2.8	2.8	2.8
4	10	4.9	4.8	4.9	4.9
	20	4.4	4.5	4.4	4.4
	30	2.9	2.8	3	2.9
	40	1.4	1.4	1.3	1.4
	50	0.7	0.6	0.5	0.6
	60	0	0	0	0.0

Hasil Uji Analisa Fosfat

Tekanan	Waktu Kerja	Konsentrasi Fosfat (mg/L)			Rata-rata
		I	II	III	
3	10	0.553	0.553	0.552	0.553
	20	0.489	0.488	0.488	0.488
	30	0.464	0.465	0.465	0.465
	40	0.456	0.456	0.455	0.456
	50	0.440	0.441	0.441	0.441
	60	0.421	0.422	0.421	0.421
4	10	0.398	0.397	0.398	0.398
	20	0.374	0.375	0.375	0.375
	30	0.360	0.361	0.361	0.361
	40	0.308	0.308	0.307	0.308
	50	0.214	0.215	0.216	0.215
	60	0.186	0.187	0.186	0.186

Hasil Uji Analisis COD

Tekanan	Waktu Kerja	Konsentrasi COD (mg/L)			Rata-rata
		I	II	III	
3	10	32.89	32.88	32.89	32.89
	20	30.15	30.16	30.15	30.15
	30	27.91	27.92	27.91	27.91
	40	16.22	16.22	16.24	16.23
	50	10.12	10.13	10.13	10.13
	60	2.84	2.85	2.85	2.85
4	10	10.45	10.46	10.47	10.46
	20	10	10	10	10.00
	30	9.24	9.23	9.23	9.23
	40	7.78	7.77	7.77	7.77
	50	6.76	6.75	6.76	6.76
	60	2.23	2.24	2.24	2.24

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



RTA I

Nomor : 494 S/LKA MLG/XII/06

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 73/AJ/XII/2006/ 99

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

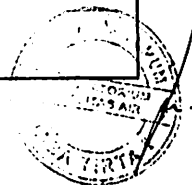
Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 13 s/d 23 Desember 2006

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1	Kekeruhan	NTU	118,6	QI/LKA11 (Elektrometri)	-
2	COD	mg/L	62,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	Phospat Total	mg/L	0,704	SNI 06 2483 - 1991	-



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

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

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

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

LABORATORIUM KUALITAS AIR

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

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

E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id



Nomor : 038 S/LKA MLG/II/07

Contoh Uji : Ext. 01 - 06/AJ/XII/2007/09 - 15
Code

Pengambilan Contoh Uji : -
ng Method

t Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
of Analysis

al Analisa : 01 Pebruari - 02 Pebruari 2007
; Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Kode Sampel 4.60.1				
Kekeruhan	NTU	tt*)	QI/LKA11 (Elektrometri)	MDL = 0,1
COD	mg/L	2,23	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,186	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 4.60.2				
Kekeruhan	NTU	tt*)	QI/LKA11 (Elektrometri)	MDL = 0,1
COD	mg/L	2,24	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,187	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 4.60.3				
Kekeruhan	NTU	tt*)	QI/LKA11 (Elektrometri)	MDL = 0,1
COD	mg/L	2,24	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,186	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 4.50.1				
Kekeruhan	NTU	0,7	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	6,76	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,214	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 4.50.2				
Kekeruhan	NTU	0,6	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	6,75	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,215	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 4.50.3				
Kekeruhan	NTU	0,5	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	6,76	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,216	SNI 06 2483 - 1991	



Tidak terdeteksi

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 Jasu Tirta I

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

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 stampped by Water Quallity Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

LABORATORIUM KUALITAS AIR

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

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

E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id



Nomor : 038 S/LKA MLG/II/07

Contoh Uji : Ext. 07 – 13/AJ/XII/2007/16 – 22
Code
Pengambilan Contoh Uji : -
Uji Method
Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Analysis
Analisa : 01 Pebruari – 02 Pebruari 2007
Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Code Sampel 4.40.1				
kekeruhan	NTU	1,4	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	7,78	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,308	SNI 06 2483 - 1991	
Code Sampel 4.40.2				
kekeruhan	NTU	1,4	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	7,77	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,308	SNI 06 2483 - 1991	
Code Sampel 4.40.3				
kekeruhan	NTU	1,3	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	7,77	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,307	SNI 06 2483 - 1991	
Code Sampel 4.30.1				
kekeruhan	NTU	2,9	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	9,24	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,360	SNI 06 2483 - 1991	
Code Sampel 4.30.2				
kekeruhan	NTU	2,8	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	9,23	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,361	SNI 06 2483 - 1991	
Code Sampel 4.30.3				
kekeruhan	NTU	3	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	9,23	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,361	SNI 06 2483 - 1991	
Code Sampel 4.20.1				
kekeruhan	NTU	4,4	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	10	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,374	SNI 06 2483 - 1991	



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

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

LABORATORIUM KUALITAS AIR

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

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

E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id



Nomor : 038 S/LKA MLG/II/07

Contoh Uji : Ext. 14 – 18/AJ/XII/2007/23 – 28
Code

Pengambilan Contoh Uji : -
Menggunakan Method

Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Metode Analisis

Analisa : 01 Pebruari - 02 Pebruari 2007
Tanggal Analisis

HASIL ANALISA Result of Analysis

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
Hasil Sampel 4.20.2				
kekeruhan	NTU	4,5	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	10	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	
kecepatan Total	mg/L	0,375	SNI 06 2483 - 1991	
Hasil Sampel 4.20.3				
kekeruhan	NTU	4,4	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	10	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	
kecepatan Total	mg/L	0,375	SNI 06 2483 - 1991	
Hasil Sampel 4.10.1				
kekeruhan	NTU	4,9	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	10,45	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	
kecepatan Total	mg/L	0,398	SNI 06 2483 - 1991	
Hasil Sampel 4.10.2				
kekeruhan	NTU	4,8	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	10,46	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	
kecepatan Total	mg/L	0,397	SNI 06 2483 - 1991	
Hasil Sampel 4.10.3				
kekeruhan	NTU	4,9	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	10,47	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	
kecepatan Total	mg/L	0,398	SNI 06 2483 - 1991	



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

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

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

LABORATORIUM KUALITAS AIR

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

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

E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id



Nomor : 038 S/LKA MLG/II/07

Contoh Uji : Ext. 19 – 24/AJ/XII/2007/29 – 35
le Code

de Pengambilan Contoh Uji : -
ling Method

at Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
of Analysis

gal Analisa : 01 Pebruari – 02 Pebruari 2007
ng Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
ode Sampel 3.60.1				
ekeruhan	NTU	2,7	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	2,84	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
iospat Total	mg/L	0,421	SNI 06 2483 - 1991	
ode Sampel 3.60.2				
ekeruhan	NTU	2.8	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	2,85	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
iospat Total	mg/L	0,422	SNI 06 2483 - 1991	
ode Sampel 3.60.3				
ekeruhan	NTU	2,8	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	2,85	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
iospat Total	mg/L	0,421	SNI 06 2483 - 1991	
ode Sampel 3.50.1				
ekeruhan	NTU	3,4	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	10,12	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
iospat Total	mg/L	0,440	SNI 06 2483 - 1991	
ode Sampel 3.50.2				
ekeruhan	NTU	3,3	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	10,13	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
iospat Total	mg/L	0,441	SNI 06 2483 - 1991	
ode Sampel 3.50.3				
ekeruhan	NTU	3,3	QI/LKA11 (Elektrometri)	
OD	mg/L	10,13	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
iospat Total	mg/L	0,441	SNI 06 2483 - 1991	



zu 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

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

This Certificate or report is valid after being stampped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

LABORATORIUM KUALITAS AIR

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

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

E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id



Nomor : 038 S/LKA MLG/II/07

Contoh Uji : Ext. 25 – 31/AJ/XII/2007/36– 43
Code :
Pengambilan Contoh Uji : -
Peng Method :
Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
of Analysis :
Analisa : 01 Pebruari – 02 Pebruari 2007
Date(s) :

HASIL ANALISA Result of Analysis

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Kode Sampel 3.40.1				
Kekeruhan	NTU	3,9	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	16,22	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,456	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 3.40.2				
Kekeruhan	NTU	3,9	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	16,22	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,456	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 3.40.3				
Kekeruhan	NTU	3,9	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	16,24	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,455	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 3.30.1				
Kekeruhan	NTU	5,3	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	27,91	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,464	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 3.30.2				
Kekeruhan	NTU	5,1	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	27,92	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,465	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 3.30.3				
Kekeruhan	NTU	5,3	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	27,91	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,465	SNI 06 2483 - 1991	
Kode Sampel 3.20.1				
Kekeruhan	NTU	11,7	QI/LKA11 (Elektrometri)	
COD	mg/L	30,15	QI/LKA/19 (Spektofotometri)	
Phospat Total	mg/L	0,489	SNI 06 2483 - 1991	



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

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

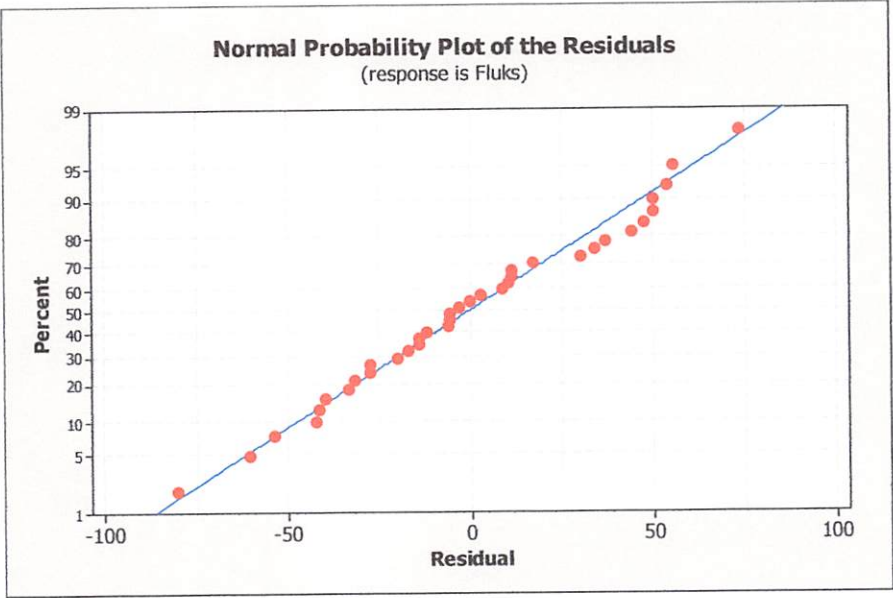
Analisa Statistik

Lampiran 4

Test of Homogeneity of Variances

Fluks

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.842	11	24	.102



Descriptive Statistics: Fluks

Variable	Perlakuan	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median
Fluks	3.10	3	0	8931.2	27.9	48.3	8891.5	8891.5	8917.0
	3.20	3	0	6512.3	22.8	39.4	6480.3	6480.3	6500.3
	3.30	3	0	4111.0	38.1	66.0	4057.3	4057.3	4091.2
	3.40	3	0	3309.9	9.81	17.0	3293.0	3293.0	3309.9
	3.50	3	0	2080.6	22.5	38.9	2038.2	2038.2	2089.1
	3.60	3	0	1838.5	27.7	47.9	1810.8	1810.8	1810.8
	4.10	3	0	12050	32.2	55.9	11990	11990	12060
	4.20	3	0	9069.9	40.5	70.1	8989.8	8989.8	9100.0
	4.30	3	0	7242.4	25.9	44.8	7201.0	7201.0	7236.3
	4.40	3	0	6633.7	20.3	35.1	6600.3	6600.3	6630.4
	4.50	3	0	5179.7	7.49	13.0	5165.6	5165.6	5182.6
	4.60	3	0	4018.4	5.66	9.80	4012.7	4012.7	4012.7

Variable	Perlakuan	Q3	Maximum
Fluks	3.10	8985.0	8985.0
	3.20	6556.3	6556.3
	3.30	4184.7	4184.7
	3.40	3326.9	3326.9
	3.50	2114.6	2114.6
	3.60	1893.8	1893.8
	4.10	12100	12100
	4.20	9120.0	9120.0
	4.30	7290.0	7290.0
	4.40	6670.3	6670.3
	4.50	5191.0	5191.0
	4.60	4029.7	4029.7

Two-way ANOVA: Fluks versus Tekanan, Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Tekanan	1	75781958	75781958	38077.81	0.000
Waktu	5	237252996	47450599	23842.28	0.000
Interaction	5	1434476	286895	144.15	0.000
Error	24	47764	1990		
Total	35	314517195			

S = 44.61 R-Sq = 99.98% R-Sq(adj) = 99.98%

Correlations: Fluks, Tekanan, Waktu

	Fluks	Tekanan
Tekanan	0.491 0.002	
Waktu	-0.842 0.000	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: Fluks versus Tekanan, Waktu

The regression equation is
Fluks = 858 + 2902 Tekanan - 146 Waktu

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	858.5	849.2	1.01	0.319	
Tekanan	2901.8	230.7	12.58	0.000	1.0
Waktu	-145.710	6.754	-21.57	0.000	1.0

S = 692.063 R-Sq = 95.0% R-Sq(adj) = 94.7%

Analysis of Variance

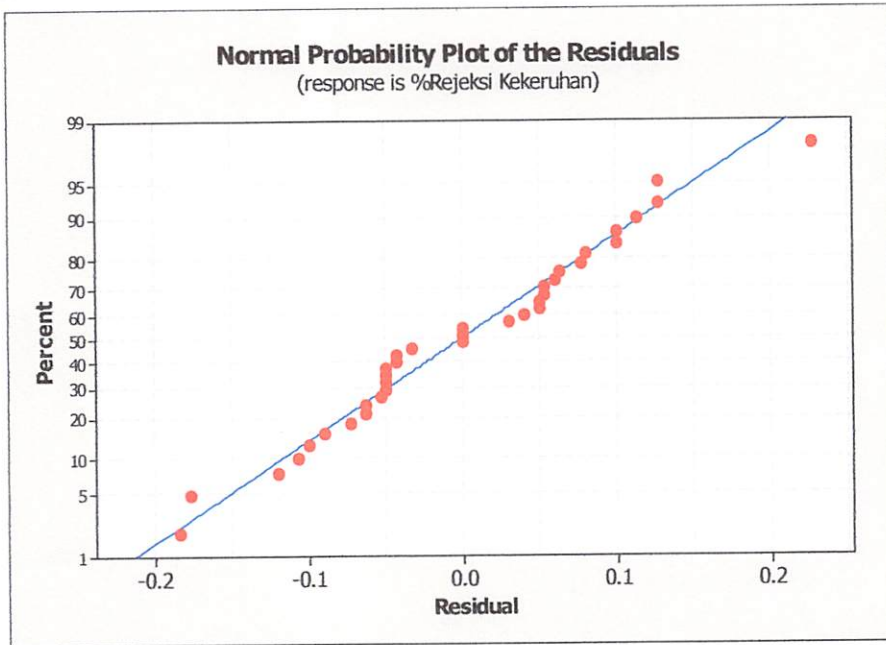
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	298711818	149355909	311.84	0.000
Residual Error	33	15805377	478951		
Lack of Fit	9	15757613	1750846	879.74	0.000
Pure Error	24	47764	1990		
Total	35	314517195			

Source	DF	Seq SS
Tekanan	1	75781958
Waktu	1	222929860

Test of Homogeneity of Variances

Kekeruhan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.188	11	24	.053



Descriptive Statistics: %Rejeksi Kekeruhan

Variable	Perlakuan	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum
%Rejeksi Kekeruh	3.10	3	0	70.640	0.0500	0.0866	70.540
	3.20	3	0	81.883	0.0633	0.110	81.820
	3.30	3	0	91.873	0.120	0.208	91.690
	3.40	3	0	93.903	0.0384	0.0666	93.860
	3.50	3	0	94.837	0.0533	0.0924	94.730
	3.60	3	0	95.720	0.0500	0.0866	95.670
	4.10	3	0	92.360	0.0500	0.0866	92.310
	4.20	3	0	93.160	0.0458	0.0794	93.070
	4.30	3	0	95.520	0.0611	0.106	95.400
	4.40	3	0	97.923	0.0636	0.110	97.850
	4.50	3	0	99.067	0.0895	0.155	98.890
	4.60	3	0	100.00	0.000000000	0.000000000	100.00

Variable	Perlakuan	Q1	Median	Q3	Maximum
%Rejeksi Kekeruh	3.10	70.540	70.690	70.690	70.690
	3.20	81.820	81.820	82.010	82.010
	3.30	91.690	91.830	92.100	92.100
	3.40	93.860	93.870	93.980	93.980
	3.50	94.730	94.890	94.890	94.890
	3.60	95.670	95.670	95.820	95.820
	4.10	92.310	92.310	92.460	92.460
	4.20	93.070	93.190	93.220	93.220
	4.30	95.400	95.560	95.600	95.600
	4.40	97.850	97.870	98.050	98.050
	4.50	98.890	99.130	99.180	99.180
	4.60	100.00	100.00	100.00	100.00

Two-way ANOVA: %Rejeksi Kekeruhan versus Tekanan, Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Tekanan	1	604.50	604.504	50166.32	0.000
Waktu	5	1242.06	248.412	20615.08	0.000
Interaction	5	392.38	78.477	6512.58	0.000
Error	24	0.29	0.012		
Total	35	2239.23			

S = 0.1098 R-Sq = 99.99% R-Sq(adj) = 99.98%

Correlations: %Rejeksi Kekeruhan, Tekanan, Waktu

	%Rejeksi Kek	Tekanan
Tekanan	0.520 0.001	
Waktu	0.695 0.000	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Correlations: %Rejeksi Kekeruhan, Tekanan, Waktu

	%Rejeksi Kek	Tekanan
Tekanan	0.289 0.088	
Waktu	0.867 0.000	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: %Rejeksi Kekeruhan versus Tekanan, Waktu

The regression equation is
%Rejeksi Kekeruhan = 52.3 + 8.20 Tekanan + 0.321 Waktu

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	52.325	5.026	10.41	0.000	
Tekanan	8.196	1.365	6.00	0.000	1.0
Waktu	0.32088	0.03997	8.03	0.000	1.0

S = 4.09595 R-Sq = 75.3% R-Sq(adj) = 73.8%

Analysis of Variance

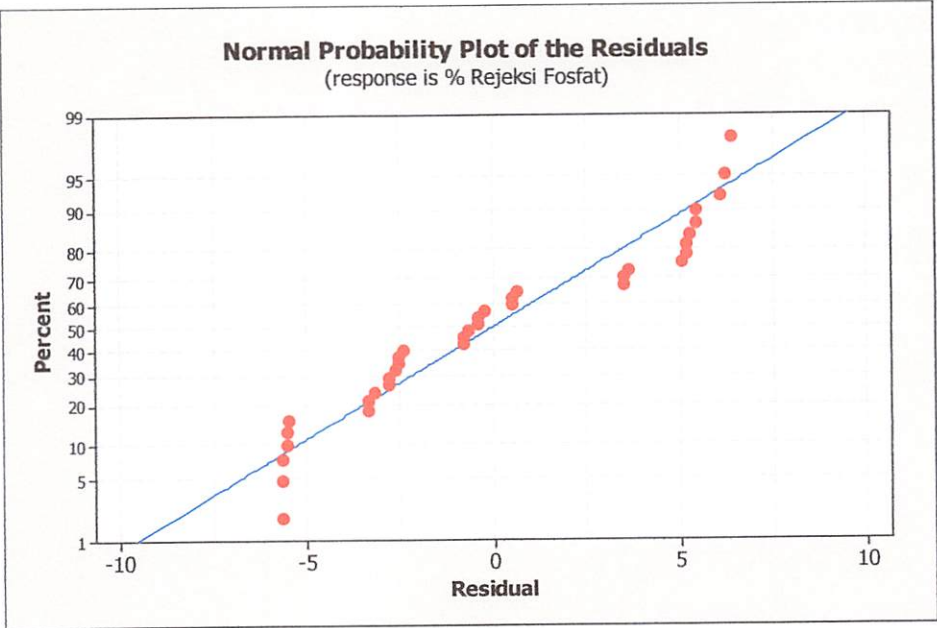
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1685.60	842.80	50.24	0.000
Residual Error	33	553.63	16.78		
Total	35	2239.23			

Source	DF	Seq SS
Tekanan	1	604.50
Waktu	1	1081.10

6/6/2007 1:02:46 PM

Test of Homogeneity of Variances

Fosfat			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.200	11	24	.996



Descriptive Statistics: % Rejeksi Fosfat

Variable	Perlakuan	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1
% Rejeksi Fosfat	3.10	3	0	15.233	0.0533	0.0924	15.180	15.180
	3.20	3	0	25.100	0.0500	0.0866	25.000	25.000
	3.30	3	0	28.730	0.0500	0.0866	28.680	28.680
	3.40	3	0	30.110	0.0500	0.0866	30.060	30.060
	3.50	3	0	32.413	0.0533	0.0924	32.360	32.360
	3.60	3	0	35.380	0.0500	0.0866	35.280	35.280
	4.10	3	0	39.010	0.0500	0.0866	38.960	38.960
	4.20	3	0	42.533	0.0533	0.0924	42.480	42.480
	4.30	3	0	44.683	0.0533	0.0924	44.630	44.630
	4.40	3	0	52.810	0.0500	0.0866	52.760	52.760
	4.50	3	0	67.023	0.0895	0.155	66.870	66.870
	4.60	3	0	71.420	0.0500	0.0866	71.320	71.320

Variable	Perlakuan	Median	Q3	Maximum
% Rejeksi Fosfat	3.10	15.180	15.340	15.340
	3.20	25.150	25.150	25.150
	3.30	28.680	28.830	28.830
	3.40	30.060	30.210	30.210
	3.50	32.360	32.520	32.520
	3.60	35.430	35.430	35.430
	4.10	38.960	39.110	39.110
	4.20	42.480	42.640	42.640
	4.30	44.630	44.790	44.790
	4.40	52.760	52.910	52.910
	4.50	67.020	67.180	67.180
	4.60	71.470	71.470	71.470

Two-way ANOVA: % Rejeksi Fosfat versus Tekanan, Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Tekanan	1	5663.57	5663.57	614121.60	0.000
Waktu	5	2941.47	588.29	63790.90	0.000
Interaction	5	540.11	108.02	11713.22	0.000
Error	24	0.22	0.01		
Total	35	9145.37			

S = 0.09603 R-Sq = 100.00% R-Sq(adj) = 100.00%

Correlations: % Rejeksi Fosfat, Tekanan, Waktu

	% Rejeksi Fo	Tekanan
Tekanan	0.787	
	0.000	
Waktu	0.563	0.000
	0.000	1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: % Rejeksi Fosfat versus Tekanan, Waktu

The regression equation is
 % Rejeksi Fosfat = - 65.8 + 25.1 Tekanan + 0.525 Waktu

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-65.814	5.164	-12.74	0.000	
Tekanan	25.086	1.403	17.88	0.000	1.0
Waktu	0.52529	0.04107	12.79	0.000	1.0

S = 4.20889 R-Sq = 93.6% R-Sq(adj) = 93.2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	8560.8	4280.4	241.63	0.000
Residual Error	33	584.6	17.7		
Lack of Fit	9	584.4	64.9	7040.54	0.000
Pure Error	24	0.2	0.0		
Total	35	9145.4			

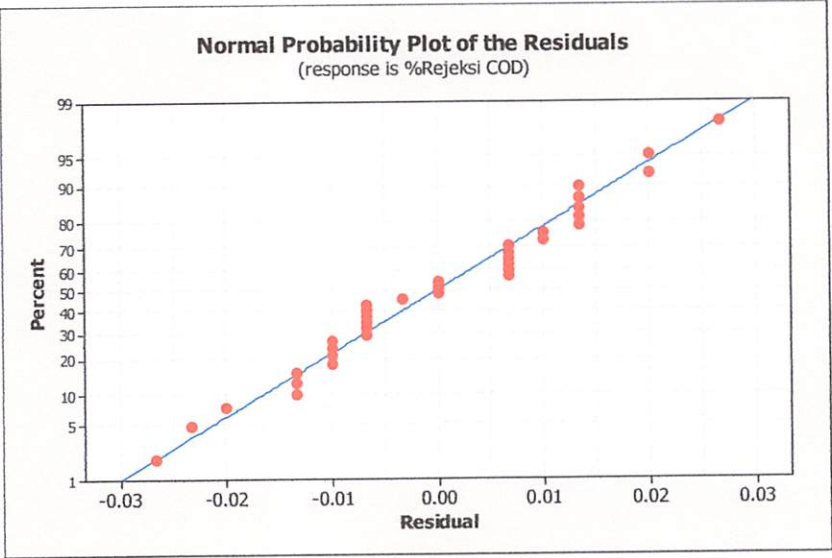
Source	DF	Seq SS
Tekanan	1	5663.6
Waktu	1	2897.2

5/31/2007 2:24:21 AM

Test of Homogeneity of Variances

COD

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.050	11	24	.069



Welcome to Minitab, press F1 for help.

Descriptive Statistics: %Rejeksi COD

Variable	Perlakuan	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum
%Rejeksi COD	3.10	3	0	22.980	0.0100	0.0173	22.970
	3.20	3	0	29.383	0.00667	0.0115	29.370
	3.30	3	0	34.630	0.0100	0.0173	34.610
	3.40	3	0	61.997	0.0133	0.0231	61.970
	3.50	3	0	76.287	0.00667	0.0115	76.280
	3.60	3	0	93.337	0.00667	0.0115	93.330
	4.10	3	0	75.503	0.0145	0.0252	75.480
	4.20	3	0	76.580	0.000000000	0.000000000	76.580
	4.30	3	0	78.373	0.00667	0.0115	78.360
	4.40	3	0	81.793	0.00667	0.0115	81.780
	4.50	3	0	84.177	0.00667	0.0115	84.170
	4.60	3	0	94.760	0.0100	0.0173	94.750

Variable	Perlakuan	Q1	Median	Q3	Maximum
%Rejeksi COD	3.10	22.970	22.970	23.000	23.000
	3.20	29.370	29.390	29.390	29.390
	3.30	34.610	34.640	34.640	34.640
	3.40	61.970	62.010	62.010	62.010
	3.50	76.280	76.280	76.300	76.300
	3.60	93.330	93.330	93.350	93.350
	4.10	75.480	75.500	75.530	75.530
	4.20	76.580	76.580	76.580	76.580
	4.30	78.360	78.380	78.380	78.380
	4.40	81.780	81.800	81.800	81.800
	4.50	84.170	84.170	84.190	84.190
	4.60	94.750	94.750	94.780	94.780

Two-way ANOVA: %Rejeksi COD versus Tekanan, Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Tekanan	1	7445.4	7445.39	31166743.93	0.000
Waktu	5	9308.0	1861.60	7792756.42	0.000
Interaction	5	3588.4	717.69	3004281.86	0.000
Error	24	0.0	0.00		
Total	35	20341.9			

S = 0.01546 R-Sq = 100.00% R-Sq(adj) = 100.00%

Correlations: %Rejeksi COD, Tekanan, Waktu

	%Rejeksi COD	Tekanan
Tekanan	0.605 0.000	
Waktu	0.659 0.000	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: %Rejeksi COD versus Tekanan, Waktu

The regression equation is
%Rejeksi COD = - 65.3 + 28.8 Tekanan + 0.918 Waktu

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-65.30	13.60	-4.80	0.000	
Tekanan	28.762	3.695	7.78	0.000	1.0
Waktu	0.9176	0.1082	8.48	0.000	1.0

S = 11.0846 R-Sq = 80.1% R-Sq(adj) = 78.9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	16287.2	8143.6	66.28	0.000
Residual Error	33	4054.7	122.9		
Lack of Fit	9	4054.7	450.5	1885884.80	0.000
Pure Error	24	0.0	0.0		
Total	35	20341.9			

Source	DF	Seq SS
Tekanan	1	7445.4
Waktu	1	8841.8

TEST DUNCAN

Kekeruhan

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = .05											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.10	3	70.6400											
3.20	3		81.8833										
3.30	3			91.8733									
4.10	3				92.3600								
4.20	3					93.1600							
3.40	3						93.9033						
3.50	3							94.8367					
4.30	3								95.5200				
3.60	3									95.7200			
4.40	3										97.9233		
4.50	3											99.0667	
4.60	3												100.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Fosfat

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = .05											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.10	3	15.2351											
3.20	3		25.1023										
3.30	3			28.7321									
3.40	3				30.1124								
3.50	3					32.4131							
3.60	3						35.3783						
4.10	3							39.0082					
4.20	3								42.5358				
4.30	3									44.6830			
4.40	3										52.8118		
4.50	3											67.0245	
4.60	3												71.4213
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

COD

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = .05											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.10	3	22.9800											
3.20	3		29.3833										
3.30	3			34.6300									
3.40	3				61.9967								
4.10	3					75.5033							
3.50	3						76.2867						
4.20	3							76.5800					
4.30	3								78.3733				
4.40	3									81.7933			
4.50	3										84.1767		
3.60	3											93.3367	
4.60	3												94.7600
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

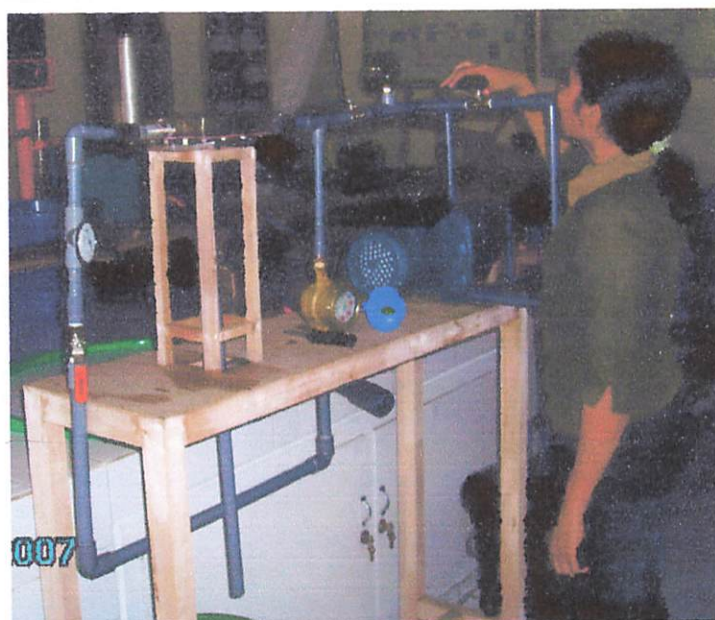
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

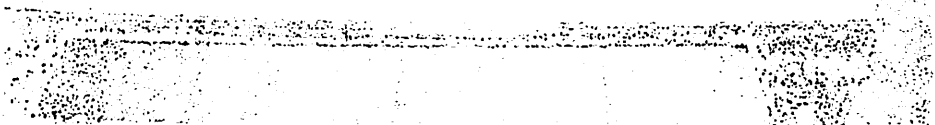
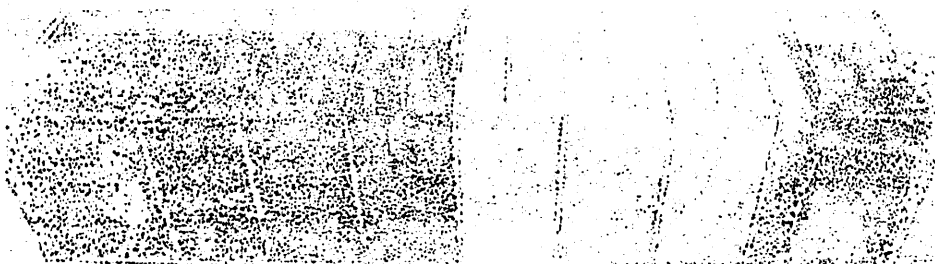
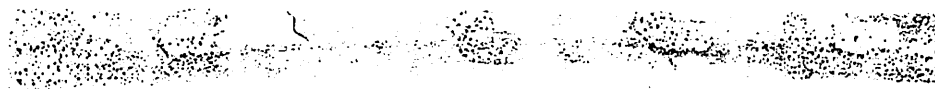
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Lampiran 5

Dokumentasi Penelitian

Alat Roughing Filter Aliran Horizontal dan Alat
Membran Mikrofiltrasi Aliran Crossflow





Membran selulosa nitrat



Hasil
Effluent

Sampel Awal,
Pretreatment dan
permeat membran





← Turbidimeter



Spektrofotometer →



← Tabung mikro
COD dan
Reaktor COD

Lampiran 6

Tabel F dan Tabel t

Tabel t

df	$\alpha=0,05$	df	$\alpha=0,05$	df	$\alpha=0,05$
1	6.31	37	1.69	73	1.67
2	2.92	38	1.69	74	1.67
3	2.35	39	1.68	75	1.67
4	2.13	40	1.68	76	1.67
5	2.02	41	1.68	77	1.66
6	1.94	42	1.68	78	1.66
7	1.89	43	1.68	79	1.66
8	1.86	44	1.68	80	1.66
9	1.83	45	1.68	81	1.66
10	1.81	46	1.68	82	1.66
11	1.8	47	1.68	83	1.66
12	1.78	48	1.68	84	1.66
13	1.77	49	1.68	85	1.66
14	1.76	50	1.68	86	1.66
15	1.75	51	1.68	87	1.66
16	1.75	52	1.67	88	1.66
17	1.74	53	1.67	89	1.66
18	1.73	54	1.67	90	1.66
19	1.66	55	1.67	91	1.66
20	1.72	56	1.67	92	1.66
21	1.72	57	1.67	93	1.66
22	1.72	58	1.67	94	1.66
23	1.71	59	1.67	95	1.66
24	1.71	60	1.67	96	1.66
25	1.71	61	1.67	97	1.66
25	1.71	62	1.67	98	1.66
27	1.7	63	1.67	99	1.66
28	1.7	64	1.67	100	1.66
29	1.7	65	1.67	101	1.66
30	1.7	66	1.67	102	1.66
31	1.7	67	1.67	103	1.66
32	1.69	68	1.67	104	1.66
33	1.69	69	1.67	105	1.66
34	1.69	70	1.67	106	1.66
35	1.69	71	1.67	107	1.66
36	1.69	72	1.67	108	1.66
				109	1.66

Sumber Hasil perhitungan SPSS

Tabel F ($\alpha=0,05$)

df	df_1	df_2	df_3	df_4	df_5	df_6
1	161.45	199.5	215.71	224.58	230.16	233.99
2	18.51	19	19.16	19.25	19.3	19.33
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37
10	4.96	4.1	3.71	3.48	3.33	3.22
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.2	3.09
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92
14	4.6	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.9	2.79
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74
17	4.45	3.59	3.2	2.96	2.81	2.7
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66
19	4.38	3.52	3.13	2.9	2.74	2.63
20	4.35	3.49	3.1	2.87	2.71	2.6
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57
22	4.3	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55
23	4.28	3.42	3.03	2.8	2.64	2.53
24	4.26	3.4	3.01	2.78	2.62	2.51
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.6	2.49
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.6	2.49
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46
28	4.2	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45
29	4.18	3.33	2.93	2.7	2.55	2.43
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42
31	4.16	3.3	2.91	2.68	2.52	2.41
32	4.15	3.29	2.9	2.67	2.51	2.4
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.5	2.39
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36
38	4.1	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34
41	4.08	3.23	2.83	2.6	2.44	2.33
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32

44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31
45	4.06	3.2	2.81	2.58	2.42	2.31
46	4.05	3.2	2.81	2.57	2.42	2.3
47	4.05	3.2	2.8	2.57	2.41	2.3
48	4.04	3.19	2.8	2.57	2.41	2.29
49	4.04	3.19	2.79	2.56	2.4	2.29
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.4	2.28
51	4.03	3.18	2.79	2.55	2.4	2.28
52	4.03	3.18	2.78	2.55	2.39	2.28
53	4.02	3.17	2.78	2.55	2.39	2.27
54	4.02	3.17	2.78	2.54	2.39	2.27
55	4.02	3.16	2.77	2.54	2.38	2.27
56	4.01	3.16	2.77	2.54	2.38	2.26
57	4.01	3.16	2.77	2.53	2.38	2.26
58	4.01	3.16	2.76	2.53	2.37	2.26
59	4	3.15	2.76	2.53	2.37	2.26
60	4	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25
61	4	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25
62	4	3.15	2.75	2.52	2.36	2.25
63	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36	2.25
64	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36	2.24
65	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36	2.24
66	3.99	3.14	2.74	2.51	2.35	2.24
67	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35	2.24
68	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35	2.23
69	3.98	3.13	2.74	2.5	2.35	2.23
70	3.98	3.13	2.74	2.5	2.35	2.23
71	3.98	3.13	2.73	2.5	2.34	2.23
72	3.97	3.12	2.73	2.5	2.34	2.23
73	3.97	3.12	2.73	2.5	2.34	2.23
74	3.97	3.12	2.73	2.5	2.34	2.22
75	3.97	3.12	2.73	2.49	2.34	2.22
76	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33	2.22
77	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33	2.22
78	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.22
79	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.22
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21
81	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21
82	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21
83	3.96	3.11	2.71	2.48	2.32	2.21
84	3.95	3.11	2.71	2.48	2.32	2.21
85	3.95	3.1	2.71	2.48	2.32	2.21
86	3.95	3.1	2.71	2.48	2.32	2.21
87	3.95	3.1	2.71	2.48	2.32	2.2
88	3.95	3.1	2.71	2.48	2.32	2.2
89	3.95	3.1	2.71	2.47	2.32	2.2
90	3.95	3.1	2.71	2.47	2.32	2.2
91	3.95	3.1	2.7	2.47	2.31	2.2

92	3.94	3.1	2.7	2.47	2.31	2.2
93	3.94	3.09	2.7	2.47	2.31	2.2
94	3.94	3.09	2.7	2.47	2.31	2.2
95	3.94	3.09	2.7	2.47	2.31	2.2
96	3.94	3.09	2.7	2.47	2.31	2.19
97	3.94	3.09	2.7	2.47	2.31	2.19
98	3.94	3.09	2.7	2.46	2.31	2.19
99	3.94	3.09	2.7	2.46	2.31	2.19
100	3.94	3.09	2.7	2.46	2.31	2.19
101	3.94	3.09	2.69	2.46	2.3	2.19
102	3.93	3.09	2.69	2.46	2.3	2.19
103	3.93	3.08	2.69	2.46	2.3	2.19
104	3.93	3.08	2.69	2.46	2.3	2.19
105	3.93	3.08	2.69	2.46	2.3	2.19
106	3.93	3.08	2.69	2.46	2.3	2.19
107	3.93	3.08	2.69	2.46	2.3	2.18
108	3.93	3.08	2.69	2.46	2.3	2.18
109	3.93	3.08	2.69	2.45	2.3	2.18

Sumber hasil perhitungan SPSS

Lampiran 7

Baku Mutu

PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001
TANGGAL 14 DESEMBER 2001
TENTANG
PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Fisika						
Temperatur	°C	Deviasi 5	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi Tempertur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	1000	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/

Kimia organik						
ph	6-9	6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/l.	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO 3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	

NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/l.	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Khlorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	

Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ -N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100ml
Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross - A	bg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross - B	bg/L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol	ug/L	1	1	1	(-)	
Sebagai Fenol	ug/L					
BHC	ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug/L	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
	ug/L					
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxyctor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)	

4. FISIK

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Parameter Fisik			
Warna	TCU	15	Tdk berbau dan berasa
Rasa dan bau	-	-	
Temperatur	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
Kekeruhan	NTU	5	

MENTERI KESEHATAN RI,

Dr. ACHMAD SUJUDI

Puji Tuhan

Terima kasih banyak Tete Manis
Beta sudah menyelesaikan studi ini
Apa yang mustahil buat Beta itu sangat
mungkin bagi Tete manis...

Kuasa Tete Manis tidak pernah terbatas
Saat Beta sudah sonde berdaya Tete
Manis punya kuasa yang menyempurnakan
semuanya

Ketika Beta percaya dalam nama Bapa,
Anak dan Roh Kudus mujizat itu nyata
Karena.....

Tak ada yang mustahil bagi orang
PERCAYA

"Seperti Bapa sayang pada anak Nya
demikian juga Engkau mengasihiku
Tinda yang lebih indah selain kasih Bapa"

Jinny Jouselak

Terima kasih

Papa Van & Mama Welly

Waktu Nona mau berangkat
naik Dobonsolo datang sekolah
di Malang

Nona sonde akan lupa

Papa & Mama punya pesan

Sampai sudah jadi sarjana nich,

Nona belum bisa balas apapun
untuk Papa & Mama

Terima kasih untuk semua usaha, terima kasih juga untuk cinta,
doa yang selalu tulus untuk Nona

Kho, Ade j basong dua saudara paling luar biasa..... Aldi
ade baru jangan nakal ee...

K Fryts Pa... insan Tuhan yang begitu setia dampingi Nona,
terima kasih untuk K' punya cinta yang selalu mengalah, setia
menunggu sampai Nona selaleaikan ini studi & ketulusan
yang begitu besar Nona Sayang K'

Vanti terima kasih untuk waktu 4 tahun bersama... u su jadi ade
paling bae..

Jeto bersama u waktu paling indah untuk beta

Jan saudara paling bae u sudah....

Yeci makasih banyak ade eeee, beta sayang lu..

Kandre terima kasih untuk semua e, cepat cari pacar baru sudah

Reni ayo semangat.....

Dewi, Bui, Riza.....terima kasih yach sudah banyak bantu beta
waktu skripsi dan selama kos sama2

K wido, Lexy, Ama Slash, K Mecky, Marco, Moldi

K Im dan semua Ex-nawangan makasih banyak ee

Auce, K rebi, K Awal, K Popy.....

akhirnya kita lulus juga

Paman, Tante, Jurusan Teknik Lingkungan

Terutama angkatan 2002 terima kasih yach....

True Love

Mom & Dad



PAMUT

<http://www.unc.edu/~haraszi>
3D Studio Max R3.1
Painter 6